



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEFENSA DE TESIS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CONSTRUCCIÓN DE UN ALA EN FIBRA DE
CARBONO DE LA AERONAVE CESSNA C-150 A
ESCALA 1:6 PARA LOS ESTUDIANTES DE LA
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

2014

POR: MIGUEL CARRILLO

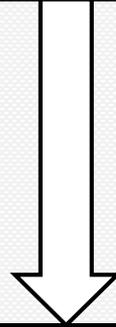


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



EL PROBLEMA



El problema que presenta la Unidad de Gestión de Tecnologías está relacionado con la falta de equipos construidos a partir de materiales compuestos en el laboratorio de la sección de estructuras, lo que ha ocasionado la desmotivación y el desinterés en los estudiantes

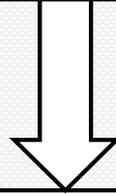


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEFINICIÓN DEL TEMA



El tema comprende el desarrollo de un proyecto con consideraciones de diseño para la construcción, como también la factibilidad técnica, operacional y económica; para poder determinar si es posible construir un ala en fibra de carbono de bajo peso y alta resistencia para uso en los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

Construir un ala en fibra de carbono tomando como referencia las dimensiones y medidas de la Aeronave Cessna C-150 reducida a escala 1:6 para uso de los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Aviones de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la UFA-ESPE.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información de la Investigación de Campo.
- Analizar los datos obtenidos e interpretar los resultados.
- Construir un prototipo de ala en fibra de carbono.
- Comprobar la sustentación y realizar pruebas de resistencia estructural.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



AERONAVE CESSNA C-150

Partes y componentes
de la Aeronave Cessna
C-150

Fuselaje

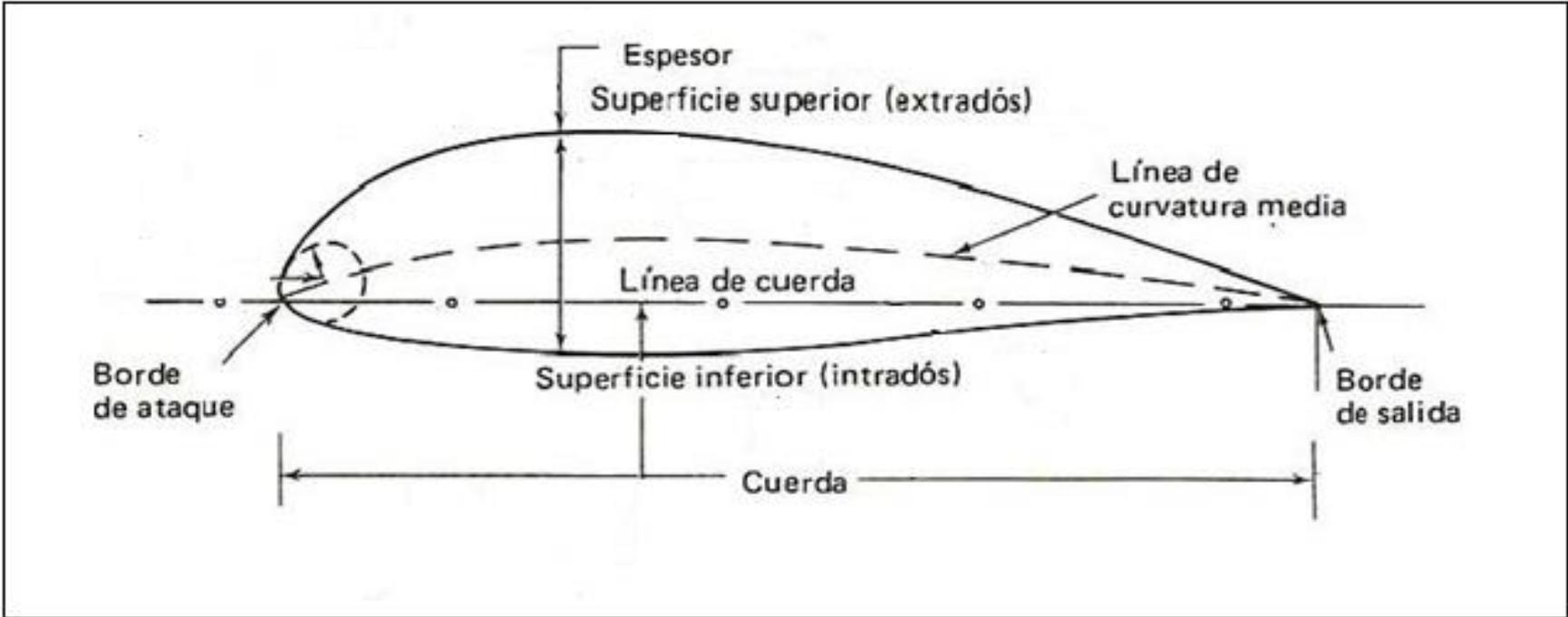


Empenaje

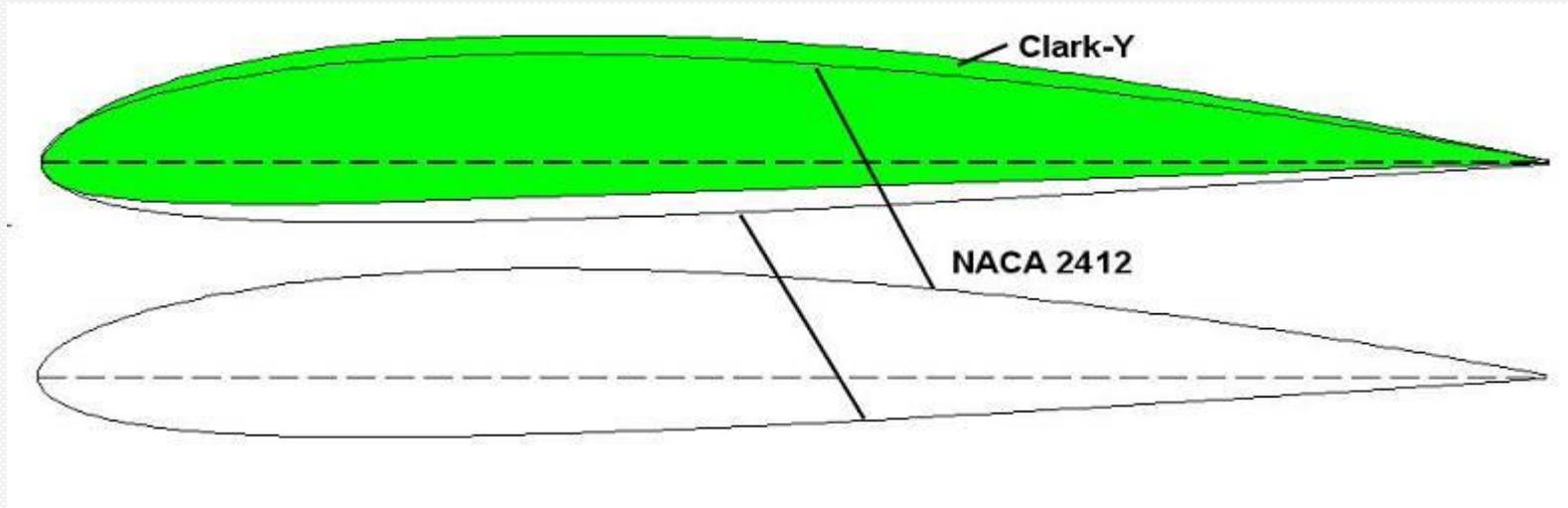
Tren de aterrizaje

ALAS

Perfil Aerodinámico del ala



Perfil Aerodinámico de la Cessna C-150

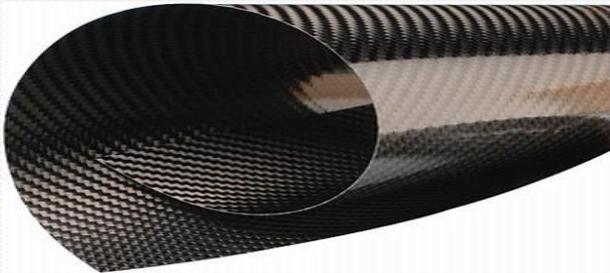


El perfil NACA 2412 se detalla de la siguiente manera:

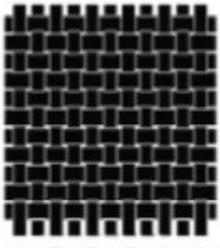
- El grosor o perfil simétrico 0012 - se muestra en el clark-Y.
- Máxima curvatura del 2% al 40%.
- Máximo espesor del 12% al 30% de la cuerda
- La cuerda se encuentra en líneas entrecortadas

FIBRA DE CARBONO

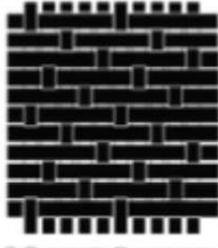
CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS SEGÚN SU ORIENTACIÓN



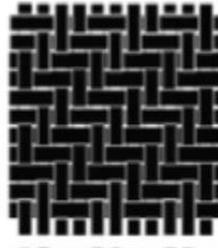
tejido simple



tejido satinado



tejido cruzado



TIPOS Y CLASES

EQUILIBRIO
ENTRE CAPAS

VENTAJAS

- Elevada resistencia y rigidez
- Alta resistencia a la vibración
- Buen comportamiento a la fatiga
- Buena conductividad térmica
- Buena conductividad eléctrica
- Bajo coeficiente de dilatación térmica
- Resistencia a altas temperaturas
- Elevada resistencia química a ácidos y disolventes
- No se ven afectados por el agua de mar

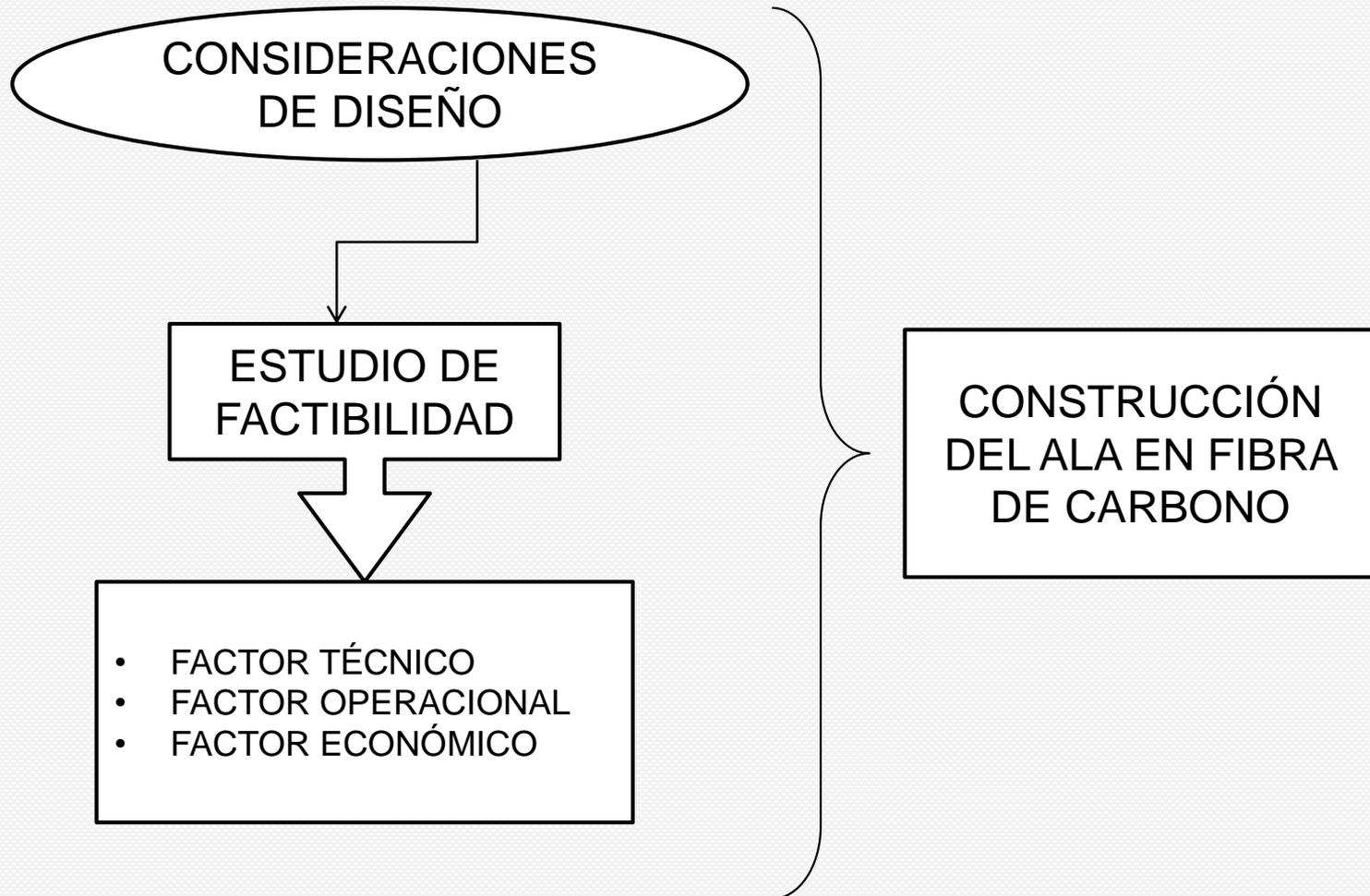


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO



Medidas y dimensiones

MEDICIÓN

- Medida
- Dimensión
- Escala

TIPOS DE ESCALAS

- Escala natural
- Escala de reducción
- Escala de ampliación
- Escala unidad por unidad
- Escala gráfica
- **Escala de aeromodelismo (maqueta)**

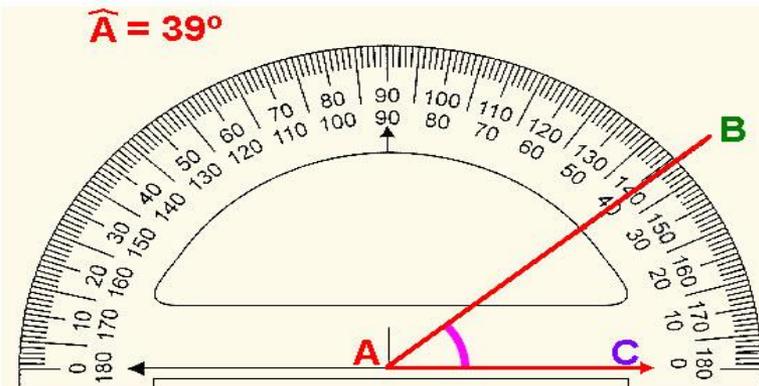
- Sin dimensión

Una dimensión

Dos dimensiones

Tres dimensiones

Tiempo
¿La cuarta dimensión?





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

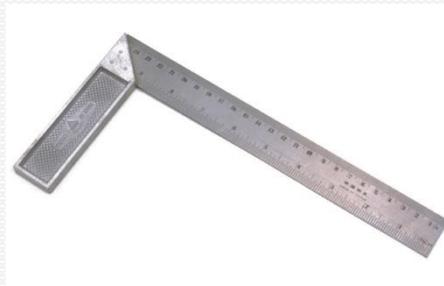


ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

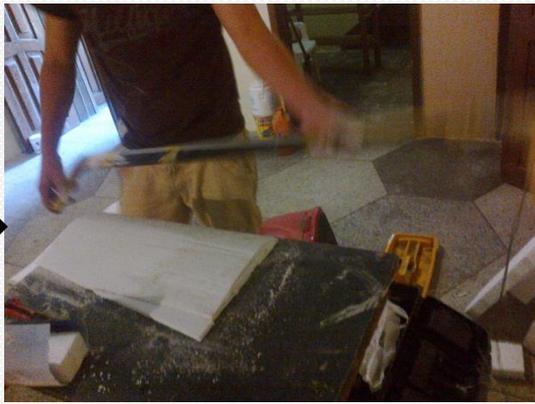


1era. ETAPA

CONSTRUCCIÓN DEL NÚCLEO
MATERIALES Y HERRAMIENTAS



CONSTRUCCIÓN DEL NÚCLEO



Pruebas de Comprobación en Tierra



PRUEBA	RESULTADO
A $\frac{3}{4}$ del perfil en ambos extremos de ala	Inclinación cero, sin inclinación
Cuerda colocada en el centro de ala	Inclinación cero, sin inclinación
Motor encendido a alta potencia	Inclinación cero, sin inclinación
Tiras de papel levantadas a partir de la mitad de ala	Parte central: tira levantada Partes laterales: 3 derecha-3 izquierda
Motor encendido a baja potencia	Inclinación cero, sin inclinación

Pruebas de Comprobación en Vuelo



ETAPA	CARACTERÍSTICAS	CONDICIÓN
Despegue	Despegue a potencia moderada sin dificultad	√
Vuelo	Alabeo izquierda – derecha y vuelo nivelado	√
Aterrizaje	Aterrizaje a baja potencia sin dificultad	√

ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO



2era. ETAPA

FORRADO EXTERIOR
MATERIALES Y HERRAMIENTAS



EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL



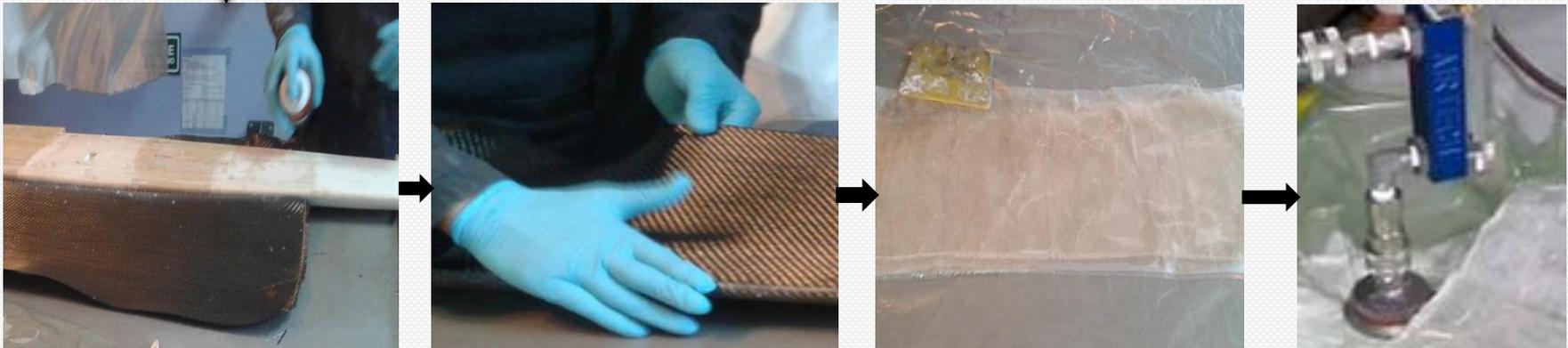
**E.P.P. PARA TRABAJAR
CON FIBRA DE CARBONO**



FORRADO EXTERIOR



2era. ETAPA
FORRADO DE FIBRA DE CARBONO



ALA TERMINADA



**COLOCACIÓN DE ELEMENTOS
ADICIONALES EN EL ALA CONSTRUIDA
EN FIBRA DE CARBONO**



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



Prueba de sustentación del ala construida en fibra de carbono



ETAPA	CARACTERÍSTICAS	CONDICIÓN
Despegue	Despegue a potencia moderada sin dificultad	√
Vuelo	Alabeo izquierda – derecha y vuelo nivelado	√
Aterrizaje	Aterrizaje a baja potencia sin dificultad	√



Pesos totales de los materiales en el ala

Nº	DETALLE	PESO TOTAL	OBSERVACIÓN
1	Peso del Poliestireno EPS	1,78 N	Ninguna
2	Peso de la madera balsa	3,56 N	Balsa de diferente espesor
3	Peso del pegamento	2,22 N	En toda la superficie
4	Peso de los servos	0,89 N	Dos servos
5	Peso del Núcleo del ala	8,45 N	Solo peso del ala
6	Peso de la fibra de carbono/resina	4,29 N	Mezcla de resina/endurecedor
7	Peso total del ala	12,74 N	Ninguna
8	Peso del avión	19,11 N	Solo peso del avión
9	Peso del avión con el ala	31,85 N	Peso distribuido
10	Peso del objeto a colocar	41,65 N	Peso unitario

Resistencia estructural del ala construida en fibra de carbono

DETALLE	PESO APLICADO	CONDICIÓN	OBSERVACIONES
Peso del ala	Ninguno	√	Peso neto: 12,74 N
Primer peso aplicado al extremo derecho	41,65 N	√	1(41,65) N Aprobado sin novedad
Segundo peso aplicado al extremo izquierdo.	83,3 N	√	2(41,65) N Aprobado sin novedad
Tercer peso aplicado a 30,3 cm del centro a la derecha	124,95 N	√	3(41,65) N Aprobado sin novedad
Cuarto peso aplicado a 30,3 cm del centro a la izquierda.	166,6 N	√	4(41,65) N Deflexión de 0,6 cm





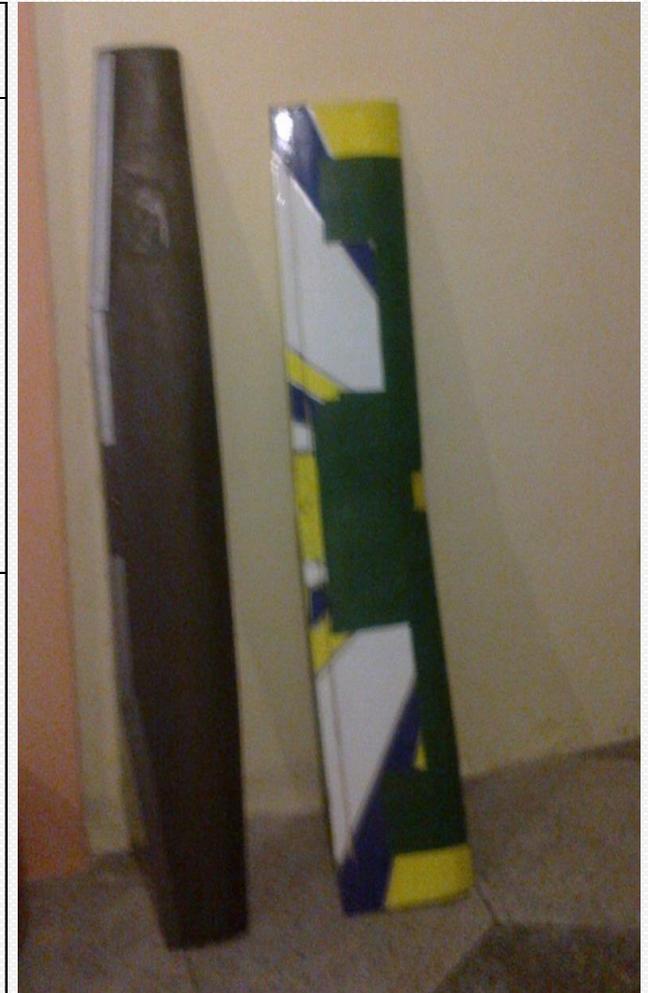
Cargas principales en el ala

DETALLE	CARGA APLICADA	CONDICIÓN	OBSERVACIONES
Carga Permanente	31,07 N/m ²	√	Carga =Peso ala/Área
Carga Distribuida	335,82 N/m ²	√	Aprobado sin novedad
Carga Distribuida con deflexión máxima	437,41 N/m ²	√	Aprobado con deflexión de 0,6 cm
Límite de Sobrecarga	437,41N/m ²	❖	Deflexión extrema

MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Análisis Comparativo de Resistencia Estructural

ALA	CARACTERÍSTICAS	RESISTENCIA ESTRUCTURAL
Fibra de carbono	<p>Componentes: poliestireno expandido, madera balsa, pegamento, fibra de carbono/resina,</p> <p>Tamaño: envergadura 1,61 m Ancho de ala 0,26 m Área de ala: 0,41 m² Peso: 12,74 N Tipo de ala: Ala trapezoidal Perfil aerodinámico: NACA 2412</p>	<p>W_{máx}=166,6 N (excluido el peso neto del ala) C_{máx} = 437,41 N/m² Deflexión de 0,6 cm</p>
Convencional	<p>Componentes: poliestireno expandido reforzado con balsa, pegamento y papel forrante</p> <p>Tamaño: envergadura 1, 50 m Ancho de ala: 0,33 m Área de ala: 0,49 m² Peso: 12,44 N Tipo de ala: Ala plana Perfil aerodinámico: Convexo</p>	<p>W_{máx}= 20,8 N (excluido el peso neto del ala) C_{máx}= 42,44 N/m² Deflexión de 2 cm</p>



Análisis comparativo de materiales

FIBRA DE CARBONO	ALEACIÓN DE ALUMINIO 2024 – T3
<p>Propiedades</p> 	<p>Propiedades</p> 
<ul style="list-style-type: none">• Elevada resistencia y rigidez• Alta resistencia a la vibración• Buen comportamiento a la fatiga• Buena conductividad térmica• Buena conductividad eléctrica• Bajo coeficiente de dilatación térmica• Resistencia a altas temperaturas• Elevada resistencia química a ácidos y disolventes.• No se ven afectados por el agua de mar• Duración prolongada	<ul style="list-style-type: none">• Adecuada resistencia• Baja densidad• Fácil de trabajar y reparar• Peso reducido en comparación al acero• En su composición destaca la presencia del Cu (Cobre) que le proporciona dureza.• Excelente comportamiento en el acabado superficial.• Difícil soldabilidad• Susceptible a la corrosión y envejecimiento• Uso limitado por temperatura



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



CONCLUSIONES

La investigación de campo realizada a técnicos en mantenimiento sección estructuras de aeronaves se hizo necesaria para poder establecer las consideraciones de diseño, la factibilidad y los parámetros de construcción del ala en fibra de carbono.

El análisis de datos y la interpretación de resultados que se obtuvo durante la investigación de campo permitieron tener una idea acertada en la elección, cantidad, uso y aplicación tanto de materiales, herramientas, equipos y accesorios empleados en la construcción del proyecto.



CONCLUSIONES

La construcción del prototipo de ala en fibra de carbono fue desarrollada de manera secuencial partiendo desde el análisis de medidas y dimensiones a escala de maqueta, utilizando poliestireno expandido (espuma flex) y balsa como materiales para obtener un núcleo ligero, resistente y flexible, finalizando con la aplicación del componente principal la fibra de carbono para darle alta resistencia estructural sin exceder en su peso.

Las pruebas sustentación aportan al funcionamiento del ala para que pueda ser utilizada en cualquier aeronave de aeromodelismo que comparta características similares de vuelo, mientras que; la resistencia estructural, el análisis comparativo alar y el análisis comparativo de materiales, permiten establecer las ventajas y beneficios que se obtiene al utilizar la fibra de carbono junto con otros materiales en el ala.



RECOMENDACIONES

Es importante que los laboratorios de Mecánica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la UFA-ESPE cuenten con partes de aeronaves construidas a partir de materiales compuestos para mejorar el aprendizaje tanto de docentes como estudiantes.

La fibra de carbono es un material que está siendo utilizado hoy en día en las aeronaves, como tecnólogos de aviación debemos conocer principalmente su uso y modo de aplicación, por lo que sería necesario que la UGT cuente con el apoyo de las autoridades y de la sección de Logística para iniciar con la implementación de este tipo de fibra.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



RECOMENDACIONES

Cuando se vaya a realizar demostraciones de sustentación en una aeronave de aeromodelismo utilizar únicamente el tipo de aeronave que comparta características similares, a su vez cuando se realicen pruebas de resistencia estructural del ala colocar únicamente las cargas establecidas para evitar cualquier tipo de rotura o daño.

Al momento de realizar prácticas específicamente con materiales compuestos, es bien importante usar de manera adecuada los equipos de protección personal teniendo en cuenta que este tipo de fibras puede causar graves enfermedades como cáncer, esterilidad etc.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



PREGUNTAS