



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

*“El éxito no se logra sólo con cualidades especiales. Es sobre todo un trabajo de constancia, de método y de organización.”*

*J. P. Sergent*





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

***“INVESTIGACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO TIPO FIXED WING CAPAZ DE SEGUIR UNA TRAYECTORIA DE VUELO PREDEFINIDA PARA LA ADQUISICIÓN DE IMÁGENES”***

### **Autores:**

- Diego Gabriel Chano Tomarima
- Juan Andrés Garcés Albán

### **Directora:**

Ing. Andrea Córdova Cruzatty M. Sc.



# PROBLEMÁTICA

En el Ecuador hay pocas empresas que ofertan el servicio de reconocimiento geográfico y de vigilancia mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados, a la vez estas entidades son intermediarios de empresas internacionales; estas empresas por su fácil, rápido y menor costo de implementación utilizan un UAV multirotor limitándoles a realizar ciertas aplicaciones debido a su corto alcance y poca autonomía de vuelo. Para que una persona adquiriera un vehículo aéreo no tripulado tipo Fixed Wing es a través de la compra en el extranjero a un precio muy elevado. La Fuerza Aérea Ecuatoriana es la única entidad pública que se encuentra investigando el diseño y construcción de vehículos aéreos no tripulados, pero sus diseños son de costoso mantenimiento y difícil transporte impidiendo el rápido reconocimiento de una zona determinada.



# JUSTIFICACIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados están en la vanguardia tecnológica con respecto a aplicaciones de defensa ya que pueden cumplir con facilidad tareas que a los humanos les llevaría demasiado tiempo completar como por ejemplo patrullaje y vigilancia en la selva y en mar. Por ello es esencial generar esta tecnología dentro del país para evitar una dependencia tecnológica hacia países desarrollados. En nuestra sociedad no solo son necesarios en el ámbito de seguridad, si no que son especialmente útiles cuando ocurren desastres ya que pueden reconocer la magnitud de la destrucción ocasionada siendo primordial identificar las zonas críticas donde la ayuda es necesaria para la supervivencia de las personas.



# OBJETIVO GENERAL

Investigación, diseño y construcción de un vehículo aéreo no tripulado tipo Fixed Wing de corto alcance que sea portátil, liviano y capaz de seguir una trayectoria de vuelo predefinida para la adquisición de imágenes



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre vehículos aéreos no tripulados tipo Fixed Wing y los parámetros aerodinámicos, de control y electrónicos que intervienen en estos.
- Diseñar el prototipo de vehículo aéreo no tripulado tipo Fixed Wing y establecer los elementos de electrónica de vuelo.
- Construir el prototipo de vehículo aéreo no tripulado tipo Fixed Wing y configurar el sistema de piloto automático para que dirija el UAV por una trayectoria de vuelo determinada.
- Comprobar el funcionamiento del prototipo de vehículo aéreo no tripulado tipo Fixed Wing al seguir una trayectoria de vuelo predefinida y adquirir imágenes.
- Obtener conclusiones y recomendaciones de la funcionalidad del prototipo de vehículo aéreo no tripulado tipo Fixed Wing.

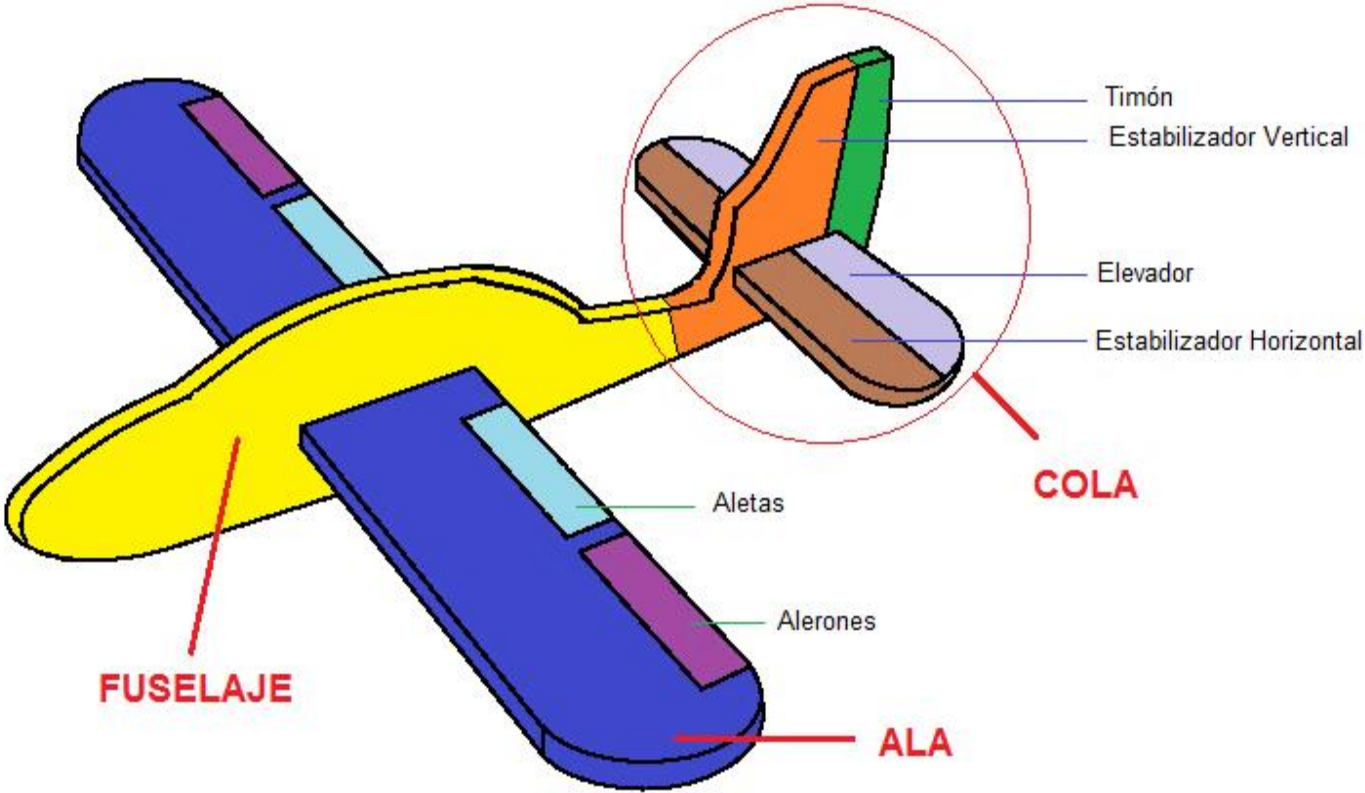


# HIPÓTESIS

¿El diseño y construcción de un prototipo de vehículo aéreo no tripulado tipo Fixed Wing permitirá mediante el seguimiento de una ruta de vuelo predefinida adquirir imágenes?

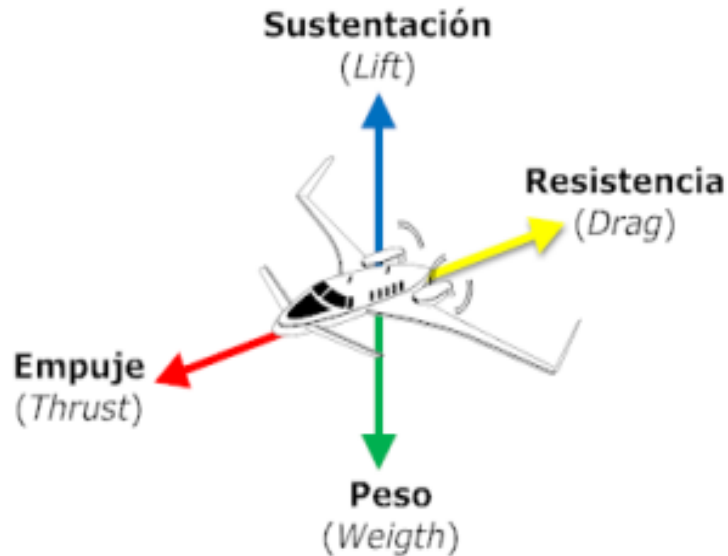


# PARTES DE UN UAV FIXED WING





# FUERZA DE VUELO



Sustentación: Fuerza que permite que algo se mueva hacia arriba.

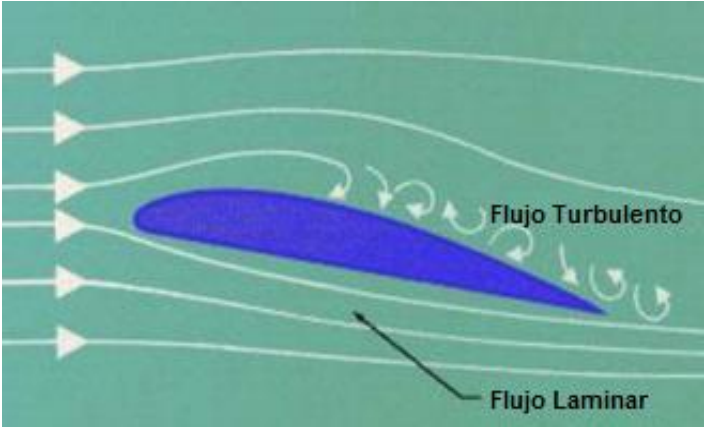
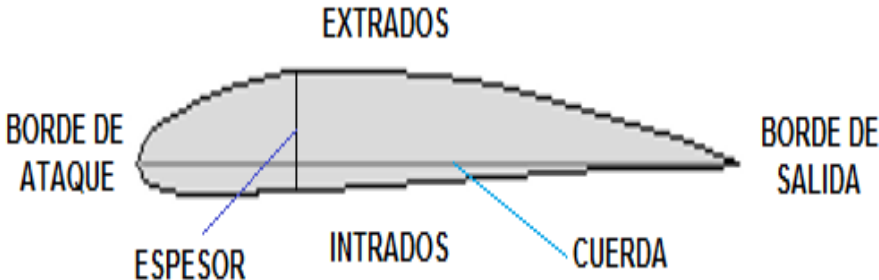
Peso: Fuerza descendente que un avión debe superar para volar.

Empuje: Fuerza mecánica generado por los motores de la aeronave o sistema de propulsión para moverlo a través del aire

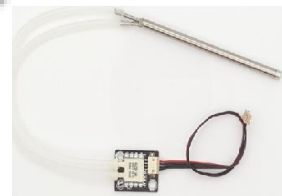
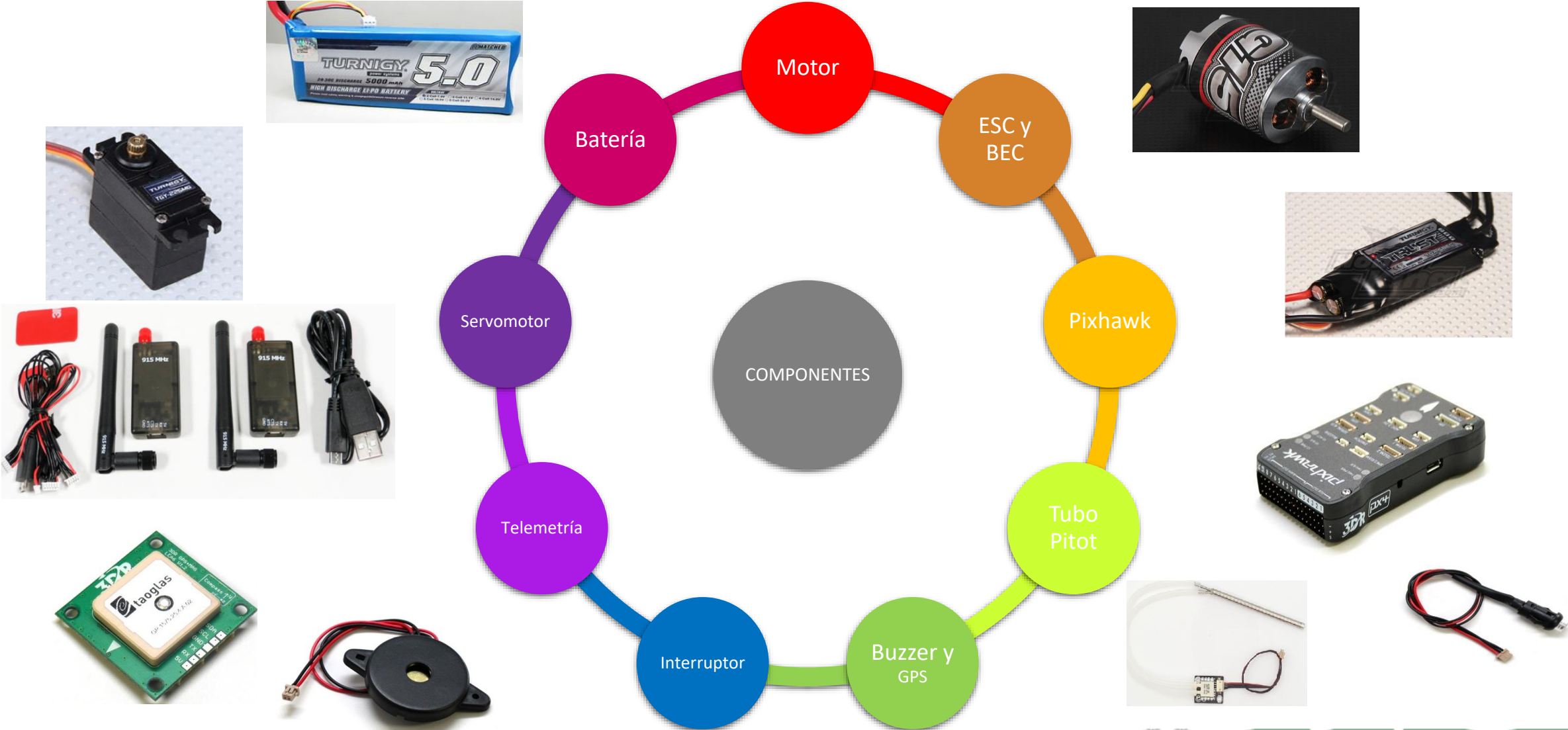
Resistencia: Fuerza aerodinámica que se opone al movimiento de un avión a través del aire



# PERFIL AERODINÁMICO



# Electrónica



# DISEÑO DEL ALA

## Parámetros del Diseño Alar

### Pesos del UAV

Peso componentes Electrónicos	650 g.
Peso del UAV	1800 g.
Carga Útil	350 g.



Peso Total  
2800 g.

### Perfil Aerodinámico

Temperatura Estándar	10 °C
Presión	1029 hPa
Velocidad	25 m/s
N. Reynolds	510 312



Perfil asimétrico  
Wortmann FX 63-120



# DISEÑO DEL ALA

## Comportamiento alar

Carga Alar	6 g/dm <sup>2</sup>
Superficie Alar	601600 mm <sup>2</sup>
Aspect Ratio	7



Envergadura  
2050 mm

## Forma del Ala

Ala central	Rectangular
Alas Laterales	Trapezoidales
Ángulo de Diedro	4.5°
Conicidad	1.61



700 mm

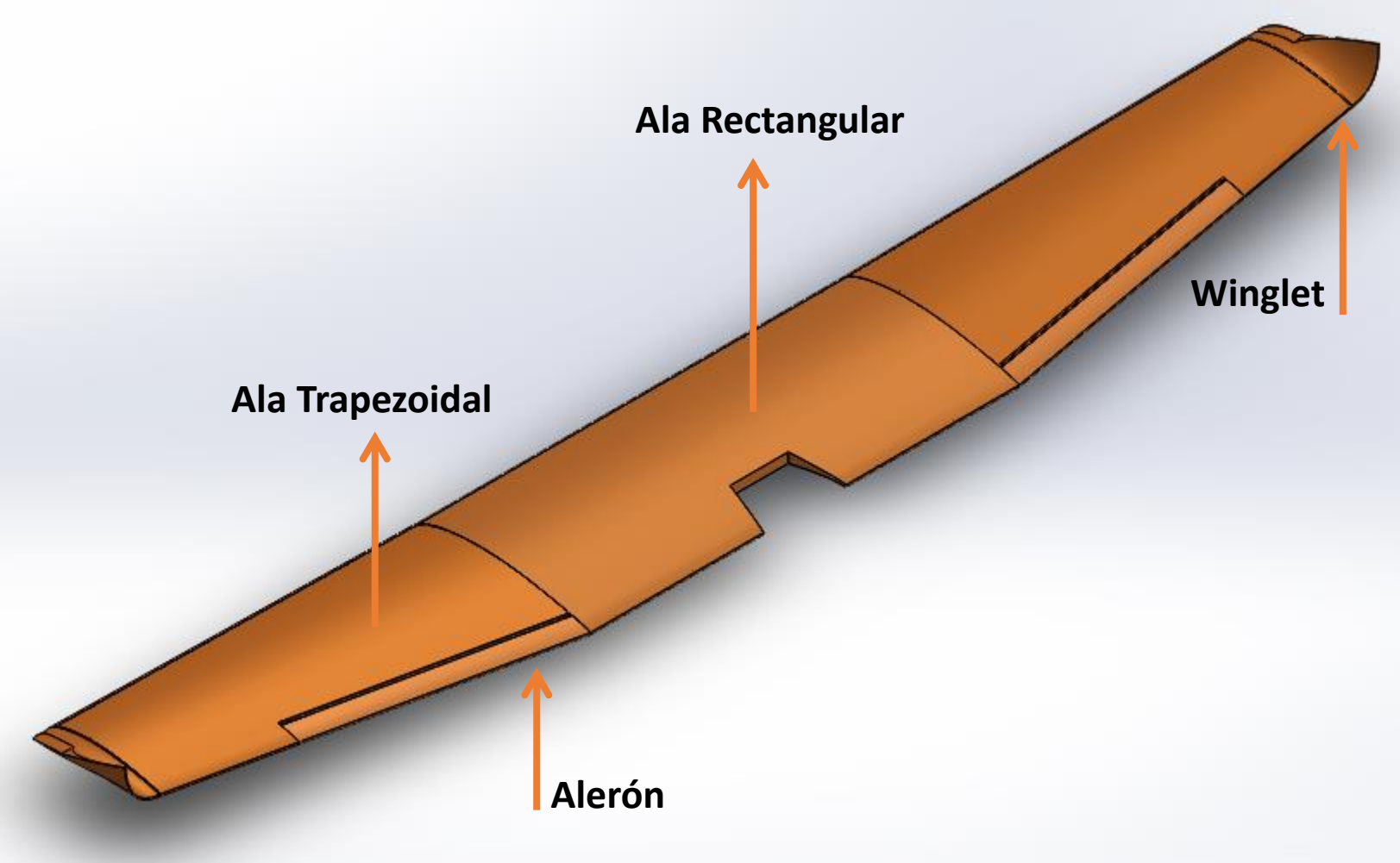


675 mm



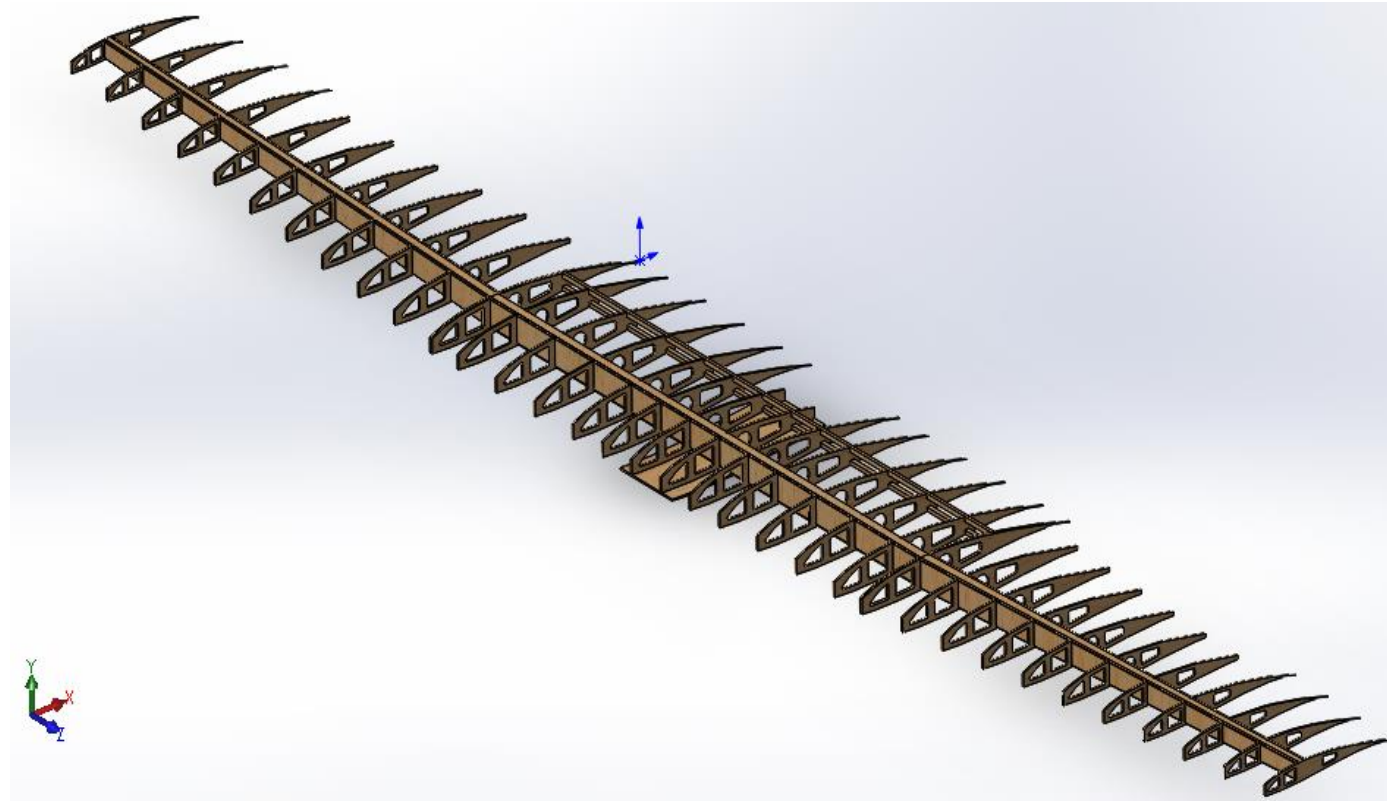
# DISEÑO DEL ALA

## Modelo del Ala



# DISEÑO DEL ALA

## Estructura Interna Alar

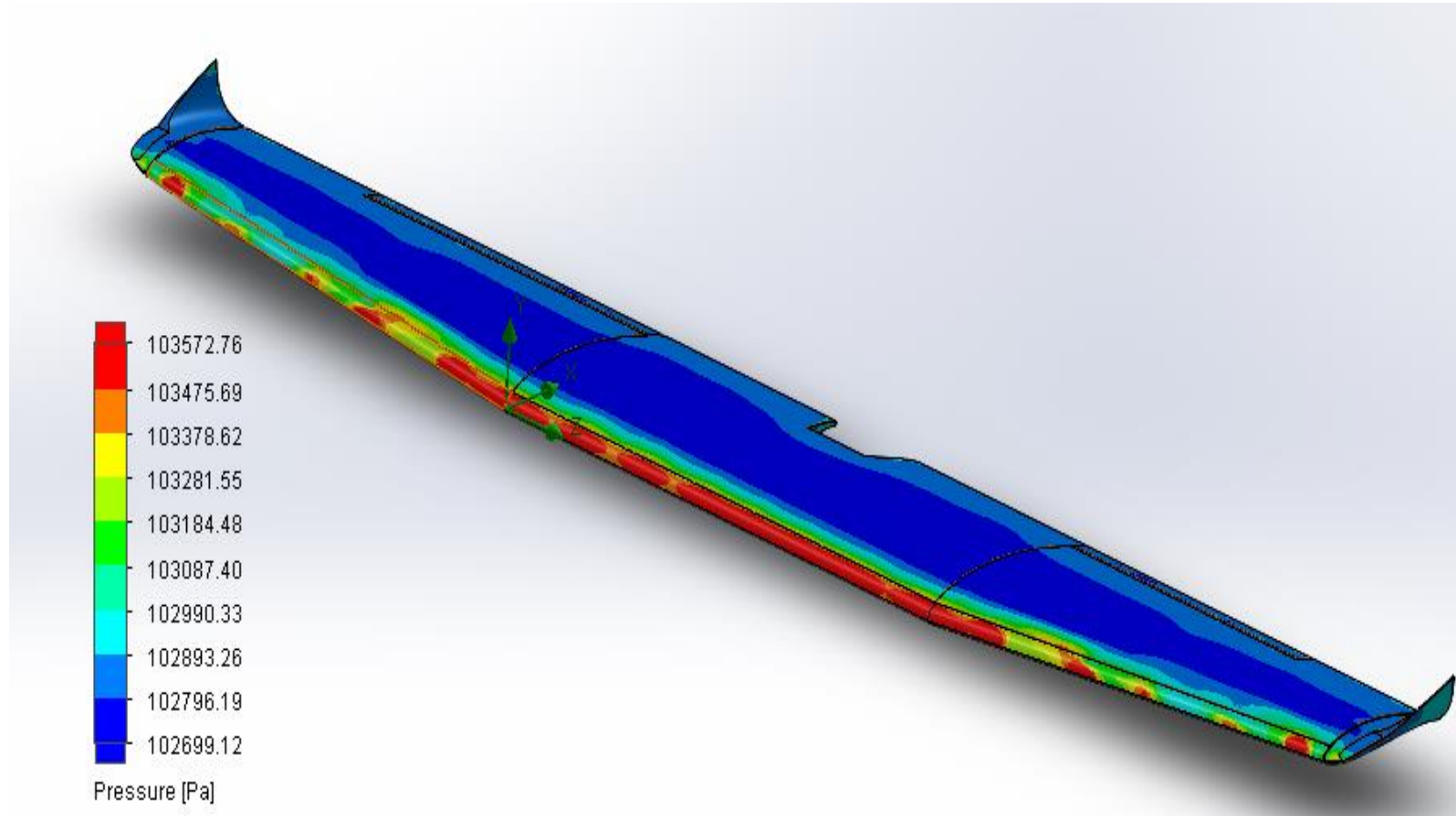


- Deflexión Max. 10 mm
- Factor de seguridad de 4.6



# DISEÑO DEL ALA

## Distribución de Presiones





# DISEÑO DEL ALA

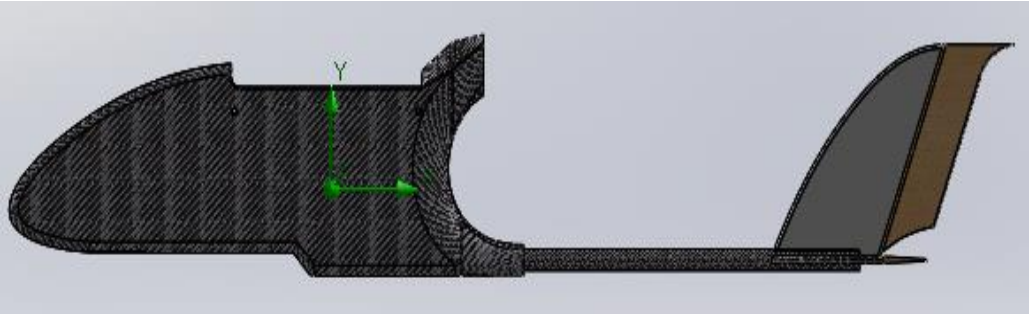
## Construcción del Ala



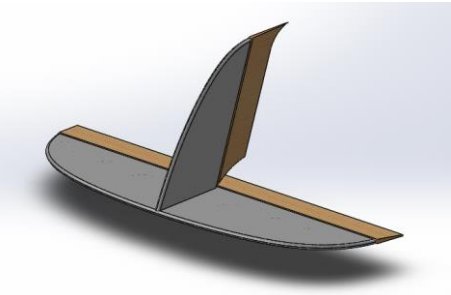
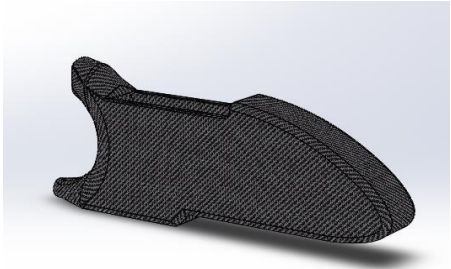
Madera de balsa



# DISEÑO DEL FUSELAJE

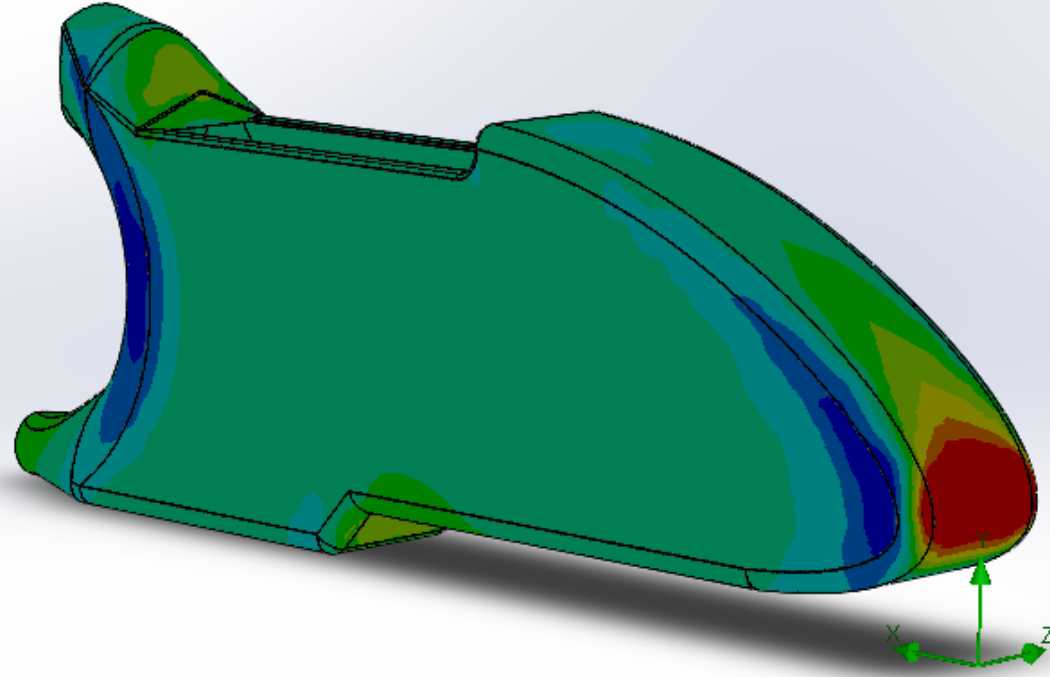
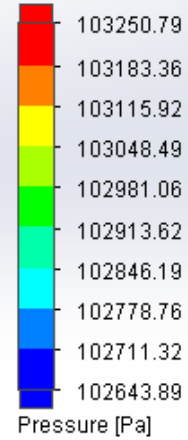


Longitud total= 1140 mm



# DISEÑO DE LA CABINA

## Distribución de Presiones



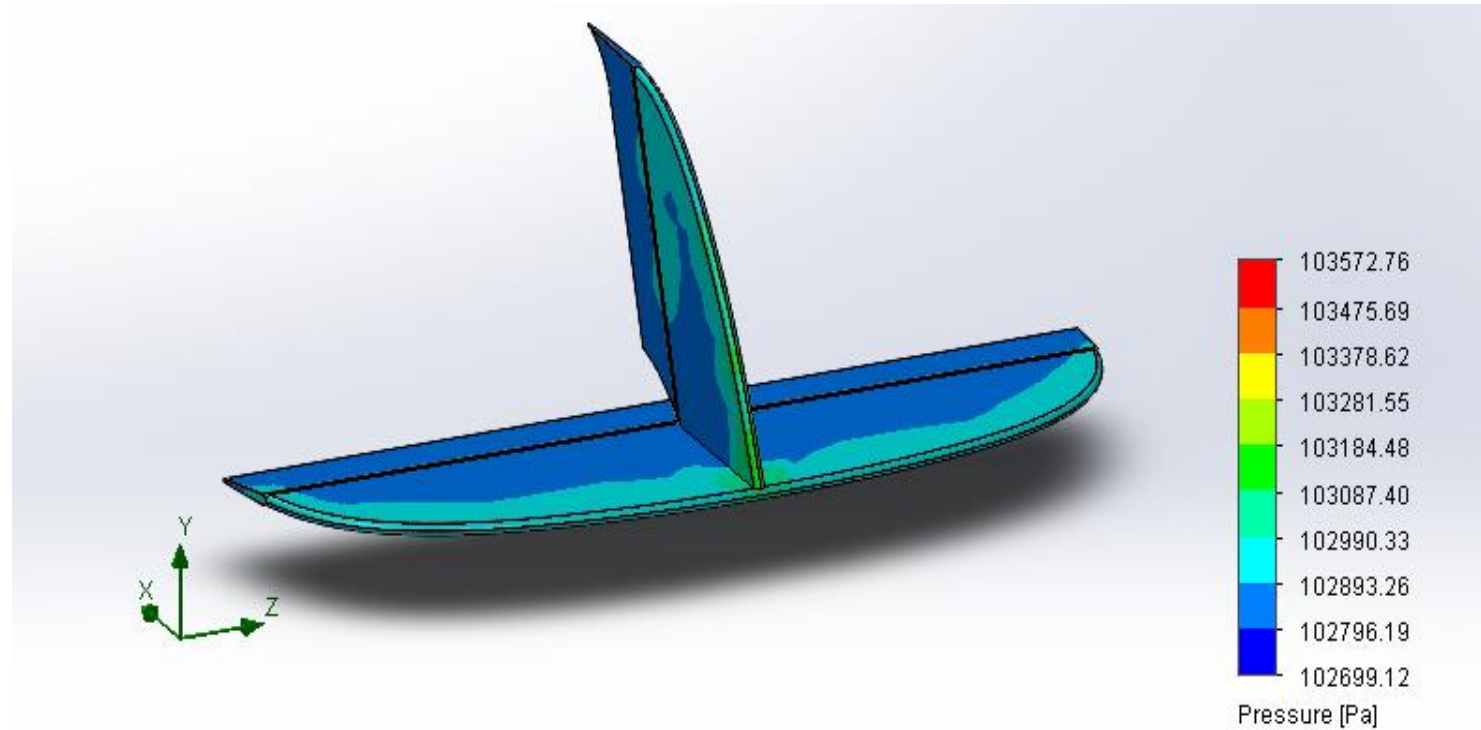
# DISEÑO DE LA CABINA

## Construcción de la cabina



# DISEÑO DE EMPENAJE

## Distribución de Presiones



# DISEÑO DE EMPENAJE

## Construcción Empenaje

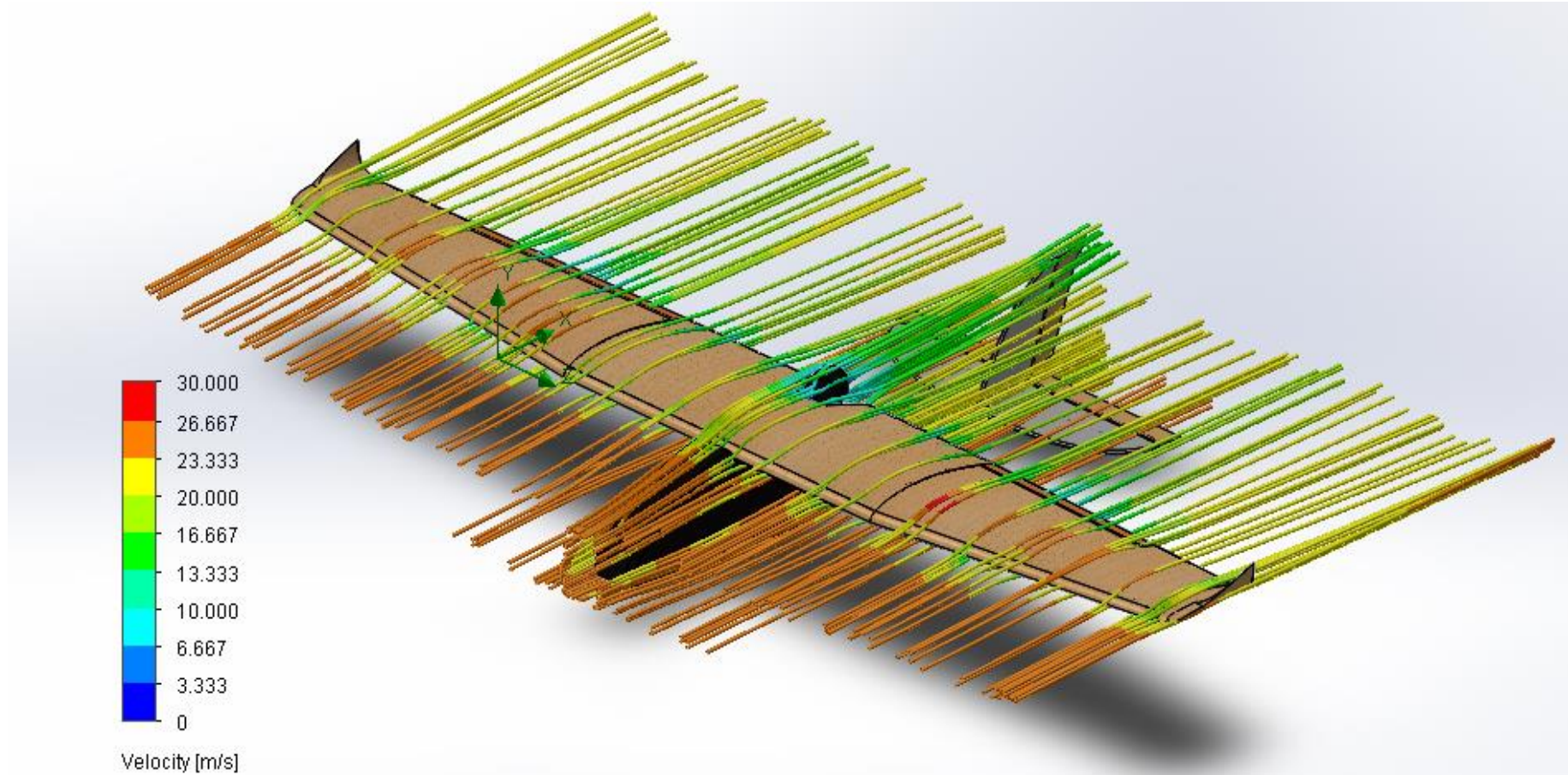


Madera de balsa y panales de fibra de vidrio



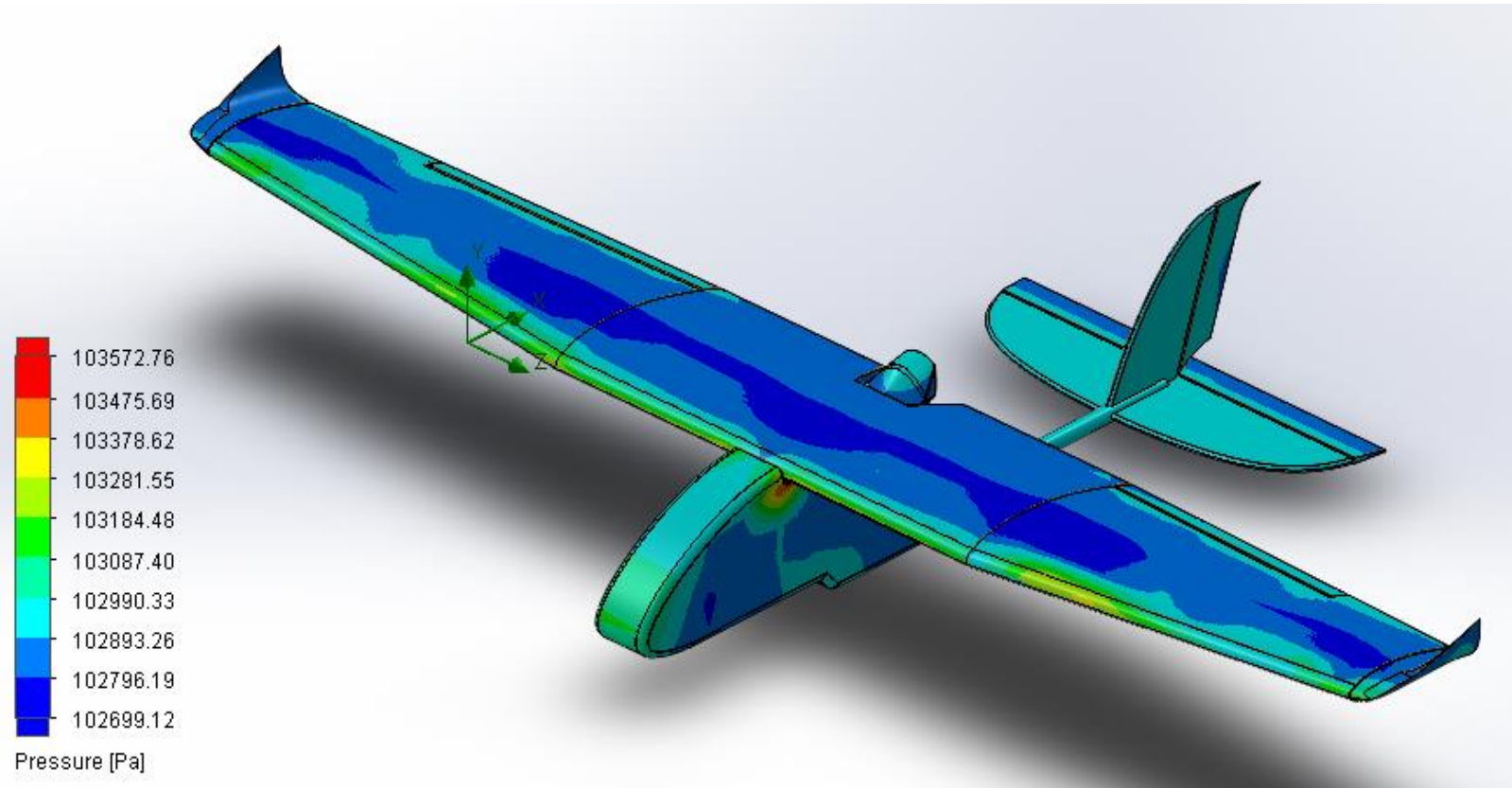
# DISEÑO DEL UAV

## Distribución del aire



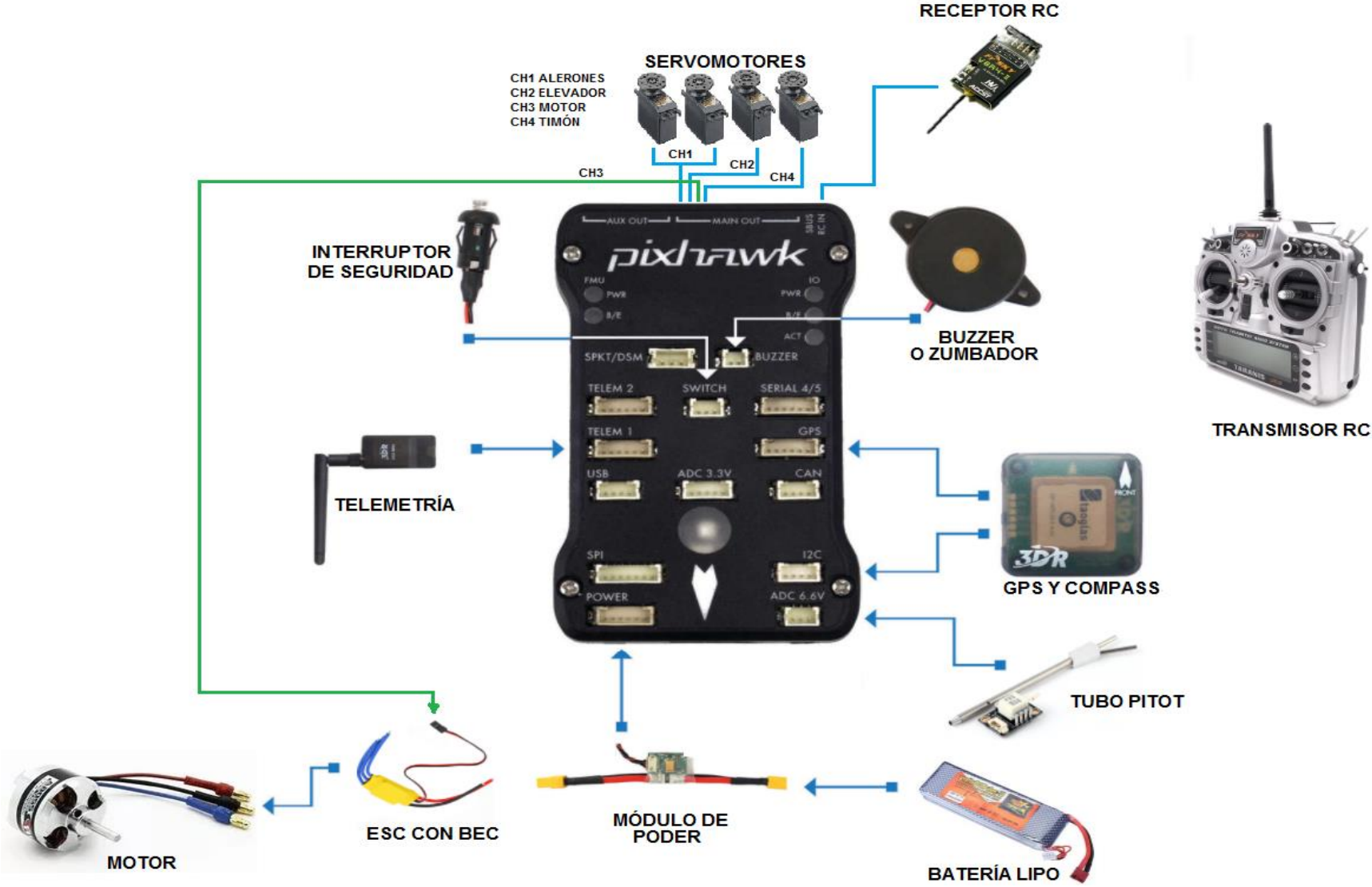
# DISEÑO DEL UAV

## Distribución de presiones





# Electrónica



# IMPLEMENTACIÓN



# PLAN DE VUELO



# CONCLUSIONES

- Un ángulo de ataque del ala de 2 grados es adecuado para el prototipo debido a que ángulos mayores a 5 grados (a pesar de tener un mayor coeficiente de sustentación) generan inestabilidad en pitch provocando que el avión presente una elevación positiva en pitch constantemente.
- Es necesario encontrar un valor de AR que otorgue equilibrio en el peso y dimensión del ala. Un valor de aspect ratio de 7 considerado en el diseño del prototipo ha permitido obtener un ala liviana de 850 gramos la cual es segura estructuralmente y posee un factor de seguridad 4.6. Además, el ser liviana conlleva a que se pueda lanzar el UAV de forma manual a 10 grados evitando ángulos mayores ya que en ellos se presenta una disminución en el coeficiente de sustentación.
- Después de realizar la configuración en AUTOTUNE se pudo apreciar una leve inestabilidad por parte del UAV por lo cual se procedió a aumentar la ganancia en D lo cual mejoró la respuesta en roll y pitch logrando que el UAV no sea afectado en gran medida por ráfagas de aire y turbulencia.



# CONCLUSIONES

- Las condiciones climáticas durante el día son muy variables debido a ello las pruebas de vuelo para la adquisición de imágenes se realizaron en la mañana y en la tarde, a partir de las 6 am y 5 pm respectivamente, ya que a esas horas la temperatura no es muy variable y por lo tanto existe pocas ráfagas de aire permitiendo trimar al avión de forma adecuada.
- En la adquisición de imágenes, para compensar la vibración del UAV y la calidad del sensor de la cámara se optó por volar a bajas velocidades. El UAV se diseñó para volar a una velocidad no superior a los 25 m/s logrando adquirir imágenes con calidad media, además esta velocidad permitió que el UAV se comporte de forma estable ya que a bajas velocidades el controlador es más preciso al controlar el movimiento del avión



# RECOMENDACIONES

- Es importante realizar una serie de pasos para diseñar y construir un UAV y para ello se debe tener en cuenta la aplicación que se le va a dar al UAV y en donde se lo va a volar ya que todos los UAV no son iguales.
- Para realizar la conexión de los accesorios de Pixhawk se debe tener en cuenta el diagrama de conexión y las fichas de datos los componentes ya que son muy sensibles y se pueden dañar.
- Para el despegue del prototipo UAV tipo Fixed Wing se debe tener en cuenta la dirección del viento, y las condiciones climáticas, es así que su lanzamiento se lo debe realizar en contra del viento para generar una fuerza de sustentación necesaria y no en condiciones lluviosas, ni con vientos excesivos, cabe recalcar que estos factores son tomados en cuenta también en los aviones civiles.



# RECOMENDACIONES

- Antes de cada vuelo se debe realizar una inspección de todas las partes que integran el UVA, este es un procedimiento de seguridad que permite verificar el correcto funcionamiento de sus elementos y de esta forma se evita que se presenten fallas en pleno vuelo lo cual conllevaría a que el UAV se desplome.
- Para realizar la sintonización del UAV en vuelo se aconseja una altitud de 70 metros. A esta altura se pudo observar nítidamente el UAV parámetro necesario para reaccionar y corregirlo rápidamente en caso que este muestre comportamiento inestable en vuelo.
- A pesar que la madera de balsa es muy liviana, se aconseja utilizar fibra de carbono en la elaboración del ala esto representaría una disminución en el peso y el ala sería más resistente ante impactos.

