



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



**DISEÑO Y RESTYLING DE UN PROTOTIPO ULTRALIGERO  
DE DRON DE CHASIS PLANO PARA SER FABRICADO  
CON MATERIAL COMPUESTO**

***MEMORIA PRESENTADA POR:***

**IVAN FRASQUET COSTA**

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**Convocatoria de defensa: *Noviembre del curso 2019-2020***



## RESUMEN

El objetivo de este proyecto trata sobre el diseño y la remodelación del chasis de un dron de material compuesto, la fibra de carbono. Se ha tomado un formato original del chasis de un dron, y se le ha realizado una mejora a nivel de geometría. A consecuencia de esto, se han producido unos cambios a nivel de propiedades físicas, las cuales serán objeto de estudio, mediante la herramienta "SolidWorks", con tal de determinar si hay ventajas o desventajas en el funcionamiento del dron. Además, se ha realizado una selección de componentes y se ha comprobado que estos dispositivos cumplirán con la función de que el dron alce el vuelo.

### Palabras clave

Dron	Chasis	Diseño	Remodelación	Carbono
------	--------	--------	--------------	---------

## RESUM

L'objectiu d'aquest projecte tracta sobre el disseny i la remodelació del xassís d'un dron de material compost, la fibra de carboni. S'ha pres un format original del xassís d'un dron, i se li ha realitzat una millora a nivell de geometria. A conseqüència d'això, s'han produït uns canvis a nivell de propietats físiques, les quals seran objecte d'estudi, mitjançant l'eina "SolidWorks", per tal de determinar si hi ha avantatges o desavantatges en el funció del dron. A més, s'ha realitzat una selecció de components i s'ha comprovat que aquests dispositius compliran amb la funció de que el dron alci el vol.

### Paraules clau

Dron	Xassís	Disseny	Remodelació	Carboni
------	--------	---------	-------------	---------

## ABSTRACT

The objective of this project is about the design and restyling of the chassis of a drone made of composite material, carbon fiber. An original format of the chassis of a drone has been taken, and an improvement has been made at the level of geometry. As a result of this, there have been some changes at the level of physical properties, which will be the object of study, using the "SolidWorks" tool, in order to determine if there are advantages or disadvantages in the drone operation. In addition, a selection of components has been made and it has been verified that these devices will fulfill the function that the drone takes flight.

### Keywords

Drone	Chassis	Design	Restyling	Carbon
-------	---------	--------	-----------	--------

---

## INDICE

1. Introducción .....	página 4
2. Objetivo de proyecto .....	página 12
3. Desarrollo del proyecto .....	página 13
3.1. Recopilación de datos previos .....	página 13
3.2. Elección de componentes del dron .....	página 16
3.3. Diseño del dron en SolidWorks incluyendo los componentes .....	página 22
3.4. Estudio del empuje de los motores .....	página 23
3.5. Estudio de la aerodinámica del drone: depende de la forma .....	página 26
3.6. Estudio de la flexión de las alas del drone: depende del peso .....	página 34
3.7. Estudio de impacto del material .....	página 40
4. Fabricación del drone .....	página 42
4.1. Planos .....	página 42
4.2. Procesos de fabricación .....	página 42
4.3. Presupuesto .....	página 44
5. Conclusiones .....	página 45
6. Apéndices .....	página 45

## 1. INTRODUCCIÓN

### ➤ ¿Qué es un drone?

Un dron, traducción del inglés “drone”, o también llamado UAV (por sus siglas en inglés: *Unmanned Aerial Vehicle*, en español Vehículo Aéreo no Tripulado) es un vehículo aeronáutico cuya característica en particular es la tripulación, llevada a cabo por un piloto, a control remoto y cuya fuente de propulsión es el empuje generado por los motores.



*Figura 1: imagen ilustrativa de un dron.*

Generalmente, son de un tamaño relativamente pequeño comparado con una persona, aunque actualmente se fabrican drones de mayor envergadura para ciertas aplicaciones.

### ➤ Historia de los drones

La idea del avión no tripulado es antigua. Al igual que el comienzo de la utilización de las telecomunicaciones fue para usos militares, en 1849 se le atribuye al ejército austriaco la utilización de 200 globos aerostáticos no tripulados, los cuales lanzaron bombas sobre la ciudad italiana de Venecia, acontecimiento en el cual se dio lugar a uno de los primeros usos de aeronaves no tripuladas.

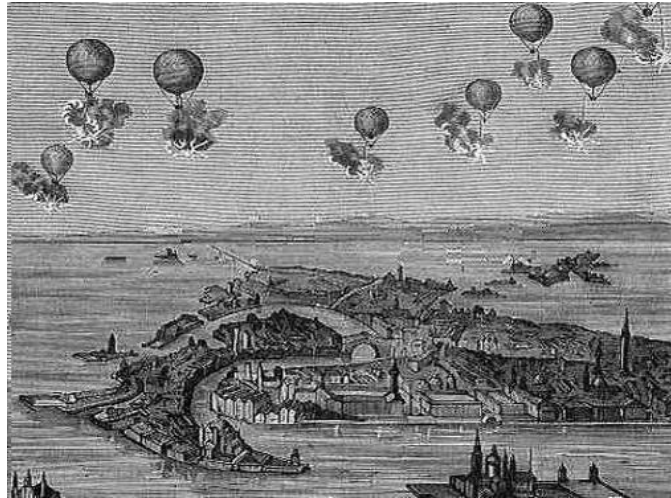


Figura 2: fotografía antigua de globos aerostáticos con bombas.

Posteriormente, fuerzas militares de otros países como Estados Unidos, equiparon una cámara a un cometa, con el fin de realizar una de las primeras fotografías de reconocimiento aéreo.

### ➤ ¿Cómo funcionan?

El principio físico del funcionamiento de un dron es básicamente el mismo que el de un helicóptero, a diferencia que un dron no suele tener una hélice vertical, si no, varias hélices horizontales.



Figura 3: helicóptero.



Figura 4: dron UAV

Entonces, así como un helicóptero mantiene el control del vuelo compensando las fuerzas rotativas mediante una hélice trasera vertical, los drones que tienen un número par de motores, **hacen girar los rotores coincidiendo en el mismo sentido a pares**, mientras que los de un número impar de rotores, necesitan incorporar basculantes para proporcionar la estabilidad.

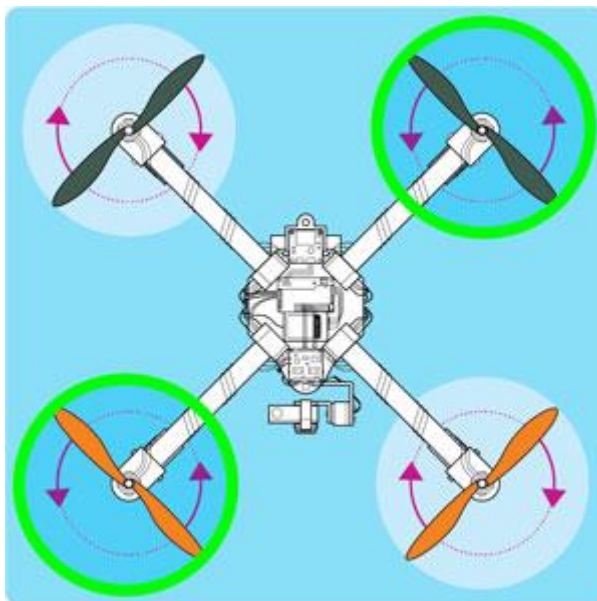


Figura 5: movimiento giratorio de cada hélice de un dron de cuatro hélices.

Por otra parte, como ya se ha comentado anteriormente, un dron no está tripulado llevando a un piloto, si no, que se tripula a control remoto, y en algunos casos es posible fijar un rumbo de forma automática gracias a la incorporación de un GPS.



Figura 6: control remoto por satélite y GPS.

Para entender un poco más el funcionamiento básico de un dron, cabe comentar los componentes principales que incorpora:

### 1. Chasis:

El chasis es la **estructura principal o armazón**, en la que se ensamblan todos los demás componentes del conjunto, que serán comentados posteriormente.



Figura 7: chasis de un dron de 4 alas.



Figura 8: chasis de un dron de 6 alas.

El chasis de un dron puede estar conformado de distintos tipos de materiales, y deben de tener el diseño y el material adecuado para **soportar las condiciones físicas** que requerirán para su aplicación. Hay chasis hechos de materiales compuestos como chasis de aleaciones de aluminio u otros metales.

En este proyecto, se va a diseñar un chasis de material compuesto, de **fibra de carbono**, ya que será un dron de tamaño reducido cuyo objetivo será la reducción de peso del mismo.

#### **FIBRA DE CARBONO:**

La fibra de carbono, también llamada fibra de grafito es un **polímero** consistente en fibras muy finas, de entre 5mm y 10mm de diámetro. Los átomos de carbono están unidos entre sí formando **crisales microscópicos que se encuentran alineados** en paralelo a lo largo del eje de la fibra, proporcionando unas propiedades de resistencia mecánica relativamente muy elevadas.

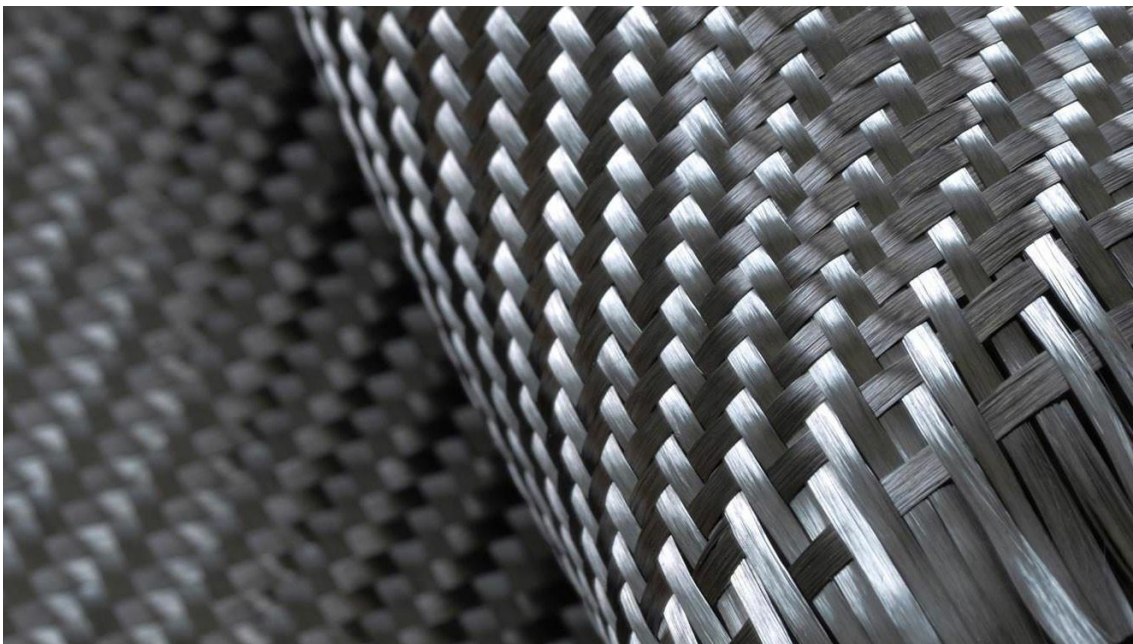


Figura 9: vista aumentada del tejido de la fibra de carbono trenzada.

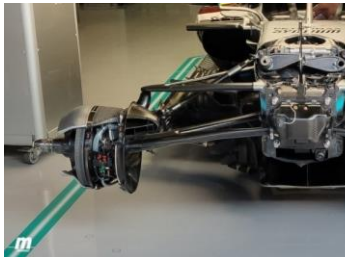
Para su utilización en la fabricación de componentes, se trenzan miles de hilos de fibra de carbono formando telas, que posteriormente son **mezcladas con resinas epoxi** o resinas termoestables, que al curar dan lugar a un material **extremadamente resistente en relación a su peso**, dato el cual es clave en sus aplicaciones.

Unas de sus propiedades mecánicas más importantes son las siguientes:

- Alta resistencia mecánica
- **Módulo de elasticidad (alrededor de 40000 N/mm<sup>2</sup>)**, en el tipo de fibra de uso más habitual.
- **Coefficiente de Poisson, de alrededor de 0,30.**
- Posee conductividad eléctrica.
- Baja conductividad térmica.
- Relativamente baja **densidad, de unos 1750 Kg/m<sup>3</sup>.**
- Buena resistencia al medio ambiente.
- Resistente a la expansión térmica.
- Flexibilidad elevada.

Sus **aplicaciones**, comenzaron para la industria aeroespacial, pero con el paso del tiempo se empezaron a utilizar en el automovilismo, en automóviles de competición como en la Fórmula 1, y hoy en día se utiliza para fabricar cualquier cosa, hasta por fines estéticos.

**Coche de F1**



*Figura 10: monoplace de F1.*

**Cuadro de Bicicleta**



*Figura 11: cuadro bicicleta.*

**Marco de un Reloj**



*Figura 12: carcasa de reloj.*

## 2. Motores

Son los componentes principales que **generan la fuerza de empuje** necesaria para elevar el dron. En su gran mayoría, son motores eléctricos que producen un flujo electromagnético en su interior para generar la rotación de un eje. Dicho movimiento se transmite a las hélices unidas a dicho eje del motor.



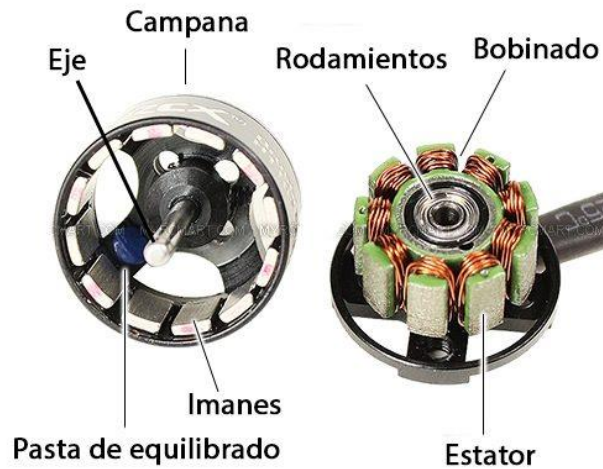


Figura 13: esquema básico de un motor de un dron.

Los más utilizados son de tipo trifásico, debido a su poca necesidad de mantenimiento y la ausencia de elementos de fricción.

### 3. Hélices

Son los elementos que van unidos al eje de transmisión de potencia del motor, y los que generan el flujo del aire y así la fuerza de empuje, E. Suelen ser de material plástico o polímero y pueden ser de dos, tres, cuatro o más aspas.

#### 2 aspas



Figura 14: hélices de 2 aspas

#### 3 aspas



Figura 15: hélices de 3 aspas.

#### Más de 3 aspas



Figura 16: hélices 6 aspas.

### 4. Batería

Es el componente que **proporciona la energía eléctrica** para el funcionamiento de todos los demás dispositivos del dron. Las más utilizadas para drones, son las baterías de polímero de litio (Li-Po) debido a las buenas relaciones de potencia y volumen respecto del peso, y el tiempo de carga menor.



Figura 17: recopilación de baterías de litio.

## 5. Placa controladora de vuelo

Es un dispositivo electrónico, en forma de placa, que incorpora el dron ensamblado en su chasis, y se encarga de coordinar las instrucciones de vuelo enviadas desde el controlador del piloto, a los motores del dron, es decir, es por decirlo de otra manera, el cerebro del dron.

Además de esta función, la placa controladora de vuelo es capaz de incorporar otros dispositivos, así como un giroscopio, acelerómetro, magnetómetro, e incluso un GPS y otros instrumentos electrónicos que tengan alguna utilidad en orden de marcha del dron.

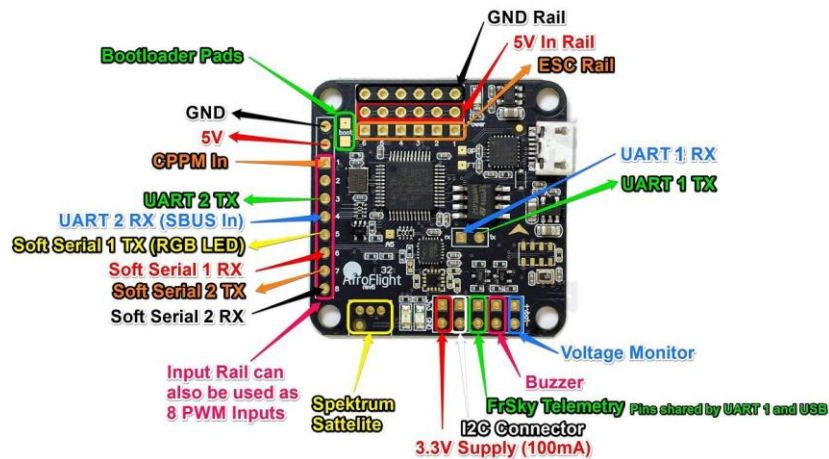


Figura 18: esquema de una placa controladora de vuelo.

## 6. Cámara

La cámara que llevan los drones es el dispositivo que realiza una grabación, la cual se muestra en directo en una pantalla controlada en el mismo instante por el piloto, o bien, simplemente es una cámara que recopila y guarda el video en orden de vuelo.

Una importante aplicación de las cámaras de los drones, es el uso de una cámara térmica: por ejemplo, se podría incorporar una cámara térmica con tal de poder identificar a un pescador en medio del mar, que recientemente haya caído al agua de un barco, o bien, para la identificación de los focos de incendios forestales con mayor precisión.

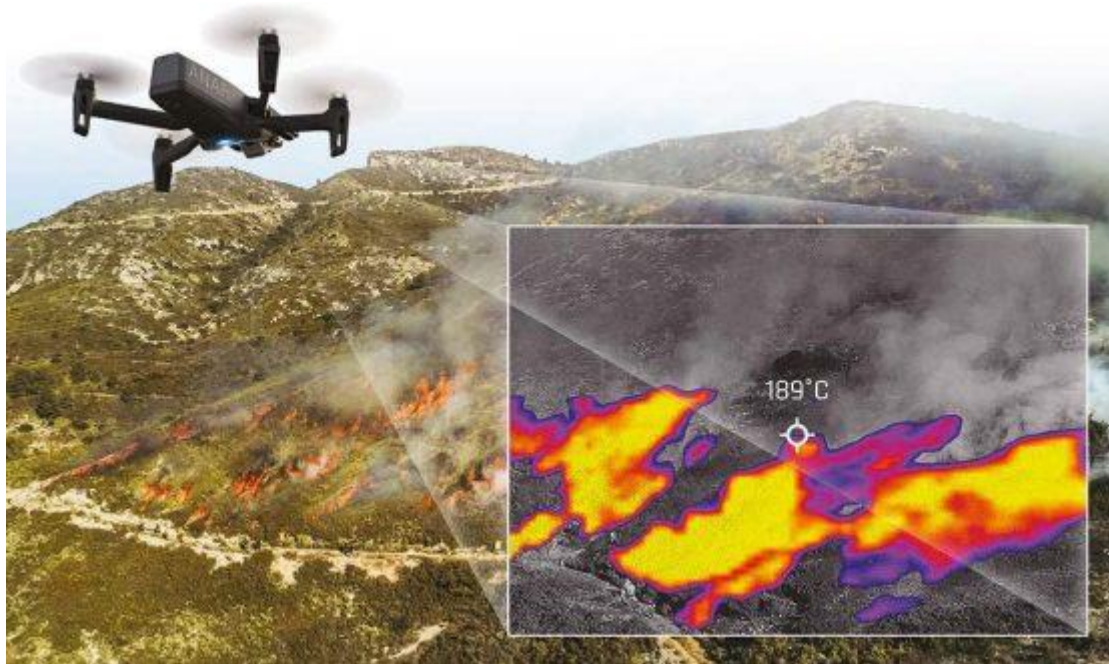


Figura 19: dron de reconocimiento con cámara térmica.

➤ **Tipos de drones según sus aplicaciones:**

Si bien se ha comentado antes, existen numerosas aplicaciones de los drones en el uso diario, desde drones de **carreras** cuyo peso debe ser el menor posible y alcanzar la máxima velocidad y agilidad, pasando por drones cuyo objetivo es la grabación o **reconocimiento** de zonas u objetos puntuales, hasta drones cuyo fin es el **transporte** de objetos o mercancías de cierto peso.

**Carreras**



Figura 20: dron de carreras.

**Reconocimiento**



Figura 21: dron policial.

**Transporte**



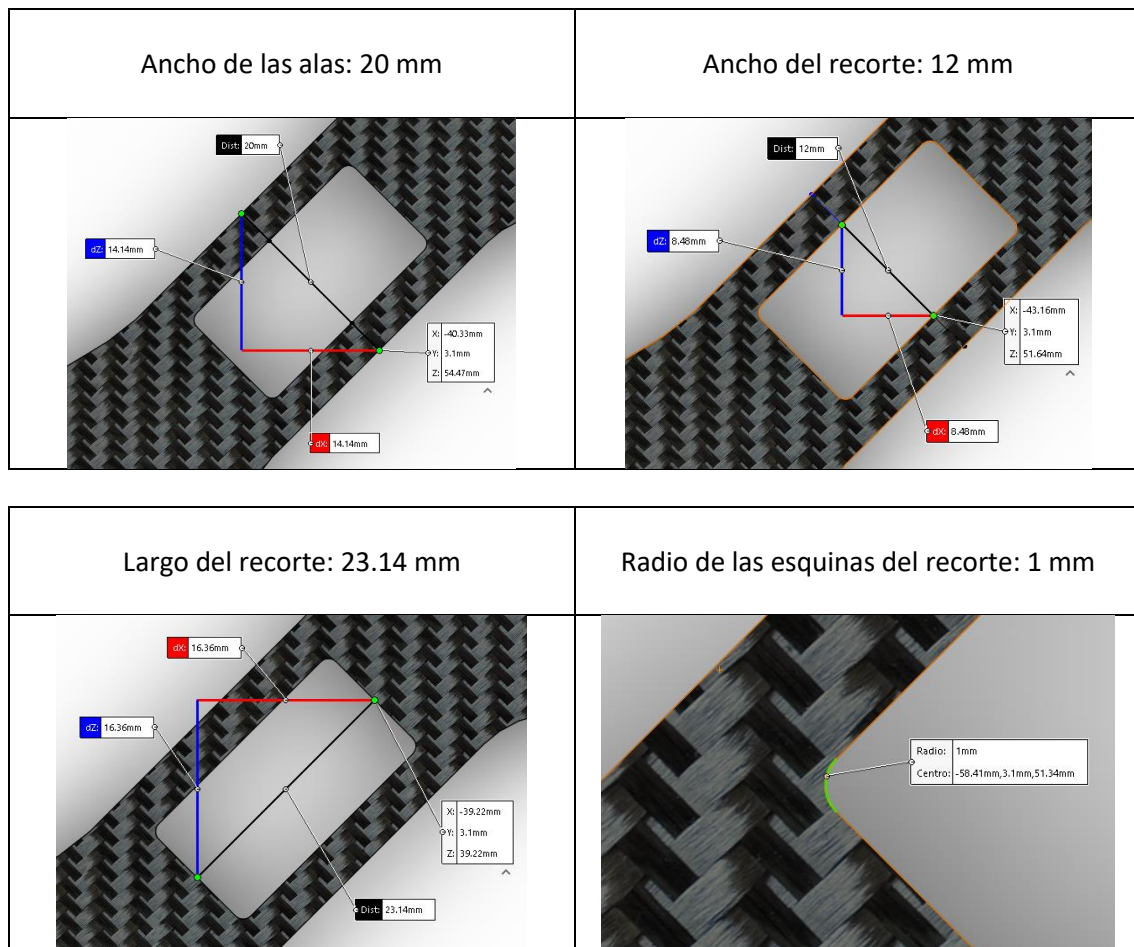
Figura 22: dron sanitario.

Pues cada tipo de dron, deberá ser diseñado con unas propiedades mecánicas correspondientes al uso al que se le va a proporcionar.

## 2. OBJETIVO DEL PROYECTO: REMODELACIÓN DEL CHASIS DEL DRONE

Se propone realizar un **restyling** del chasis de un drone, cuyo objetivo será hacer una reducción sustancial del peso del chasis manteniendo la funcionalidad de este.

Para ello, se realiza un recorte a lo largo de cada una de las cuatro alas de geometría rectangular con un redondeo en las esquinas. El ancho de los dos brazos, generados en las alas posteriormente a la reducción de material, es de **4 mm** cada uno de ellos.



Como segundo objetivo, se pretende **dotar al drone de los componentes** necesarios para llevar a cabo su funcionamiento. Dichos componentes son los siguientes:

1. Motores
2. Hélices
3. Batería
4. Placa controladora de vuelo
5. Cámara
6. Cableado

Para ello, será necesario realizar las mediciones y cálculos de peso oportunos para realizar la selección de cada uno de ellos.

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO:

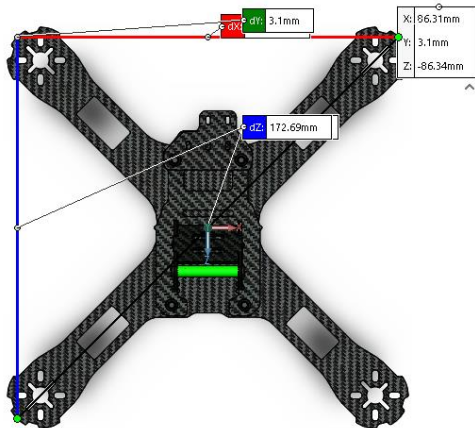
#### 3.1. RECOPIACIÓN DE DATOS PREVIOS

A continuación, se realiza una **recopilación de datos previos a los estudios**, atendiendo principalmente a las dimensiones y pesos tanto del dron original como al dron remodelado, **incluyendo los distintos componentes** que se incorporarán en el dron para su funcionamiento.

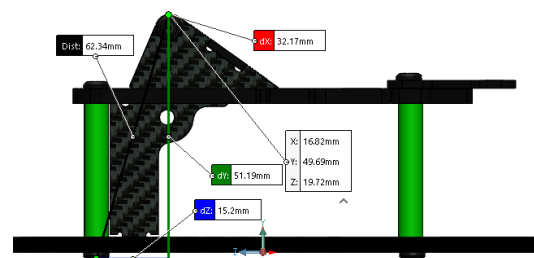
#### CHASIS DEL DRON REMODELADO

##### Dimensiones

Ancho y largo: **172.69 mm**



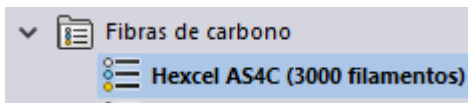
Alto: **51.19 mm**



## **Pesos**

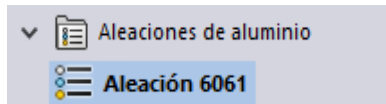
Primero, **se introduce el material** correspondiente a cada pieza del chasis:

- Planchas que conforman el chasis: **Fibra de Carbono Hexcel AS4C (3000 filamentos)**
- Barras espaciadoras: **Aleación de Aluminio 6061**
- Tornillos: **Aleación de Aluminio 6061**



Se observa en la tabla inferior que la densidad del material es de **1780 kg/m<sup>3</sup>** .

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico		N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson		N/D
Módulo cortante		N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	1780	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción		N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico		N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)



Se observa en la tabla inferior que la densidad del material es de **2700 kg/m<sup>3</sup>** .

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	69000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Módulo cortante	26000	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	2700	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	124.084	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	55.1485	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-05	/K
Conductividad térmica	170	W/(m·K)

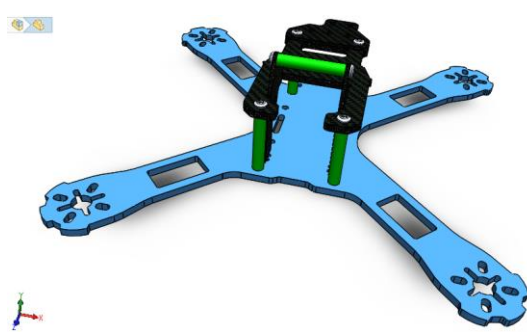
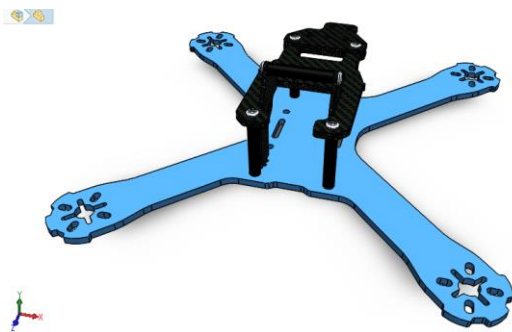
Para la obtención del peso del chasis del drone se utiliza la herramienta de “**propiedades físicas**” que proporciona el volumen y la densidad del material de una pieza en particular, o bien, el peso total de un ensamblaje entre otros.

**DRON ORIGINAL**

**DRON REMODELADO**

PARTE PRINCIPAL DEL CHASIS ORIGINAL

PARTE PRINCIPAL DEL CHASIS REMODELADO



Masa = 58.78 gramos

Masa = 52.61 gramos

Volumen = 33021.27 milímetros cúbicos

Volumen = 29554.68 milímetros cúbicos

Propiedades de masa de QAVX\_FRAME\_MAINPART  
 Configuración: Défaut  
 Sistema de coordenadas: -- predeterminado --  
  
 El centro de masa y los momentos de inercia son los  
 Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico  
  
 Masa = 58.78 gramos  
  
 Volumen = 33021.27 milímetros cúbicos

Propiedades de masa de QAVX\_FRAME\_MAINPART  
 Configuración: Défaut  
 Sistema de coordenadas: -- predeterminado --  
  
 El centro de masa y los momentos de inercia son los  
 Densidad = 0.00 gramos por milímetro cúbico  
  
 Masa = 52.61 gramos  
  
 Volumen = 29554.68 milímetros cúbicos

CHASIS COMPLETO ORIGINAL

CHASIS COMPLETO REMODELADO



Peso ORIGINAL = 84.86 gramos	Peso REMODELADO = 78.69 gramos
Masa = 84.86 gramos	Masa = 78.69 gramos
Volumen = 46445.10 milímetros cúbicos	Volumen = 42978.51 milímetros cúbicos
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Propiedades de masa de QAV_X_FRAME            Configuración: Défaut            Sistema de coordenadas: -- predeterminado --             Masa = 84.86 gramos             Volumen = 46445.10 milímetros cúbicos         </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Propiedades de masa de QAV_X_FRAME            Configuración: Défaut            Sistema de coordenadas: -- predeterminado --             Masa = 78.69 gramos             Volumen = 42978.51 milímetros cúbicos         </div>

**Resultado:** se puede observar una reducción del peso del chasis del dron de **6.17 gramos**.

### 3.2. ELECCIÓN DE COMPONENTES DEL DRON

Una vez conocidos los datos básicos de dimensiones del chasis, se realiza una selección atendiendo a las *dimensiones estándar y pesos de los componentes*, con el fin de que puedan ser correctamente ensamblados en el diseño del chasis.

Se sigue el siguiente orden:

1. Motores
2. Hélices
3. Batería
4. Placa controladora de vuelo
5. Cámara
6. Cableado

#### MOTORES

MODELO: DX2205 2300KV Brushless Motor



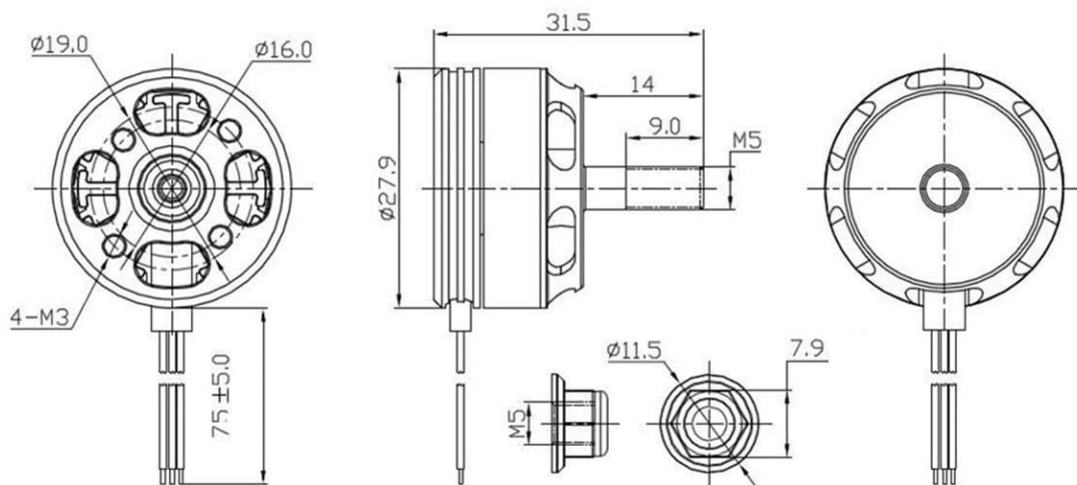
**Diámetro exterior = 27.9 mm**

**DX2205 2300KV Brushless Motor**

\*2CW 2CCW



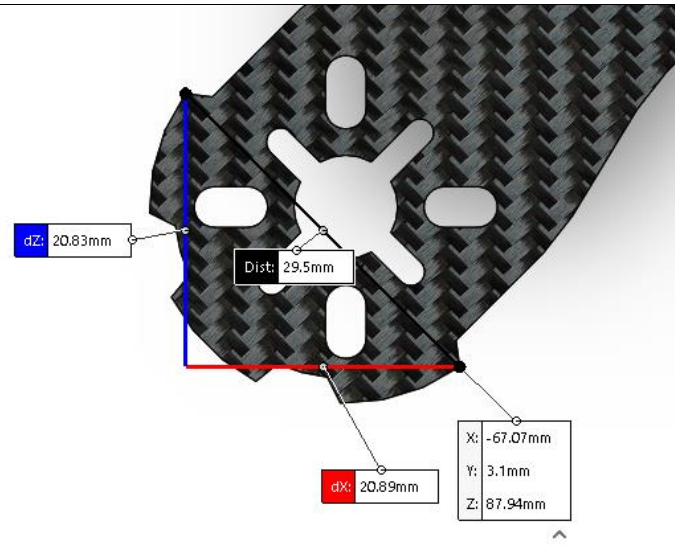
**MOTOR OUTLINE DRAWING**



Item	KV (rpm/v)	Voltage (v)	Prop	Load Current (A)	Full (g)	Power (w)	Efficiency (g/w)	Lipo	Weight (g) Approx
DX2205	2300	11.1	5045	19.2	660	213	3.1	2-4S	28
		14.8		27.6	950	408	2.3		

NOTA: el diámetro del motor debe ser aproximadamente o inferior a 29.5 mm, ya que esta es la medida del ancho de los extremos de las palas.

Se da que el diámetro del motor es de 27.9 mm < 29.5 mm.



Peso de cada motor = 28 gramos, **Peso total motores = 4\*28 = 112 gramos.**

La **potencia** de cada motor varía entre 213 w a 11.1 V y 408 w a 14.8 V.

## HÉLICES

MODELO: Hélices Tri Blade Props para 2204 2205 2206-2306 Motores

**Radio = 12.5 mm**

**Peso = 5.24 gramos**



## BATERÍA

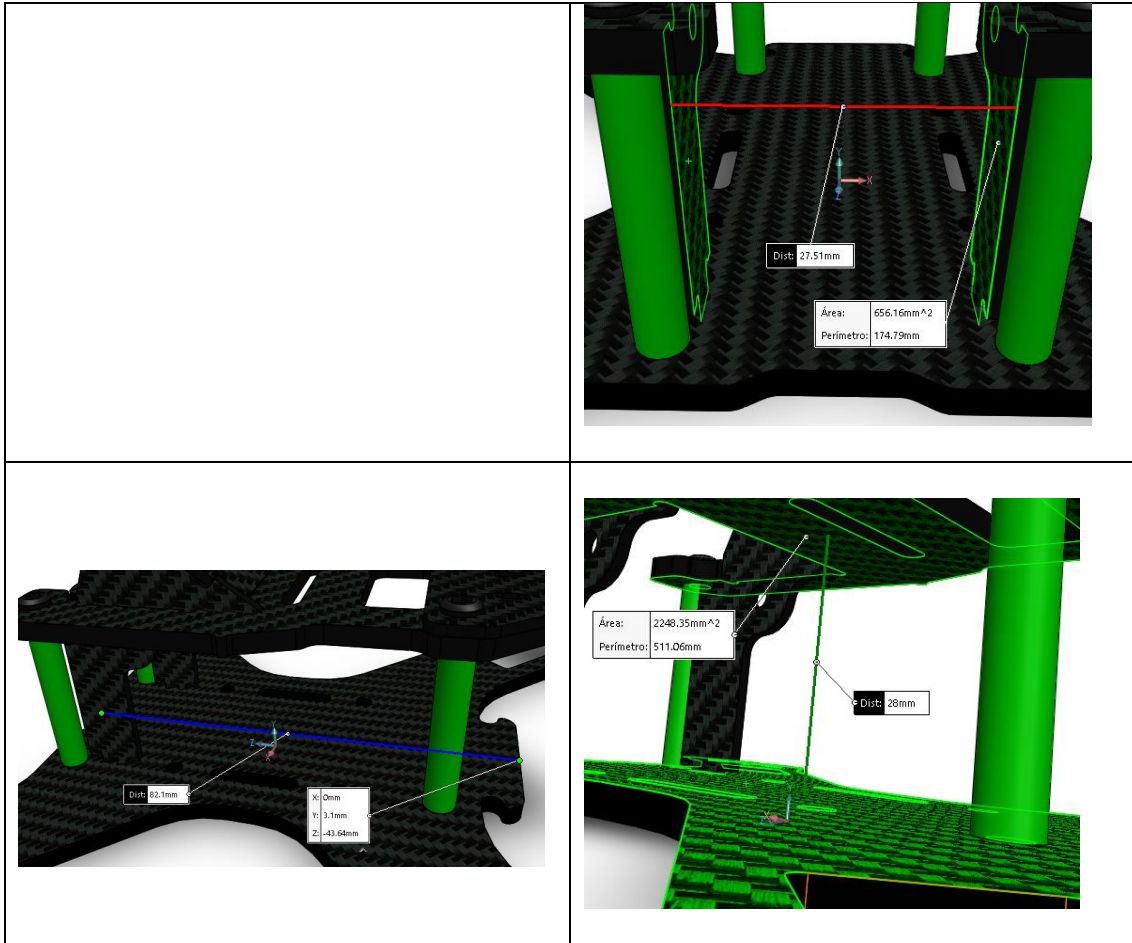
**MODELO: Crazepony-UK Lipo 3.7 V 650 mAh**

**Dimensiones = 43.2 \* 24.9 \* 4.8 mm**

**Peso = 16.59 gramos**



**NOTA:** tomadas las medidas del **compartimento interior del dron**, se tiene una cavidad cuyas dimensiones **son 82.1 \* 27.51 \* 28 mm**. Dichas medidas son todas superiores a las de la batería, por tanto, la batería podrá ser incorporada en dicho dron.



## PLACA CONTROLADORA DE VUELO

MODELO: Kiss FC 32 Bit

Dimensiones = 17.6 \* 8.5 \* 5.0 mm

Peso = 5 gramos



## CÁMARA

MODELO: Foxeer Razer Mini CAM 1200 TVL Lente 2.1 mm

Dimensiones = 26 \* 21 \* 11 mm

Peso = 12.03 gramos



## CABLEADO

Las dimensiones y el peso del cableado se podrán considerar despreciables, debido a que ocupan muy poco espacio y suponen un incremento ínfimo del peso total.

### 3.3. DISEÑO EN SOLIDWORKS DEL DRONE INCLUYENDO LOS COMPONENTES

A continuación, se muestran imágenes ilustrativas del diseño del dron una vez ensamblados los componentes principales:

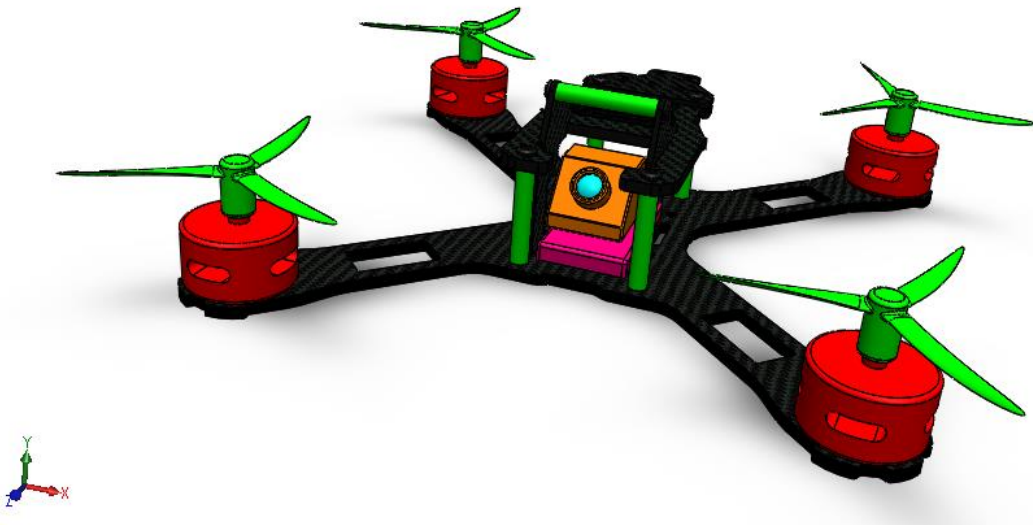


Figura 23: vista general del dron.

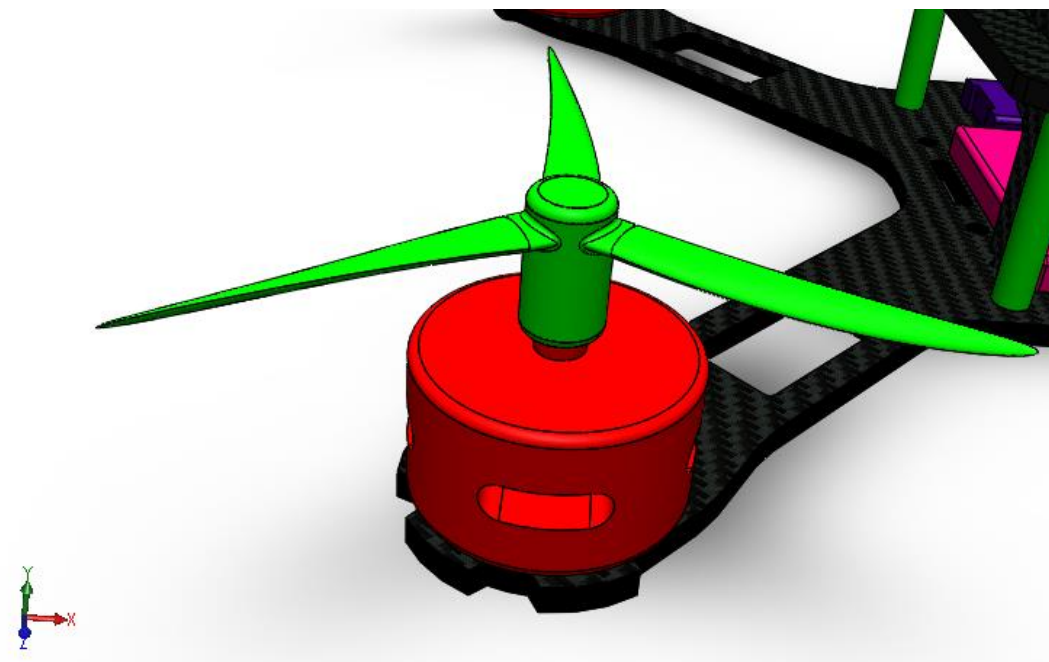


Figura 24: vista del ala con un motor en rojo y su hélice en verde.

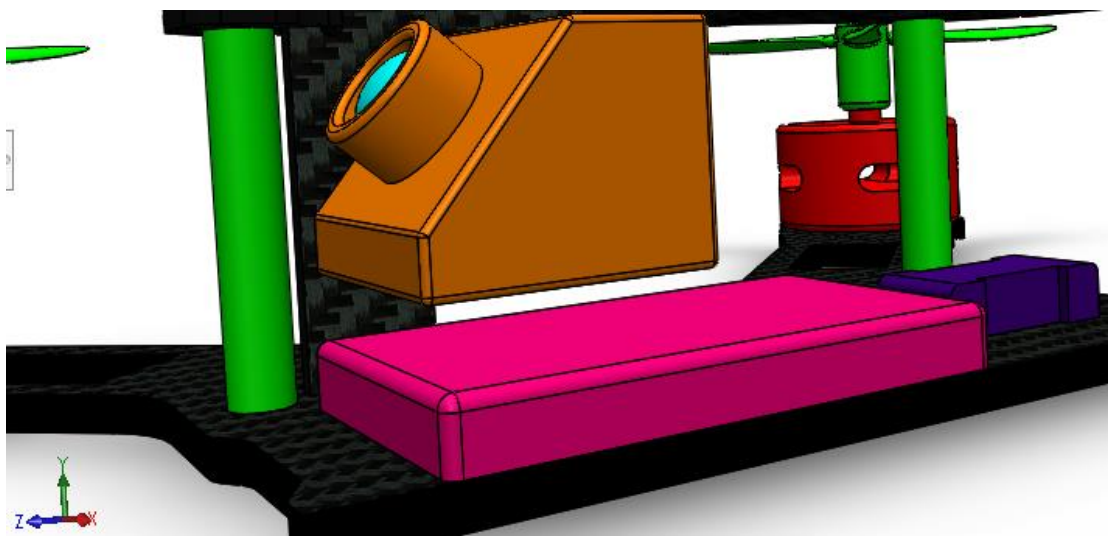


Figura 25: vista del compartimento interior del chasis, con la batería en magenta, la placa controladora de vuelo en morado, y la cámara en naranja.

### 3.4. ESTUDIO DEL EMPUJE DE LOS MOTORES

En este apartado, se procede a estudiar si los motores serán capaces de elevar el conjunto del dron, es decir, si tendrán la potencia necesaria y por tanto, saber si la elección de los mismo ha sido la correcta. Para ello, se debe conocer primero unos datos previos: el **peso total** del conjunto y el **empuje E que debe generar cada motor con el fin de crear la elevación**.

- **Obtención del peso total del conjunto:**

Realizando la suma de los pesos de todos los componentes y el chasis remodelado del dron, se obtiene:

<i>COMPONENTE</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>PESO</i>	<i>Unidad de medida</i>
<i>Chasis remodelado</i>	1	78.69	g
<i>Motores (28 g/ud.)</i>	4	112.00	g
<i>Hélices (5.24 g/ud.)</i>	4	20.96	g
<i>Batería</i>	1	16.59	g
<i>Placa de control de vuelo</i>	1	5.00	g
<i>Cámara</i>	1	12.03	g
<i>Cableado</i>	-	-	g
<b>TOTAL</b>	-	<b>245.27</b>	<b>g</b>

**Peso TOTAL del dron REMODELADO con los componentes = 245.27 gramos**

- **Obtención de la fuerza de empuje E mínima de cada motor:**

A continuación, se muestra una figura ilustrativa del caso de estudio.

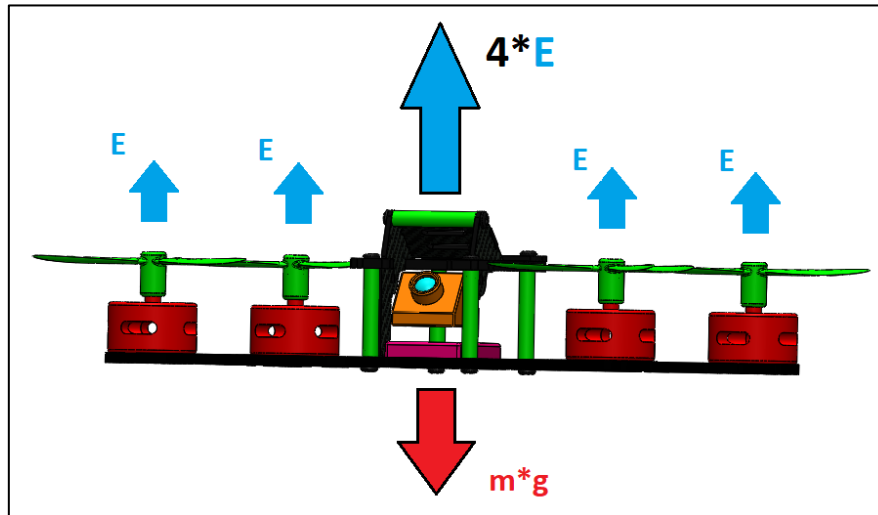


Figura 26: ilustración física de la elevación del dron.

Siendo "E" la fuerza de empuje que ejercen cada uno de los cuatro motores, y que estos están entregando la misma potencia, "m" la masa total del dron incluido la masa de los componentes y "g" la aceleración de la gravedad, se debe cumplir para que el dron se eleve, que:

$$4 * E > m * g$$

es decir, que la resultante de la fuerza de empuje de los cuatro motores debe ser mayor a la fuerza del peso del dron atraído por la gravedad.

Entonces, sabiendo que  $m = 245,27 \text{ g}$  y que  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , se tiene lo siguiente:

$$4 * E > m * g$$

$$4 * E > 245,27 * 10^{-3} * 9,81$$

$$4 * E > 2,406$$

$$E > 2,406 / 4$$

$$E > 0,601 \text{ N}$$

**La fuerza de EMPUJE mínima de cada uno de los cuatro motores será  $E = 0,6 \text{ N}$**



- **Comprobación:**

Previamente, se debe aportar el dato siguiente:

El empuje máximo generado por el motor **DX2205 2300KV** con una **hélice de 3 palas** y a **máxima potencia** es de **176 gramos de fuerza, gf**. Es decir, siendo 1 gf el equivalente a el peso de una masa de 1 gramo atraído por la fuerza de la gravedad  $g$  ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ),  $E_{\text{max}} = 176 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 = 1,73 \text{ N}$

**El empuje máximo generado por cada motor es,  $E_{\text{max}} = 1.73 \text{ N}$**

**NOTA:** este dato se ha obtenido de un video de YouTube, en el que se muestra la grabación de una prueba realizada en laboratorio en el que se mide la fuerza generada por el motor DX2205 2300KV para varios tipos de hélices. Para el caso de la hélice de 3 palas **el motor obtiene un resultado de 176 gramos de fuerza para la entrega de máxima potencia.**

*Se adjunta en el apartado 2 del apéndice el hipervínculo correspondiente al video.*

Una vez conocido el peso total de dron remodelado incluyendo los componentes, el empuje mínimo que debe generar cada motor para conseguir la elevación del dron y el empuje máximo que puede proporcionar cada uno de los mismos, se puede comprobar lo siguiente:

**$E_{\text{máximo de cada motor}} = 1.73 \text{ N} > 0.6 \text{ N} = E_{\text{mínimo de elevación}}$**

Es decir, que estos motores sí serán capaces de elevar todo el conjunto ya que, se cumple que, **para cualquier rango de entrega de potencia de los motores**, la fuerza resultante de empuje,  $4 \cdot E$ , es mayor que la fuerza generada por la atracción de la gravedad del dron,  $m \cdot g$ .

$$4 \cdot E > m \cdot g$$

$$4 \cdot E_{\text{max}} > m \cdot g$$

$$4 \cdot 1.73 > 245,27 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81$$

$$6.92 \text{ N} > 2.41 \text{ N}$$

Por tanto, se ha cumplido con el segundo objetivo de dotar al dron de todos los componentes necesarios para su funcionamiento.

- **Cálculo de la relación de empuje:**

Esta relación viene dada por la siguiente división:

$$\frac{E}{p} = \frac{6.92 \text{ N}}{2.41 \text{ N}} = 2.87$$

Donde E es el empuje resultante del dron a máxima potencia y p es el peso del mismo, en Newtons.

**Así pues, se tiene que el dron es capaz de elevar, incluyendo su masa, una carga total de casi 3 veces su propio peso, ya que:**

$$E/p = 2.87$$

### 3.5. ESTUDIO DE LA AERODINÁMICA DEL DRONE: DEPENDE DE LA FORMA

*Para el estudio de la aerodinámica del dron se necesita saber la forma original y remodelada del chasis. Una vez obtenidos estos datos, se utilizará la herramienta SolidWorks Flow Simulation, para llevar a cabo los estudios.*

#### **Coefficiente de resistencia aerodinámico, Cx.**

El Cx denominado coeficiente aerodinámico o coeficiente de arrastre, es un factor adimensional cuyo valor para objetos no hidrodinámicos o no aerodinámicos suele ser mayor que 1.00, mientras que, para objetos hidrodinámicos o aerodinámicos suele ser inferior a la unidad. e indica la resistencia aerodinámica que sufrirá un perfil alar o un objeto al atravesar un flujo de fluido, así como el aire a ciertas condiciones de temperatura, provocando pérdidas de potencia. Cuanto menor sea dicho coeficiente Cx, más aerodinámico es el objeto o perfil alar y menos resistencia al flujo del aire provoca.

En la siguiente imagen, se observa un ejemplo del aumento del Cx en un coche que circula a una determinada velocidad en línea recta. Según la modificación de su perfil aerodinámico, se produce una variación en el Cx. Desde el caso primero hasta el último el Cx va aumentando considerablemente, ya que para cada caso se va provocando una situación aerodinámica más desfavorable a la anterior. Por ejemplo, para el caso primero en el que el coche tiene los faros, ventanas y techo cerrados el Cx es de 0.363 y para el último caso en el que los faros, ventanas y techo están abiertos el Cx es de 0.464, es decir, ha aumentado la resistencia aerodinámica.

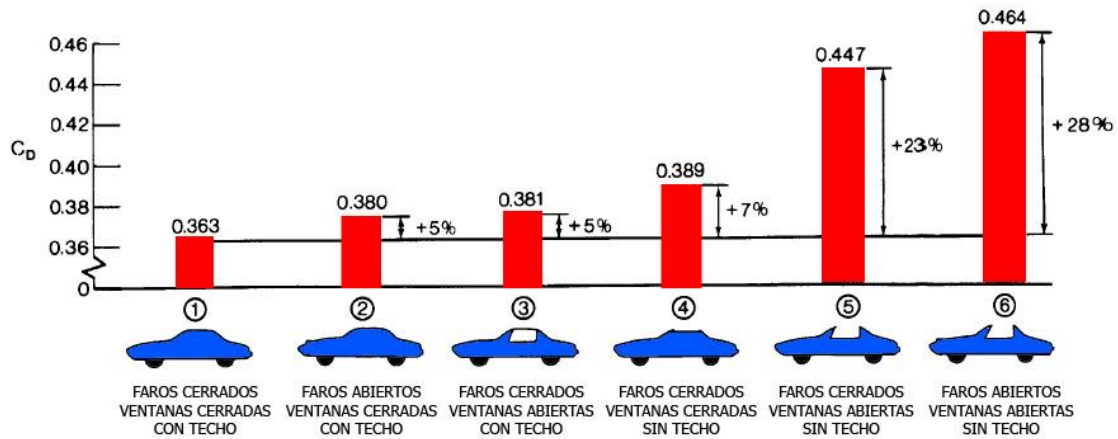


Figura 27: representació gràfica del increment del C<sub>x</sub> en funció del augment de apertures del objecte.

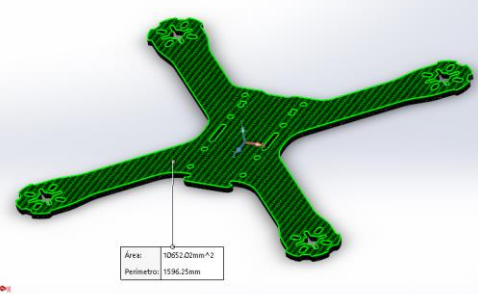
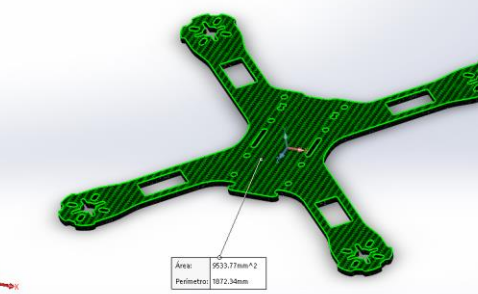
El valor del coeficient aerodinàmic ve definit per la següent expressió:

$$C_x = \frac{\sum F_n}{\frac{1}{2} \rho V^2 S}$$

A continuació, se detalla la obtenció de cada un dels dades necessaris per hallar el C<sub>x</sub>:

**a. Superficie de referencia proyectada, S:**

Se necesita saber el valor de la superficie a estudiar. Para ello, se utiliza la herramienta de cálculo de SolidWorks, proporcionando dichos valores:

<b><u>DRON ORIGINAL</u></b>	<b><u>DRON REMODELADO</u></b>
	
<b>S = 10652.02 mm<sup>2</sup></b>	<b>S = 9533.77 mm<sup>2</sup></b>

--	--

**b. Velocidad del objeto,  $v$ :**

Para el caso de estudio, se considerará que el dron se eleva a una velocidad de  $v=36$  km/h, que equivalen a  $v=10$  m/s.

**c. Densidad del fluido,  $\rho$ :**

La densidad del fluido va a ser la del aire a temperatura de 25 °C y una presión ambiente de 1 atm, que según la tabla de las propiedades termodinámicas del aire el valor de la densidad es de  $\rho=1.184$  kg/m<sup>3</sup>.

Propiedades del aire a 1 atm de presión							
Temp. T, °C	Densidad $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico $c_p$ , J/kg · K	Conductividad térmica k, W/m · K	Difusividad térmica $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s	Viscosidad dinámica $\mu$ , kg/m · s	Viscosidad cinemática $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268

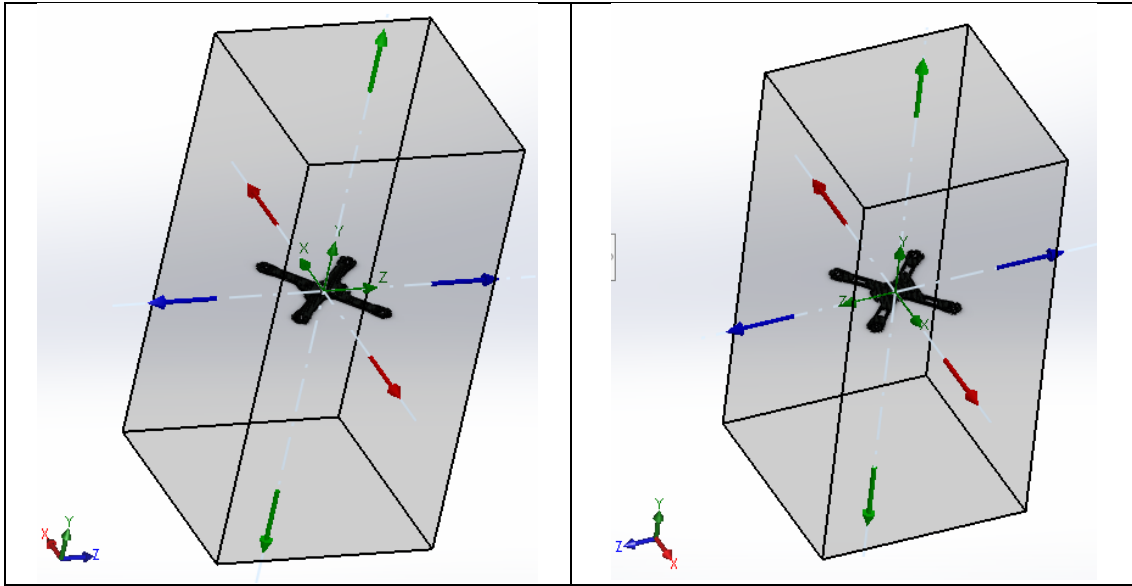
Figura 28: tabla de las propiedades termodinámicas del aire a 1 atm de presión.

**d. Líneas de flujo:**

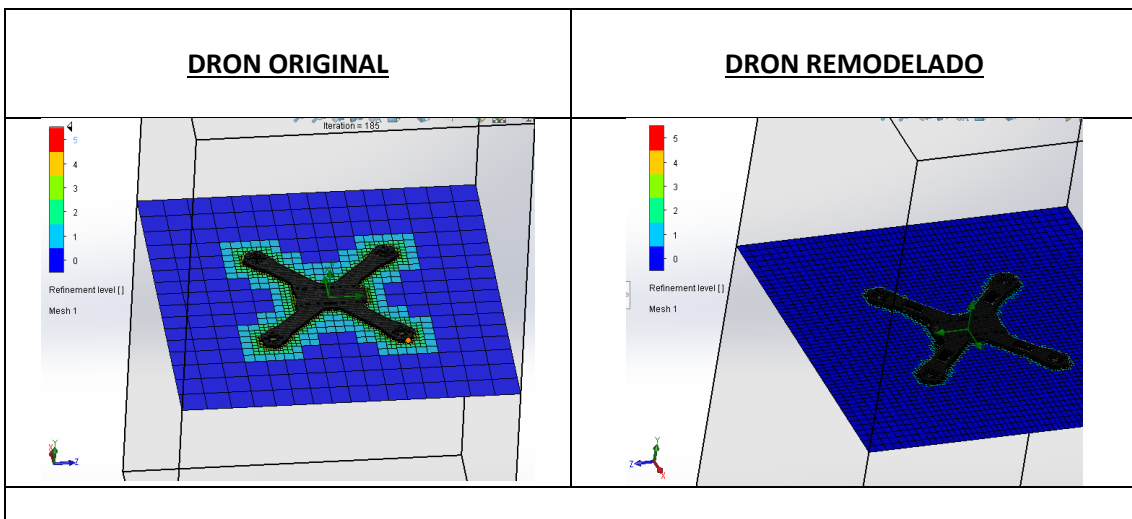
Para la obtención de las líneas de flujo se utiliza el complemento Flow Simulation de Solid Works.

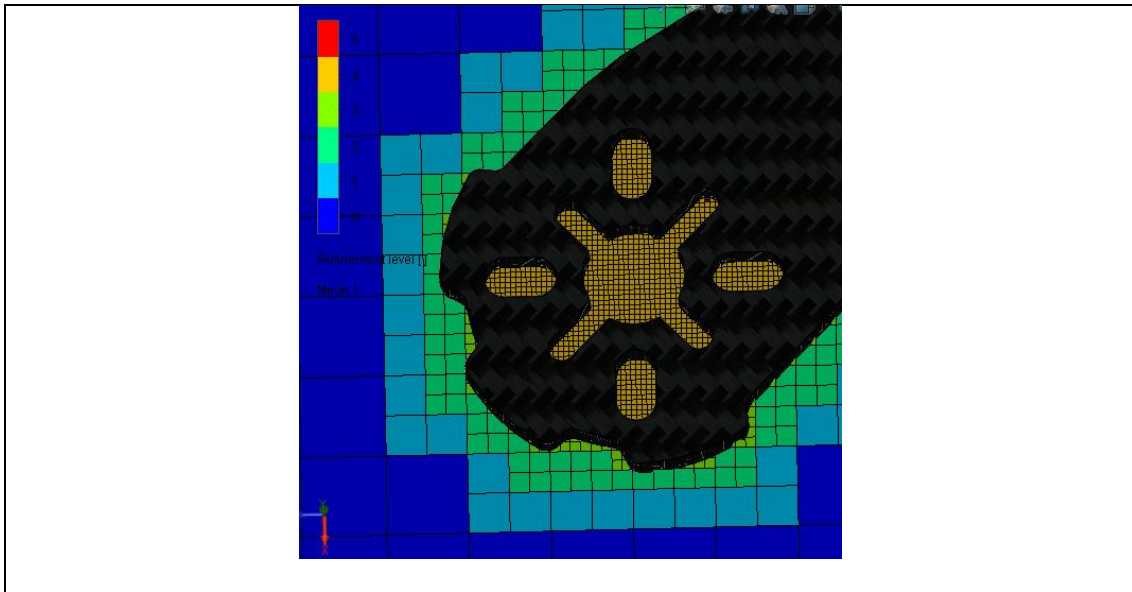
Primero se introducen los datos del fluido, en este caso el aire, posteriormente, se configura el volumen de control.

<b><u>DRON ORIGINAL</u></b>	<b><u>DRON REMODELADO</u></b>
-----------------------------	-------------------------------

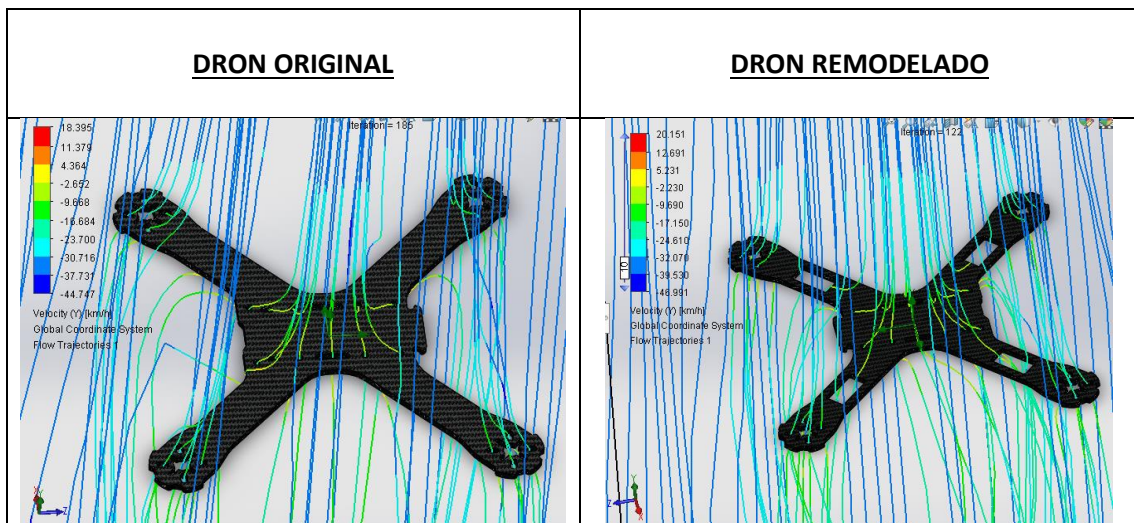


Se crea una malla de nivel 3 en Solid Works y se realiza un refinamiento de cuatro niveles.



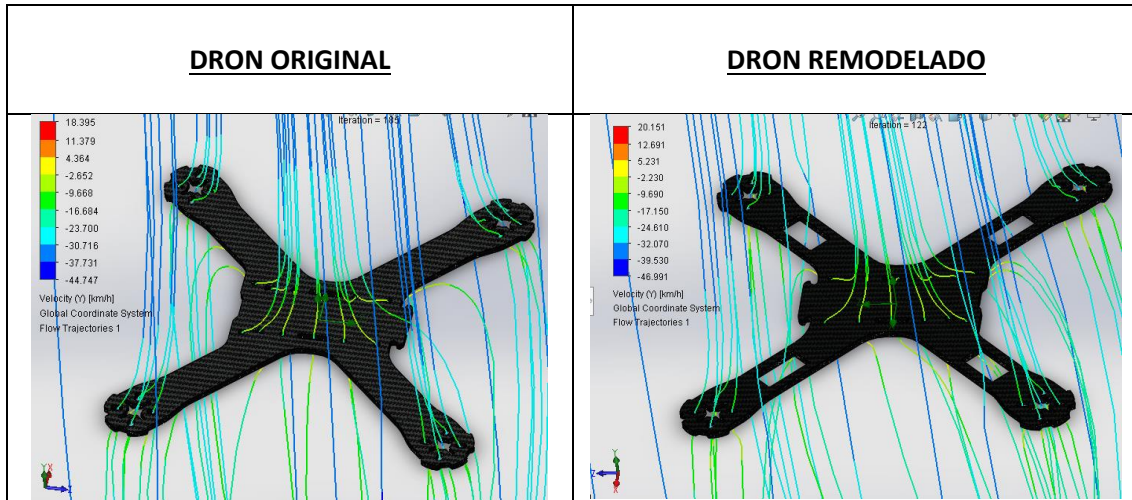


En la siguiente imagen se muestran las líneas de flujo de la velocidad del fluido en la dirección del eje Y con avance en sentido negativo, con un número de **75 líneas de flujo**.

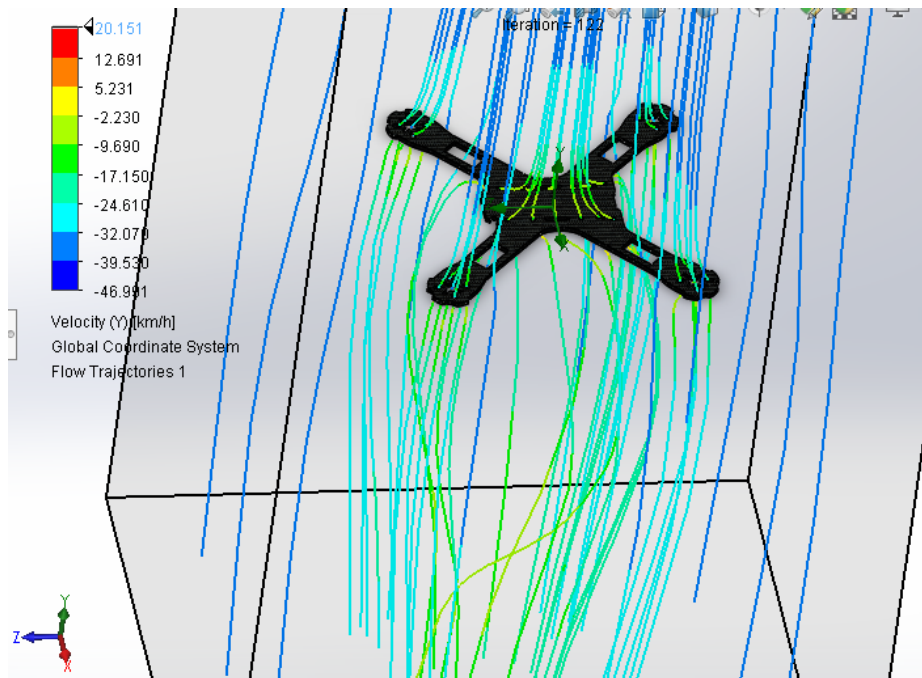


Se observa que el aire adquiere mayor velocidad en las aperturas de la placa principal del **chasis**. Además, es notorio el paso de flujo a través de los cuatro recortes provocados en el diseño remodelado.

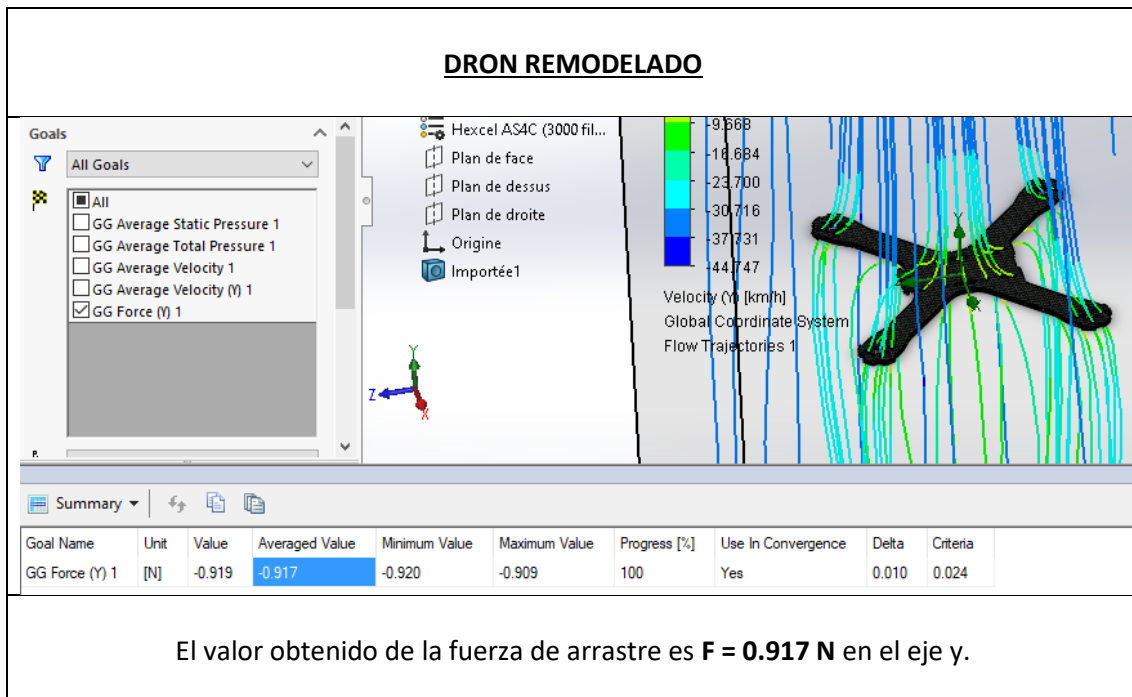
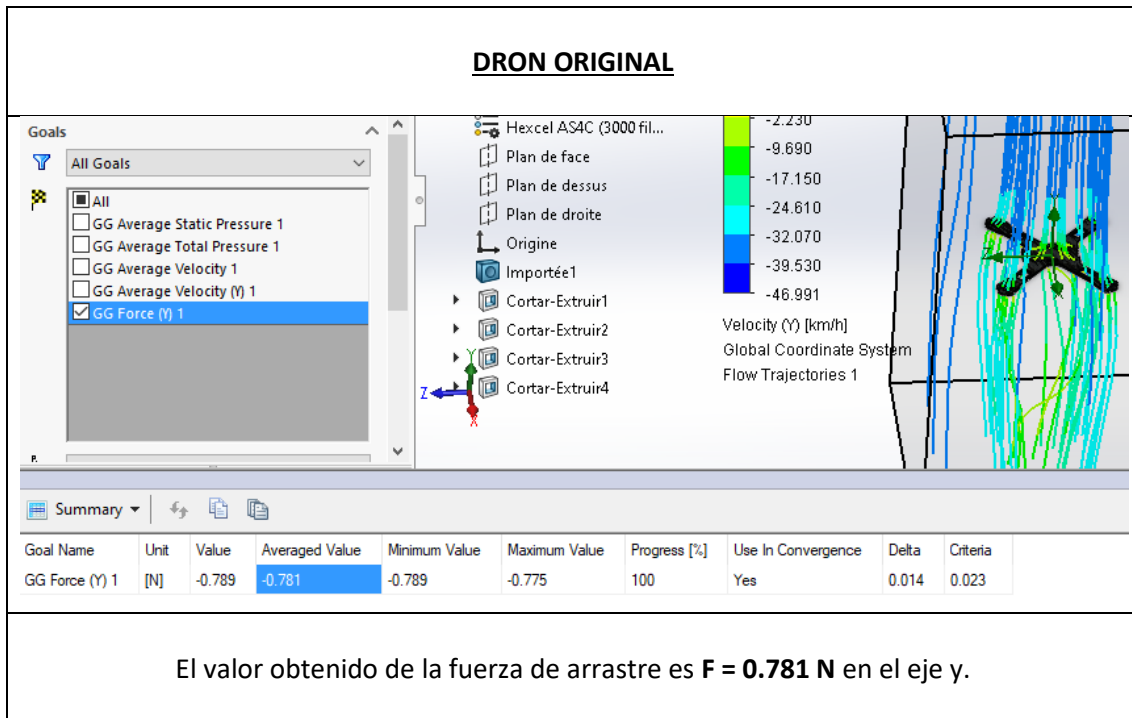
En la siguiente imagen se muestran las líneas de flujo de la velocidad del fluido en la dirección del eje Y con avance en sentido negativo, con un número de **20 líneas de flujo**.



En la siguiente imagen se pueden observar en la parte inferior unas líneas de flujo con una ondulación pronunciada. Estas líneas se llaman **vórtices de Von Karman**, las cuales generan turbulencias en el flujo del aire. Esto es debido a que la placa del chasis del dron no es un objeto totalmente aerodinámico en el sentido del flujo del aire estudiado. En cambio, un objeto, así como una gota de agua produciría turbulencias casi nulas.



**e. Fuerza de arrastre en el eje y,  $F_y$ :**





### CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE O COEFICIENTE AERODINÁMICO, C<sub>x</sub>:

El valor del coeficiente aerodinámico viene definido por la siguiente expresión:

$$C_x = \frac{\sum F_n}{\frac{1}{2} \rho V^2 S}$$

- **CHASIS DEL DRON ORIGINAL:**

En el caso de estudio siguiente, se calcula el C<sub>x</sub>, para el **chasis del dron original**, siendo:

Fn, la fuerza de arrastre [N]	Fn = 0.917 N
ρ, la densidad del fluido [Kg/m <sup>3</sup> ]	ρ = 1.184 kg/m <sup>3</sup>
V, la velocidad del objeto [m/s]	V = 36 km/h = 10 m/s
S, la superficie de referencia proyectada [m <sup>2</sup> ]	S = 10652.02 mm <sup>2</sup> = 0.01065202 m <sup>2</sup>

$$C_x = 0.917 / (0.5 * 1.184 * 10^2 * 0.01065202) = 1.454$$

**Coeficiente de arrastre del chasis original es C<sub>x</sub> = 1.454**

- **CHASIS DEL DRON REMODELADO:**

En el caso de estudio siguiente, se calcula el C<sub>x</sub>, para el **chasis del dron remodelado**, siendo:

Fn, la fuerza de arrastre [N]	Fn = 0.781 N
ρ, la densidad del fluido [Kg/m <sup>3</sup> ]	ρ = 1.184 kg/m <sup>3</sup>
V, la velocidad del objeto [m/s]	V = 36 km/h = 10 m/s
S, la superficie de referencia proyectada [m <sup>2</sup> ]	S = 9533.77 mm <sup>2</sup> = 0.00953377 m <sup>2</sup>

$$C_x = 0.781/0.5 * 1.184 * 10^2 * 0.00953377 = 1.384$$

**Coefficiente de arrastre del chasis remodelado es  $C_x = 1.384$**

### **CONCLUSIÓN:**

Una vez obtenidos los coeficientes de arrastre tanto para el chasis original como para el chasis remodelado, teniendo en cuenta que se ha tomado el efecto del flujo del aire durante la elevación del dron, se tiene que:

$$C_x \text{ Dron Remodelado} = 1.384 < 1.454 = C_x \text{ Dron Original}$$

Es decir, que el coeficiente de arrastre del dron remodelado es menor que el del dron original, por tanto, se puede concluir en que **la remodelación del chasis del dron original ha sido eficiente y supone una VENTAJA, ya que, ha dado lugar a una ligera disminución del peso y una reducción de la resistencia aerodinámica.**

### **3.6. ESTUDIO DE LA FLEXIÓN DE LAS ALAS DEL DRONE: DEPENDE DEL PESO**

Para el estudio de la flexión, se va a considerar que el componente clave que va a sufrir este efecto son las **alas del chasis del dron**. Por tanto, se va a centrar el análisis en dicho componente.

*Cabe aclarar, a pesar de la ventaja comprobada anteriormente, se sabe de antemano que la reducción de material haciendo un recorte en las alas del dron, va a suponer una desventaja en cuanto a la flexión de las mismas, por tanto, solamente será objeto de estudio el diseño remodelado del dron, con tal de **comprobar si será apto para un correcto funcionamiento.***

El caso físico comparable con el estudio que se va a realizar, es el de una **viga en voladizo con una caga puntual en el extremo.**

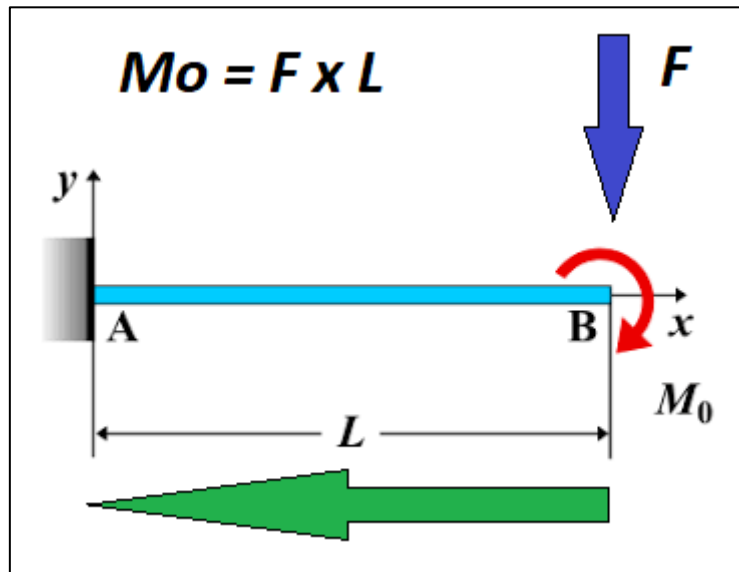
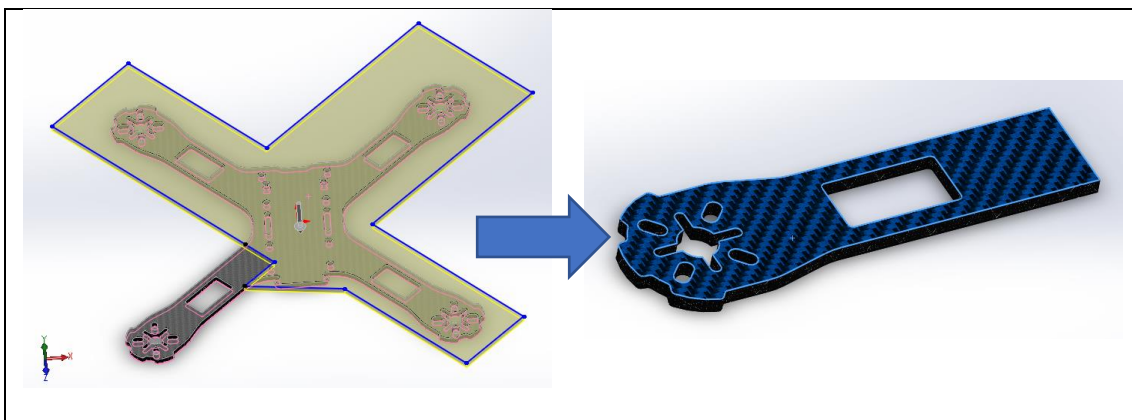


Figura 29: imagen ilustrativa del momento flector en una viga en voladizo.

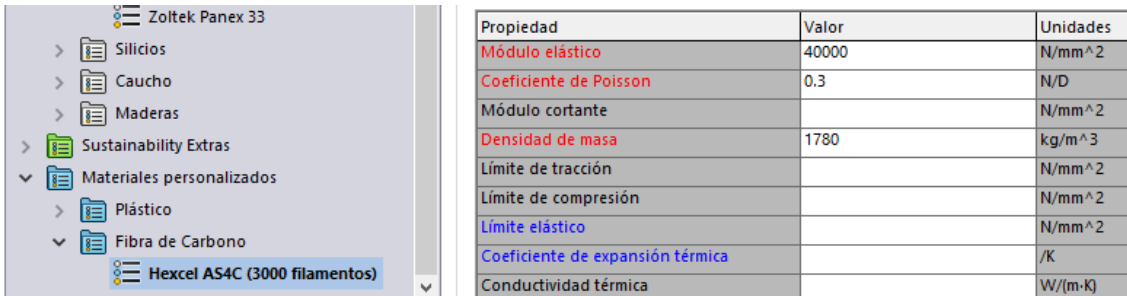
Un dato importante es que la máxima fuerza de empuje a la que se verá sometido cada una de las alas del dron, es el máximo empuje generado por cada uno de los motores, cuyo valor ha sido hallado anteriormente:

**El empuje máximo generado por cada motor es,  $E_{max} = 1.73 \text{ N}$**

Para ello se realiza un recorte de la pieza principal, dejando como pieza única de estudio una de las cuatro alas del dron, tal y como se muestra en la siguiente figura:



A continuación, se debe introducir de nuevo los valores del material elegido: la **fibra de carbono de tipo Hexcel AS4C (3000 filamentos)**, a la que se le añade en el programa de simulación los valores de Módulo elástico de 40000 N/mm<sup>2</sup> y Coeficiente de Poisson de 0,3.

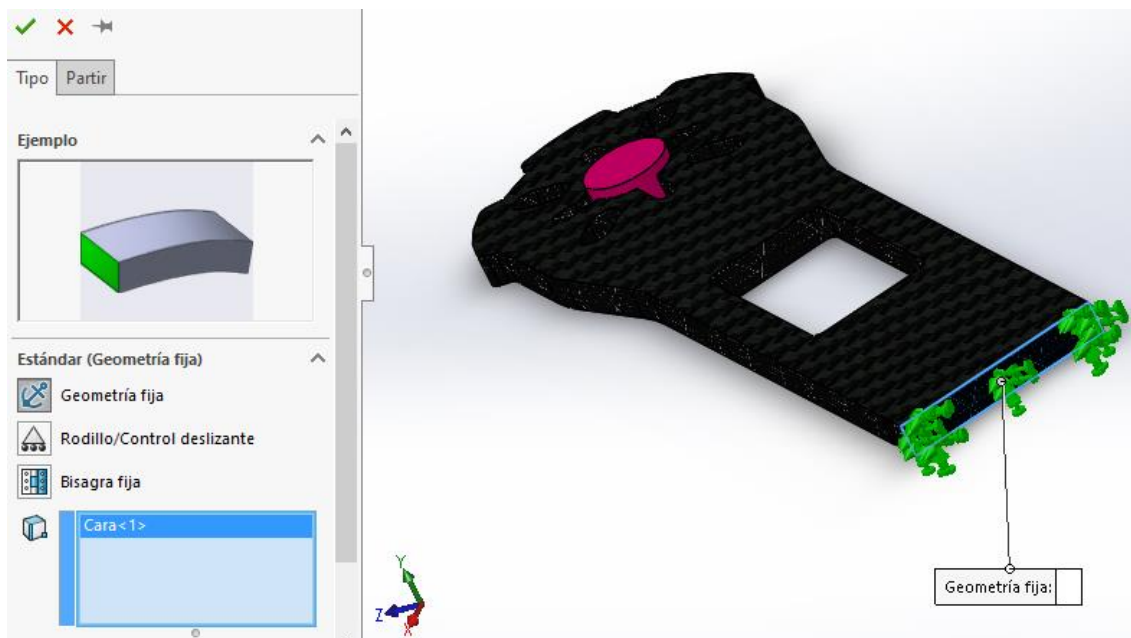


Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	40000	N/mm <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson	0.3	N/D
Módulo cortante		N/mm <sup>2</sup>
Densidad de masa	1780	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción		N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico		N/mm <sup>2</sup>
Coeficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)

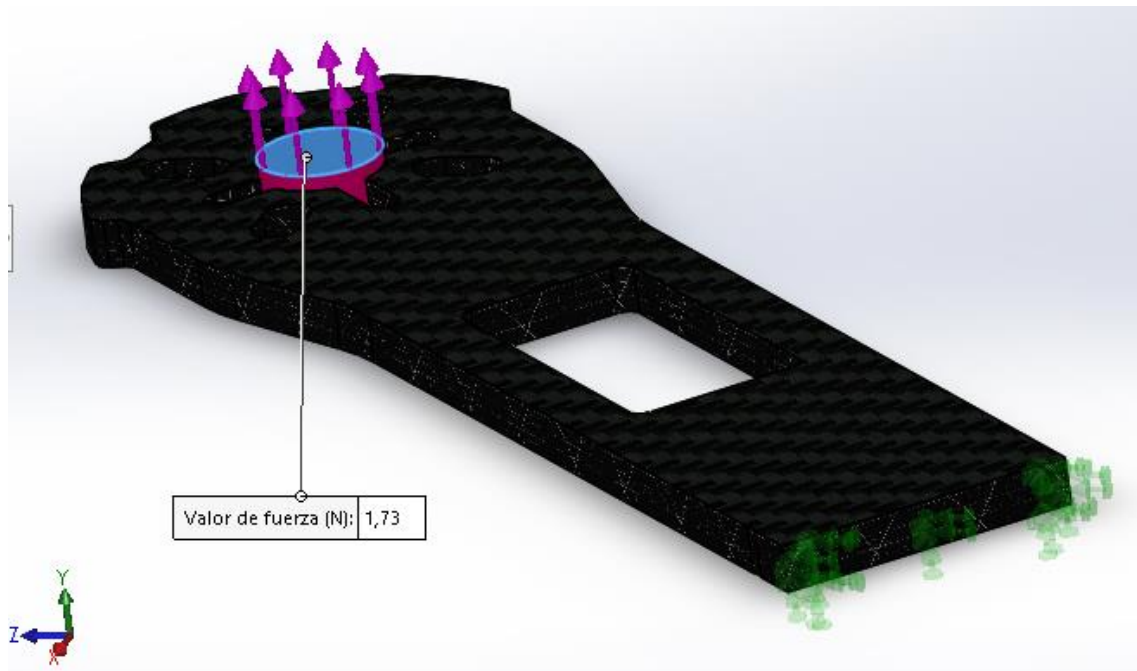
Para poder realizar la aplicación de las fuerzas de Empuje E de cada motor, se debe introducir un **volumen auxiliar** en la cavidad donde irá acoplado el motor en el ala, puesto que en el centro de este cilindro tendrá lugar **la línea de acción** de la fuerza de empuje.

Así pues, se procede a configurar las fuerzas del sólido:

**Geometría fija:** se selecciona la cara rectangular y transversal del ala, con tal de crear un apoyo fijo.

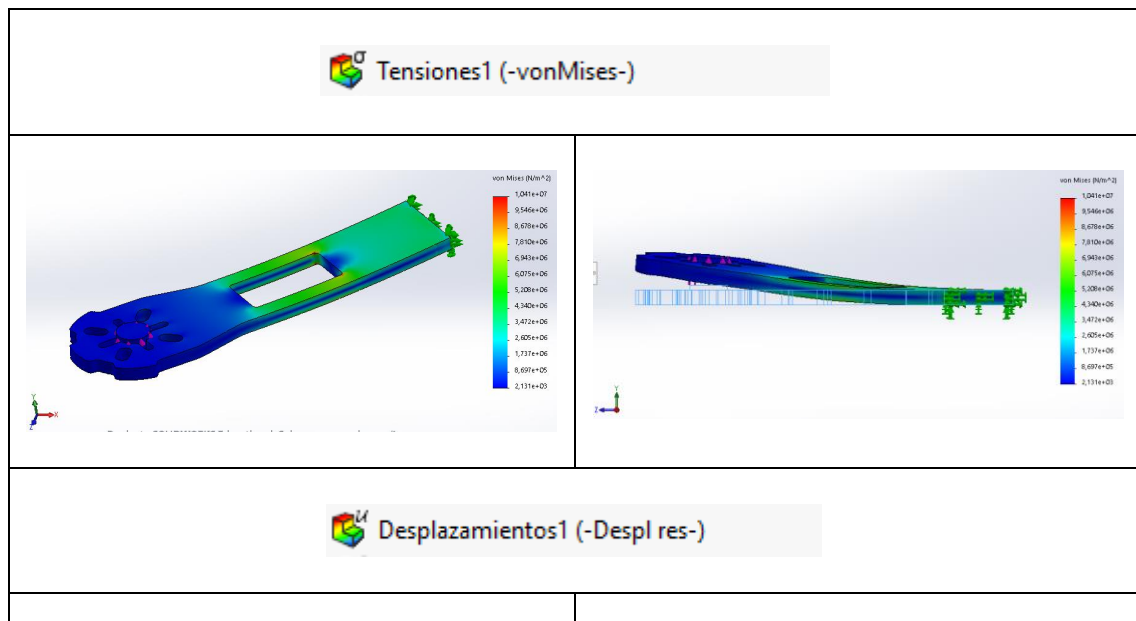


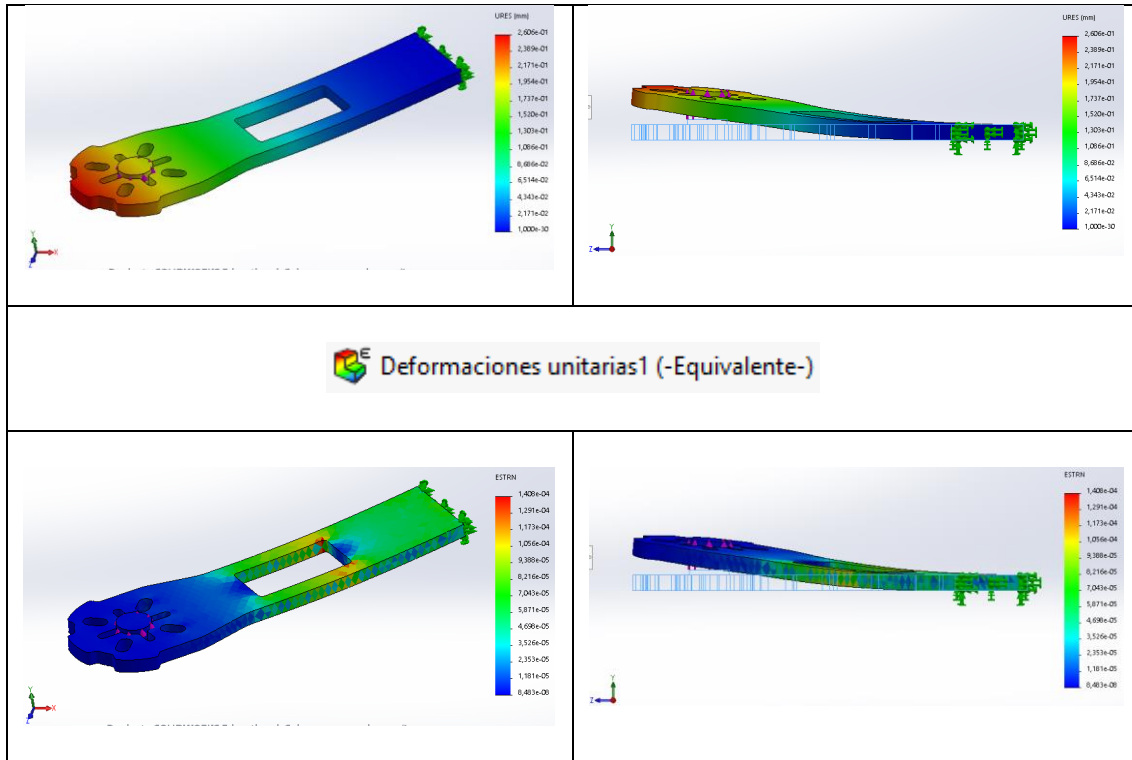
**Aplicación de las fuerzas de empuje:** como se ha comentado antes, se aplican sobre la superficie auxiliar, perpendiculares al plano que forma la placa del ala, y en el sentido hacia donde se ejerce el empuje.



### OBTENCIÓN DE RESULTADOS:

Se ejecuta la simulación una vez ha sido preparada la malla y a continuación se muestra un **esquema** ilustrativo a simple vista de los resultados de la flexión: tensiones, desplazamientos y deformaciones unitarias.

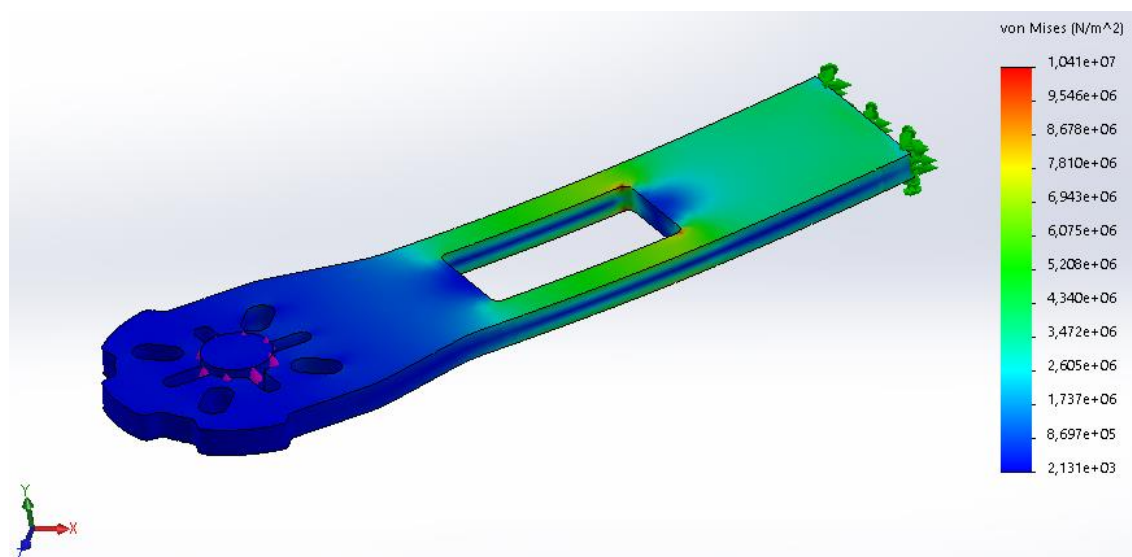




**COMENTARIO DE RESULTADOS:**

Se comentan los resultados a continuación, teniendo en cuenta que se han obtenido aquellos valores de flexión máximos, ya que el estudio se ha realizado con el empuje máximo generado por un motor, cuyo valor es  **$E_{max} = 1.73 \text{ N}$** .

➤ **Tensiones**



*Figura 30: tensiones provocadas por la acción del empuje del motor sobre el ala.*

Mediante la simulación de **Von Mises** con el simulador, se puede apreciar en la imagen que hay unos focos de acumulación de tensiones en las esquinas traseras del recorte del ala, alcanzando unos valores de  $1,04 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ , lo cual son unos valores considerables, y que podrían generar un desgaste o grietas a lo largo del tiempo de vida del chasis. No obstante, no soy de mayor importancia como para interrumpir el funcionamiento del drone. Con respecto del resto de la pieza, las tensiones se concentran mayormente en los brazos del ala y en la parte trasera, dando unos valores aceptables.

### ➤ Desplazamientos

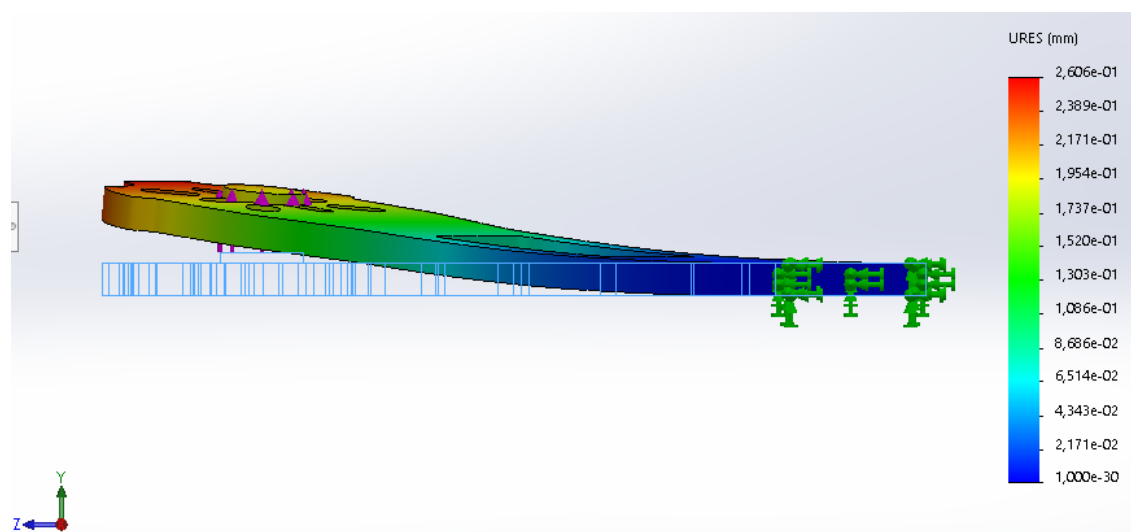


Figura 31: desplazamientos provocados por la acción del empuje del motor sobre el ala.

Se observa, como es de esperar, un desplazamiento principalmente superior en la parte final del ala, ya que este es el lugar donde se ubica el motor y se crea el **mayor valor del momento flector**. El valor del desplazamiento máximo alcanza los 2.6 mm, que para la máxima potencia de entrega del motor, es un desplazamiento aceptable.

### ➤ Deformaciones unitarias

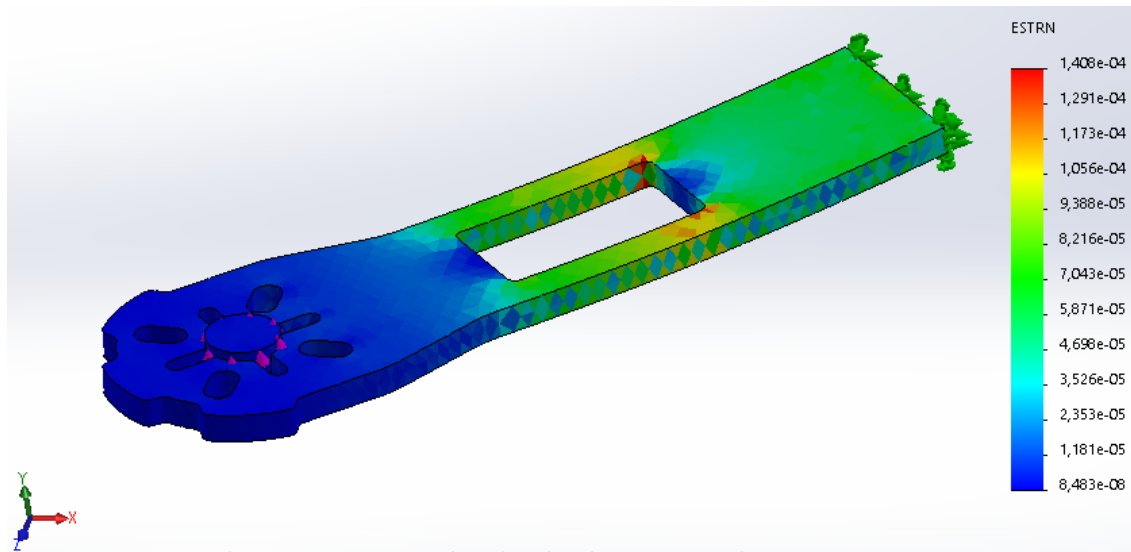


Figura 32: deformaciones provocadas por la acción del empuje del motor sobre el ala.

Coincidiendo con los puntos de máxima tensión, se tienen las esquinas del recorte de las alas, en la que las deformaciones son mayores, siguiendo por los brazos de estas. Como es de esperar, la parte donde se ubica el motor no sufre apenas ninguna deformación ya que, este se ubica en los extremos de las alas y por tanto, están en el punto de aplicación de la fuerza, donde **la distancia al punto de apoyo es muy pequeña** y por tanto el momento flector es inapreciable.

### CONCLUSIONES:

El recorte rectangular de las alas ha provocado que el momento flector provocado por el empuje del motor sobre las alas, tenga una repercusión más agravante para la flexión de las mismas. No obstante, **los resultados muestran que el rediseño de las alas es apto** para el correcto uso y funcionamiento del dron.

El caso más desfavorable, es la acumulación de tensiones que se tiene en las esquinas traseras del recorte: una solución sería provocar una **geometría circular en las esquinas con un cierto radio de entalla**, con tal de distribuir estas tensiones y así, reducir el riesgo de grieta o de rotura.

## 3.7. ESTUDIO DE IMPACTO DEL MATERIAL

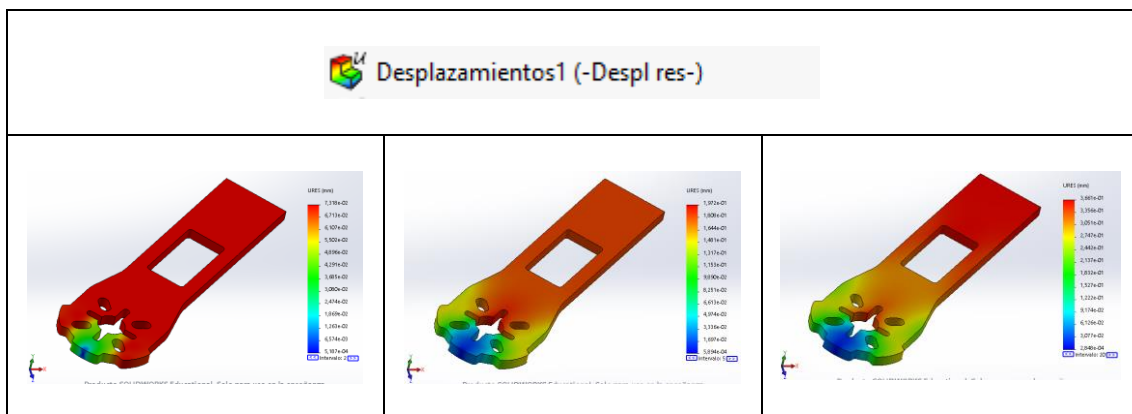
Para este último estudio, se ha puesto a prueba una caída del ala del dron de **10 metros**, forzada por la aceleración de la gravedad  **$g = 9.81 \text{ m/s}^2$** , contra un **suelo rígido**.

*La dirección y el sentido de la caída es tal que la superficie de contacto con el suelo sea, la cara curva externa de la punta del ala.*



El simulador ha proporcionado un total de 25 secuencias de impacto: cada una de estas representan la tensión, desplazamiento de material o deformación unitaria, en función de cada uno de los 25 instantes del suceso de la caída, siendo la secuencia 1 el estado del objeto en el primer impacto, y siendo la secuencia 25 el estado en el último momento de la vibración provocada por la caída.

A continuación, se muestran para cada caso, tres secuencias ordenadas de menor a mayor:



### **OBSERVACIÓN:**

Si se atiende a la tonalidad mostrada en la simulación de cada secuencia, se puede observar el efecto provocado en la pieza por la onda de choque, desde su inicio hasta que se produce el rebote.

## 4. FABRICACIÓN DEL DRONE

### 4.1. PLANOS

Se adjuntan **en el apéndice de la memoria**, los planos correspondientes que son necesarios para llevar cabo la remodelación del chasis del dron en taller.

Dichos planos son:

1. Plano de alzado, planta y perfil de la placa principal del chasis remodelado, con cotas.
2. Plano de alzado, planta y perfil del chasis remodelado completo.

### 4.2. PROCESOS DE FABRICACIÓN

A continuación, se va a hacer un recuento de los procesos de fabricación necesarios para la fabricación y la remodelación del chasis.

Si bien, el material del que se trata es la fibra de carbono, por tanto, para realizar **la placa principal del chasis** se podría realizar los siguientes procesos:

#### **1. Impresión del molde en 3D:**

Diseñar la placa en un programa CAD de diseño y reproducir la misma en una impresora 3D con un material plástico, con tal de tener un molde.



*Figura 33: ejemplo de impresora 3D.*

## 2. Proceso de infusión, RTI:

Consiste en aplicar, encima del molde de la placa realizado previamente, las mallas o telas de fibra de carbono mezclándolas con una resina epoxi semidura. Posteriormente, se cubre el conjunto con un plástico resistente al calor con un tubo de absorción de aire por debajo, para provocar un vacío entre el plástico y la mezcla anterior. De tal manera, que con calor y un tiempo de curación, la mezcla se solidifica y queda la pieza de fibra de carbono con la forma principal.

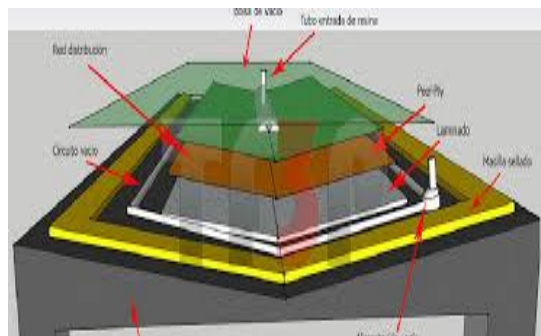


Figura 34: esquema gráfico de infusión, RTI.

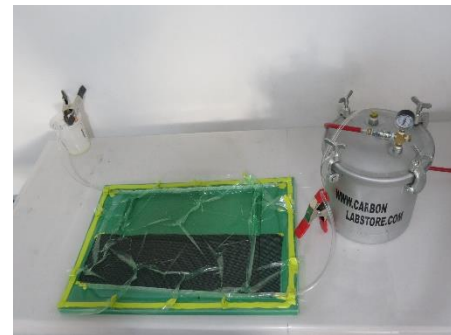


Figura 35: fotografía del proceso RTI.

## 3. Proceso de desbaste:

Una vez obtenida la placa del chasis, se debe recortar por la periferia manualmente, mediante una radial, de tal manera que vaya realizándose el proceso de eliminación de material sobrante y un posterior pulido de la periferia.

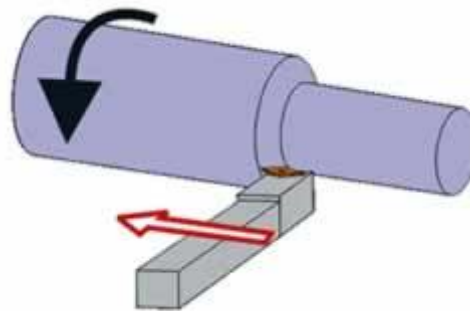


Figura 36: representación del proceso de desbaste.

## 4. Troquelados o punzonados:

Para finalizar el proceso de fabricación, se realizan varios troquelados para agujerear la placa y dar lugar a los pasantes donde se ensamblarán los demás componentes del dron, así como a los recortes rectangulares que dan lugar a la remodelación del chasis.



Figura 37: máquina troqueladora manual utilizada por operario.

De la misma manera se pueden fabricar las demás placas que componen el chasis en conjunto. Una vez hecho esto, se ensamblan los tornillos y los espaciadores para unir el chasis completo.

*NOTA: todas las imágenes de este apartado de los procesos de fabricación son ilustrativas, tomadas a modo de ejemplo, no son fotografías del proceso de fabricación real de este proyecto.*

### 4.3. PRESUPUESTO

En este apartado, se muestra una tabla con los precios de los productos y los costes de fabricación del chasis del dron, para así dar un presupuesto de fabricación completo:

MATERIAL CHASIS	UNIDADES	PRECIO/Ud. (euros)	PRECIO (euros)
Cinta Fibra de Carbono	1	9,68	9,68
Resina Epoxi 750 ml	1	28,99	28,99
Separadores de Al	Conjunto de 10 uds.	4,60	4,60
Tornillos Allen M4	10	0,127	1,27
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>44,54</b>

COMPONENTES	UNIDADES	PRECIO/Ud. (euros)	PRECIO (euros)
Motores	Conjunto de 4 uds.	33,99	33,99
Hélices	Conjunto de 4 uds.	10,99	10,99
Batería	1	8,99	8,99
Placa de control	1	11,72	11,72
Cámara	1	27,99	27,99
Cableado	Incluido en motores	-	-
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>93,68</b>

Contando que se tiene **mano de obra propia**, el presupuesto total es la suma de los materiales para la fabricación del chasis y los componentes:

**Presupuesto para la remodelación y fabricación completa del dron = 138,22 euros**

## 5. CONCLUSIONES

En este proyecto, se ha hecho una recopilación de información básica acerca de los drones. Dichos dispositivos, o vehículos, son hoy en día una herramienta cada vez más extendida en su uso, con cada vez mayor número de aplicaciones, en este caso la aplicación del dron del proyecto es para fines de aerodinámica y agilidad.

El objetivo de este proyecto ha sido, el diseño y la remodelación del chasis de un dron ultraligero para su fabricación en fibra de carbono, el cual ha sido objeto de estudio, prestando especial atención a la placa principal del chasis, donde se ha realizado dicha remodelación.

Después de haber realizado los estudios correspondientes, hallando el peso total del conjunto con la selección de componentes, la fuerza de empuje mínima de elevación y fuerza de empuje máxima de los motores, los estudios de aerodinámica, de flexión de las alas, y de impacto, se han obtenido unos resultados, tales que indican **ventajas en la parte aerodinámica del conjunto**, pero ciertas desventajas en la parte de flexibilidad y resistencia al impacto.

No obstante, estas desventajas no empeoran el funcionamiento del dron, por lo que no suponen un problema de diseño en la remodelación, ya que el objetivo principal era crear una mejora aerodinámica y reducción de peso, que sí se ha conseguido favorablemente.

*En muchas ocasiones, ocurre en estudios de ingeniería, que cuando por una parte se consigue una mejora, por otra parte, se está empeorando otra.* Entonces, como futura línea de trabajo se propone dar solución u optimización a las ciertas desventajas obtenidas en la remodelación del chasis del dron.

## 6. APÉNDICES

Se añade la lista de la bibliografía que ha sido consultada con el fin de adquirir conocimientos para la elaboración del presente proyecto:





7. Datos de la batería:

[https://www.amazon.es/Crazepony-UK-Bateria-Charger-Vehicle-Cheerson/dp/B07ZD3PFTL/ref=sr\\_1\\_7?\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=bateria+drone&qid=1605901127&s=toys&sr=1-7](https://www.amazon.es/Crazepony-UK-Bateria-Charger-Vehicle-Cheerson/dp/B07ZD3PFTL/ref=sr_1_7?_mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=bateria+drone&qid=1605901127&s=toys&sr=1-7)

8. Datos de la placa controladora de vuelo:

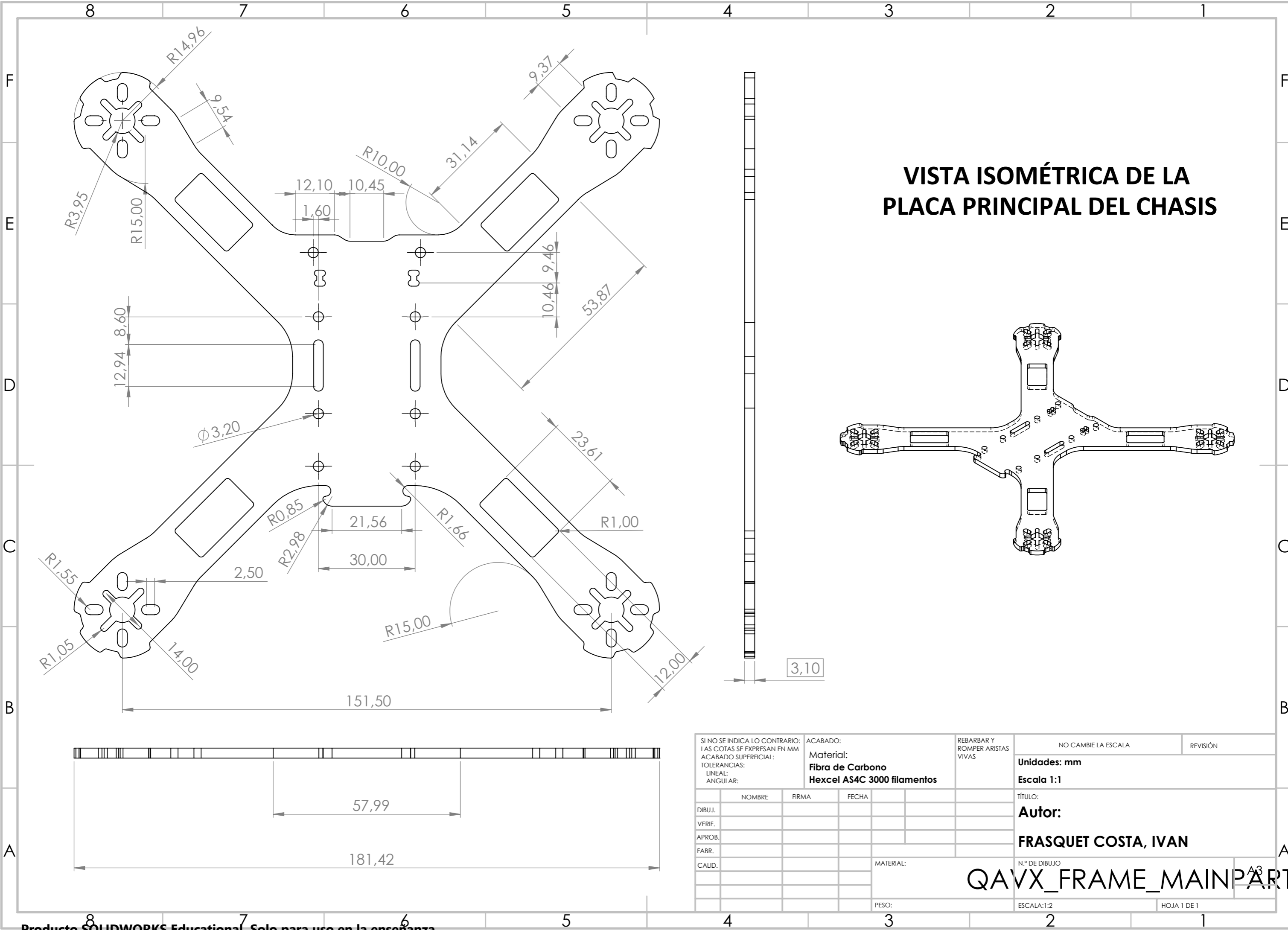
[https://www.amazon.es/Mifive-Controller-Tarjeta-Controladora-Multicopter/dp/B0894NND1N/ref=sr\\_1\\_2\\_sspa?\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=controladora+de+vuelo+drone&qid=1605660351&sr=8-2-spons&psc=1&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEwS1NGTjU1TUM4TDF0JmVuY3J5cHRlZElkPUEwNTU4ODEwSTU4VTdOQjk0SUQ4JmVuY3J5cHRlZEFkSWQ9QTA1NTUwMTdXNDZPUTIZUzljWlImd2lkZ2V0TmFtZT1zcF9hdGYmYWNoaW9uPWNSaWNrUmVkaXJlY3QmZG9Ob3RMb2dDbGljaz10cnVl](https://www.amazon.es/Mifive-Controller-Tarjeta-Controladora-Multicopter/dp/B0894NND1N/ref=sr_1_2_sspa?_mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=controladora+de+vuelo+drone&qid=1605660351&sr=8-2-spons&psc=1&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEwS1NGTjU1TUM4TDF0JmVuY3J5cHRlZElkPUEwNTU4ODEwSTU4VTdOQjk0SUQ4JmVuY3J5cHRlZEFkSWQ9QTA1NTUwMTdXNDZPUTIZUzljWlImd2lkZ2V0TmFtZT1zcF9hdGYmYWNoaW9uPWNSaWNrUmVkaXJlY3QmZG9Ob3RMb2dDbGljaz10cnVl)

9. Datos de la cámara del drone:

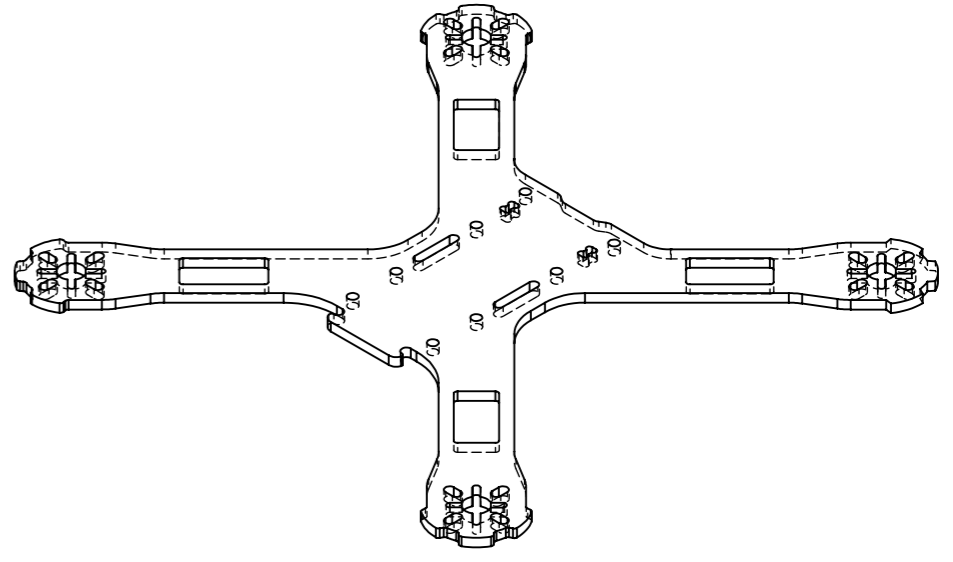
[https://www.amazon.es/C%C3%A1mara-Foxeer-Razer-1200TVL-Lente/dp/B07ZCTBM2T/ref=sr\\_1\\_2?dchild=1&keywords=foxeer+fpv+camera&qid=1605901231&sr=8-2](https://www.amazon.es/C%C3%A1mara-Foxeer-Razer-1200TVL-Lente/dp/B07ZCTBM2T/ref=sr_1_2?dchild=1&keywords=foxeer+fpv+camera&qid=1605901231&sr=8-2)

**PLANOS:**

A continuación, se adjuntan los planos correspondientes al diseño del chasis remodelado del drone:

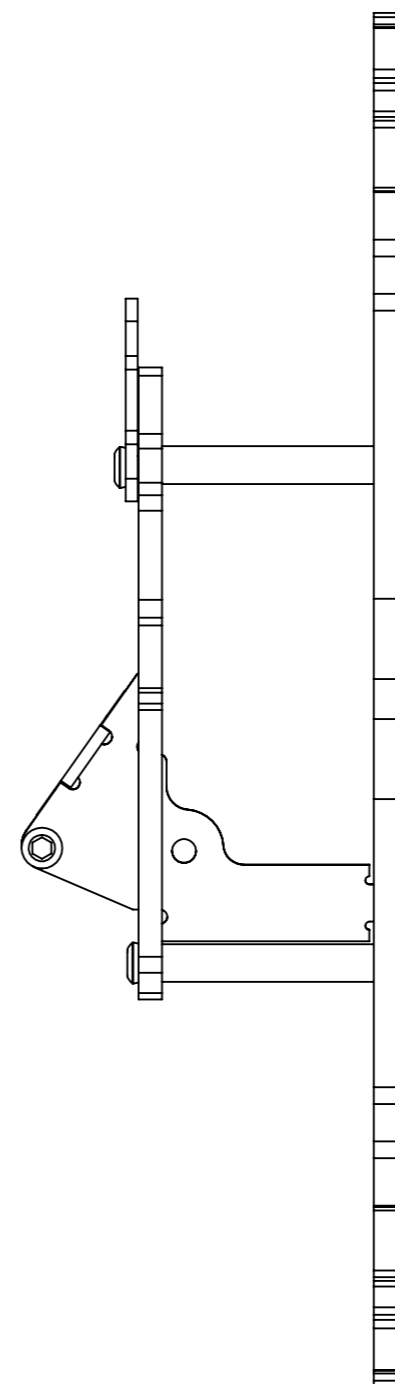
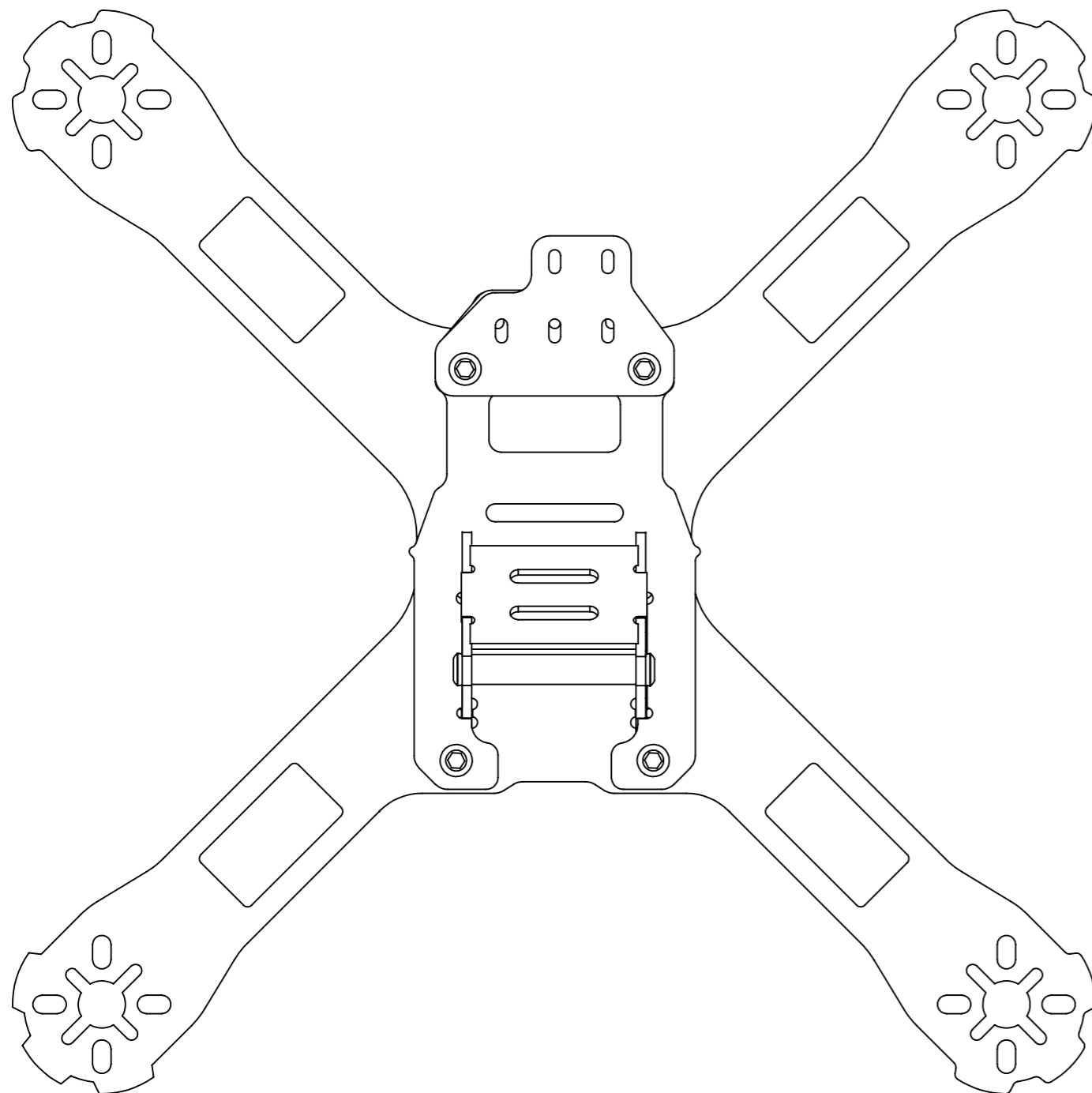


**VISTA ISOMÉTRICA DE LA PLACA PRINCIPAL DEL CHASIS**

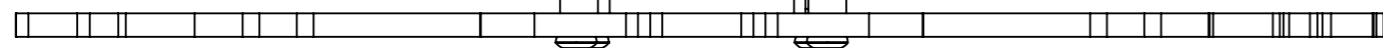
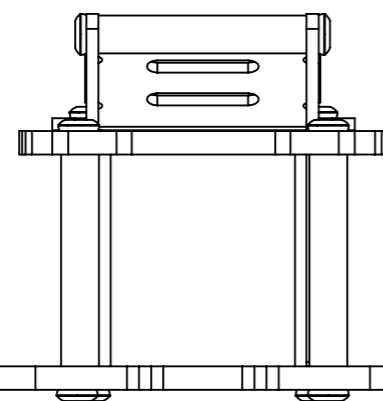


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO: Material: <b>Fibra de Carbono Hexcel AS4C 3000 filamentos</b>		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Unidades: mm		
				Escala 1:1		
				TÍTULO: <b>Autor:</b>		
				<b>FRASQUET COSTA, IVAN</b>		
				N.º DE DIBUJO		
				<b>QAVX_FRAME_MAINPART</b>		
				ESCALA:1:2		
				HOJA 1 DE 1		





**VISTA TRIMÉTRICA DEL CHASIS REMODELADO DEL DRONE**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Escala 1:1	
					TÍTULO: Autor:	
					FRASQUET COSTA, IVAN	
					N.º DE DIBUJO	A3
					QAV_X_FRAME	
					PESO:	ESCALA:1:2
					HOJA 1 DE 1	