

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica mención Aviones

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Tecnóloga en Mecánica Aeronáutica mención Aviones

TEMA: “Reparación de los carenados de las ruedas en materiales compuestos, en referencia al manual de reparaciones estructurales e información técnica aplicable a la aeronave Cessna 150M, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Sede Latacunga”

AUTOR: Quiroz Culqui, Carmen Cecilia

DIRECTOR: Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

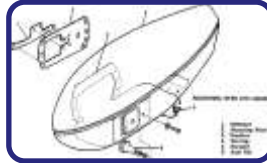
LATACUNGA

2022

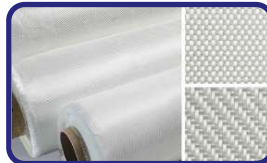




Introducción



Objetivos



Generalidades



Desarrollo del tema



Conclusiones





Introducción



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Aeronave Cessna 150M



**Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Sede
Latacunga**

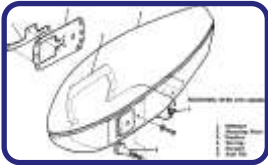


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Carenados de las ruedas

Se ha visto la necesidad de realizar la reparación de los carenados de las ruedas del tren de aterrizaje de la aeronave. Es necesario, ya que dichos carenados evitarán el deterioro constante de las ruedas y sus diferentes componentes, además se podrá ejemplificar de manera adecuada la forma aerodinámica que deben tener los carenados para disminuir la resistencia aerodinámica producto de la interferencia que genera el tren de aterrizaje en vuelo de las aeronaves Cessna 150M que actualmente se encuentran operativas.





Objetivos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivo general

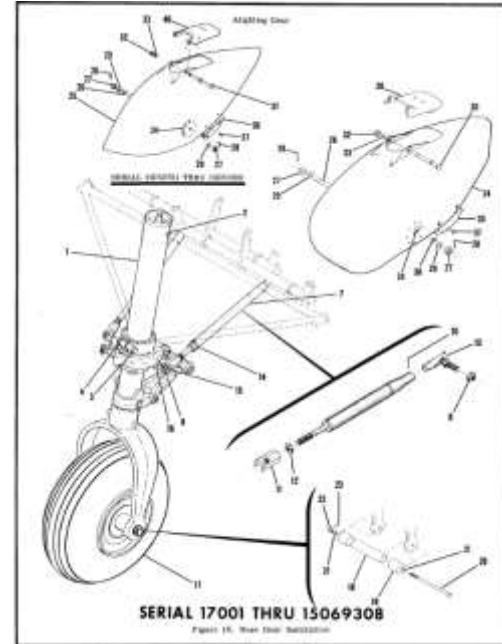
Reparar los carenados de las ruedas en materiales compuestos, en referencia al manual de reparaciones estructurales e información técnica aplicable a la aeronave Cessna 150M, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Sede Latacunga.



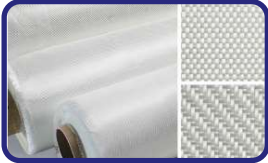
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica necesaria para llevar a cabo los procedimientos de reparación en materiales compuestos.
- Detectar y evaluar el estado de los carenados de las ruedas, previo a la reparación de los mismos.
- Implementar un área de trabajo adecuada para la realización de reparaciones estructurales en materiales compuestos.
- Realizar la reparación estructural de los carenados de las ruedas, en base a los procedimientos indicados en la documentación técnica disponible.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

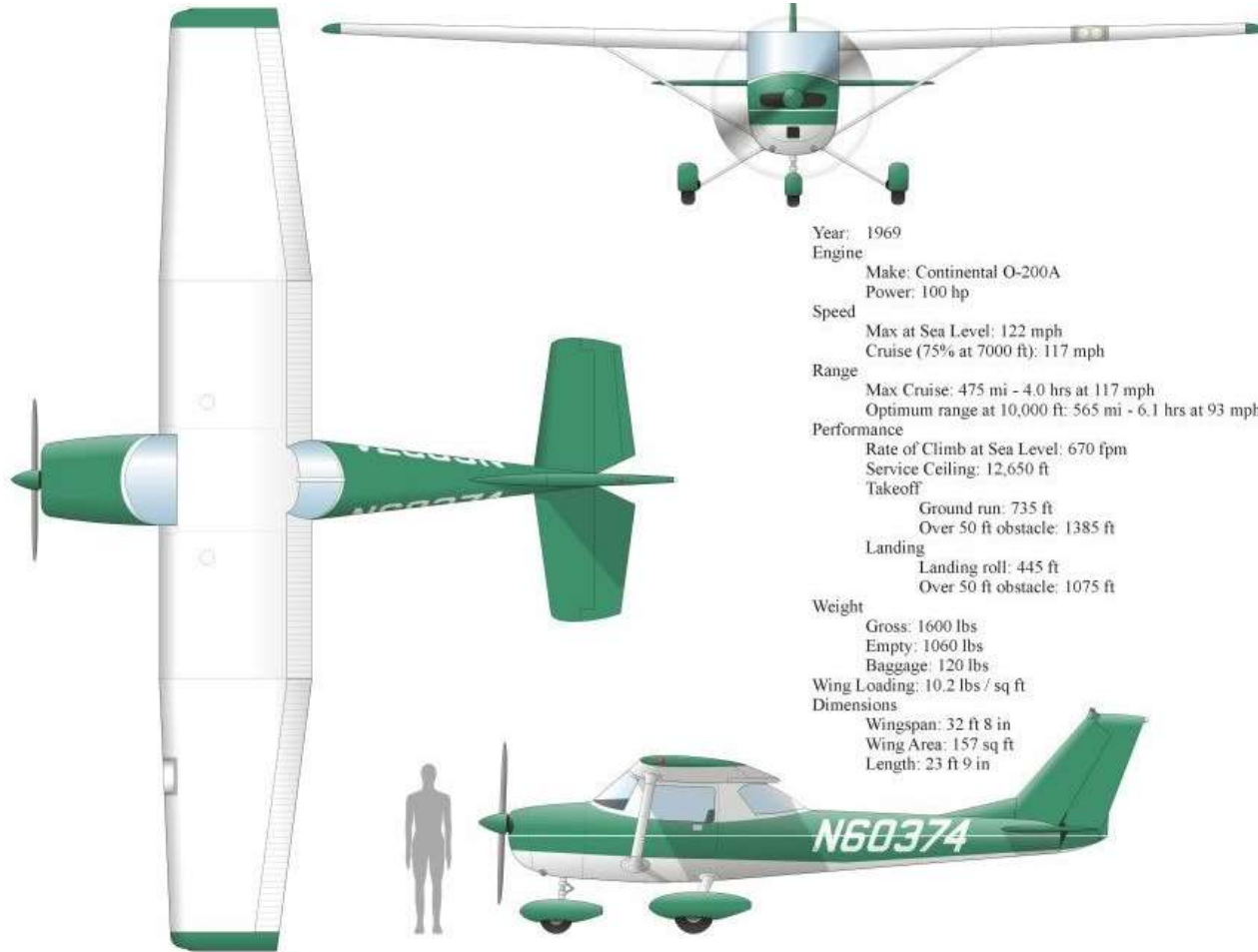


Generalidades



Aeronave Cessna 150M

El Cessna 150 es un avión triciclo de aviación general de dos asientos, es el quinto avión civil más fabricado de la historia.



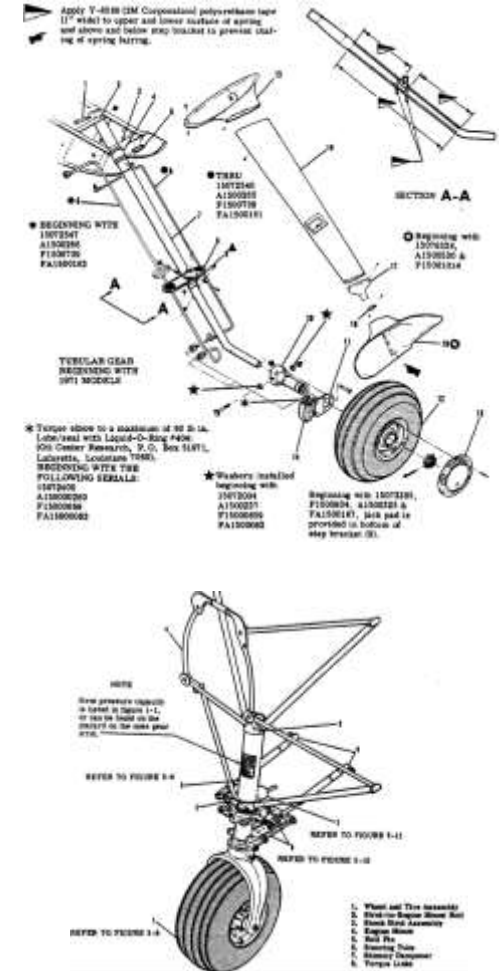
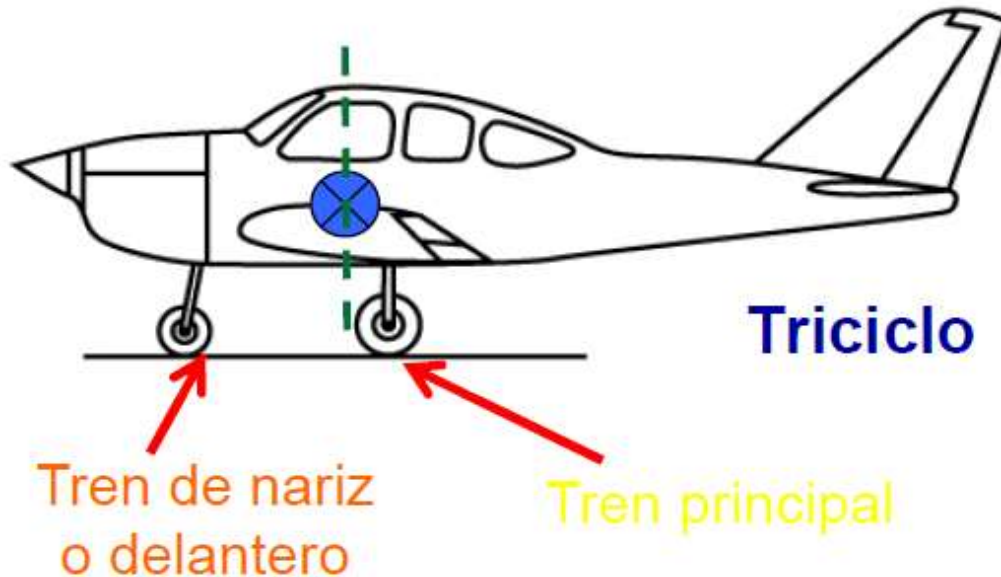
Year: 1969
Engine
Make: Continental O-200A
Power: 100 hp
Speed
Max at Sea Level: 122 mph
Cruise (75% at 7000 ft): 117 mph
Range
Max Cruise: 475 mi - 4.0 hrs at 117 mph
Optimum range at 10,000 ft: 565 mi - 6.1 hrs at 93 mph
Performance
Rate of Climb at Sea Level: 670 fpm
Service Ceiling: 12,650 ft
Takeoff
Ground run: 735 ft
Over 50 ft obstacle: 1385 ft
Landing
Landing roll: 445 ft
Over 50 ft obstacle: 1075 ft
Weight
Gross: 1600 lbs
Empty: 1060 lbs
Baggage: 120 lbs
Wing Loading: 10.2 lbs / sq ft
Dimensions
Wingspan: 32 ft 8 in
Wing Area: 157 sq ft
Length: 23 ft 9 in



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sistema del tren de aterrizaje

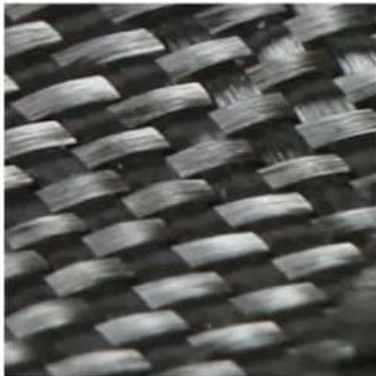
El tren de aterrizaje de la aeronave Cessna 150M es del tipo triciclo y fijo.



Materiales compuestos

Un material compuesto, es un sistema material que consiste en dos o más fases en una escala macroscópica, cuyo desempeño y propiedades mecánicas están diseñadas para superar a las de los constituyentes por separado. Se tiene una fase más rígida y resistente denominada REFUERZO (fibras), y una fase menos rígida y resistente denominada MATRIZ (resina) que se encarga de contener los refuerzos, protegerlos de daños químicos y mecánicos, además distribuye las cargas para equilibrar el conjunto.

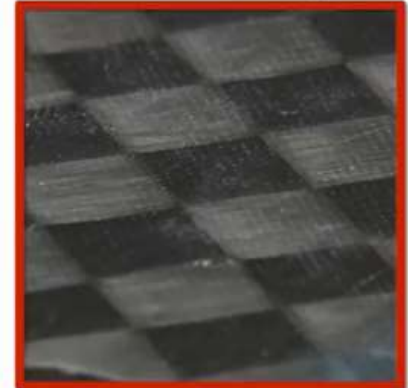
Carbon fiber



Epoxy



Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP)

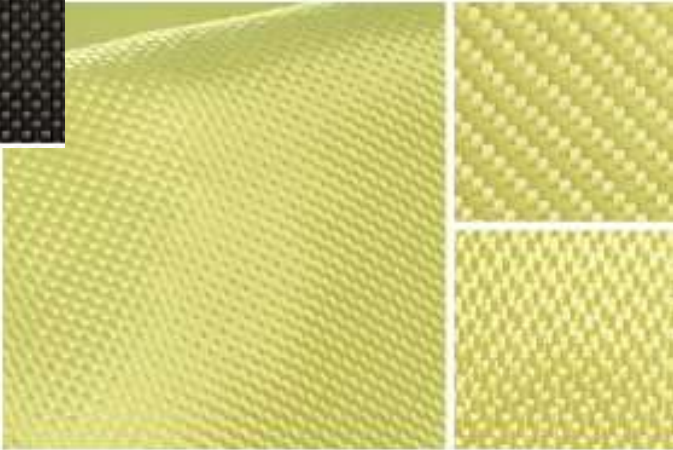
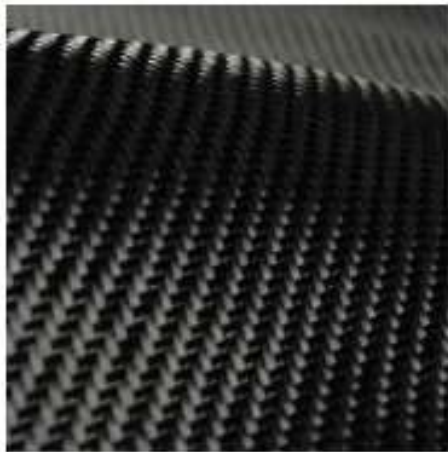


Matrices



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

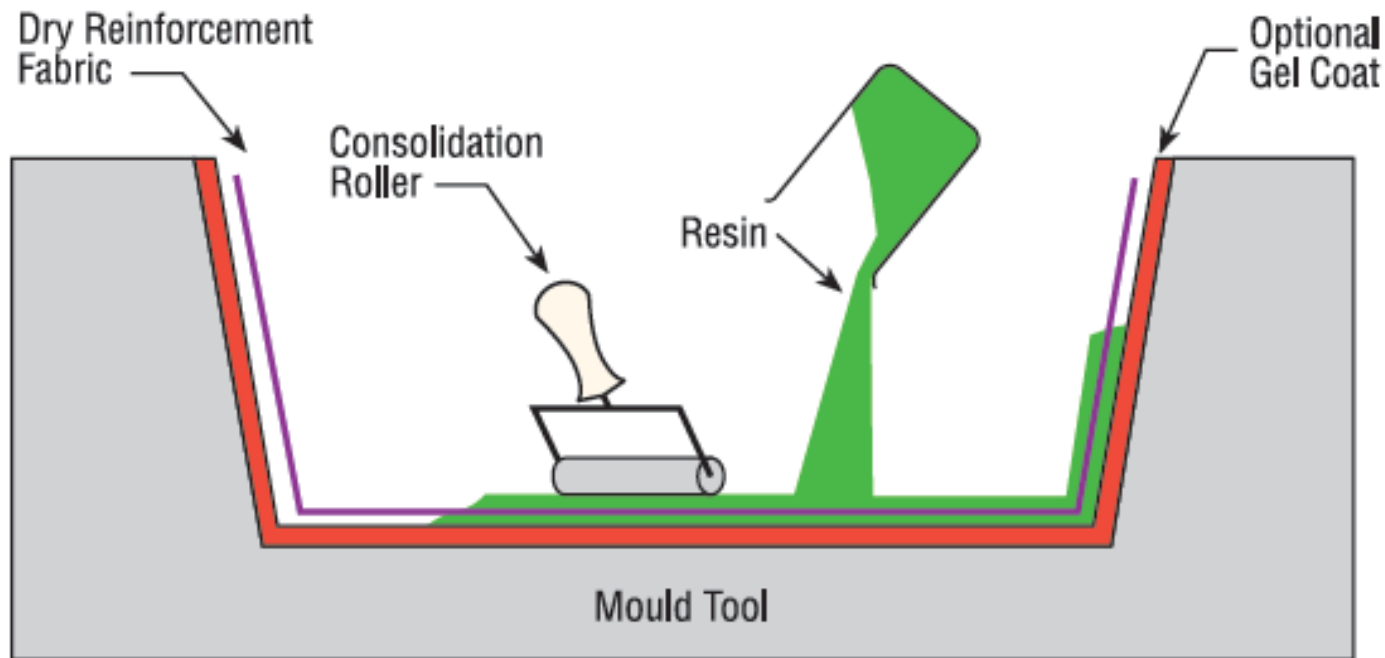
Refuerzos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Laminación manual (Wet Lay-up/Hand Lay-up)

Las resinas se impregnan a mano en fibras que tienen la forma de telas tejidas, tricotadas, cosidas o unidas. Esto se logra normalmente con rodillos o cepillos, con un uso cada vez mayor de impregnadores del tipo de rodillos de presión para forzar la resina en los tejidos por medio de rodillos giratorios y un baño de resina. Los laminados se dejan curar en condiciones atmosféricas estándar.





Desarrollo del tema



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

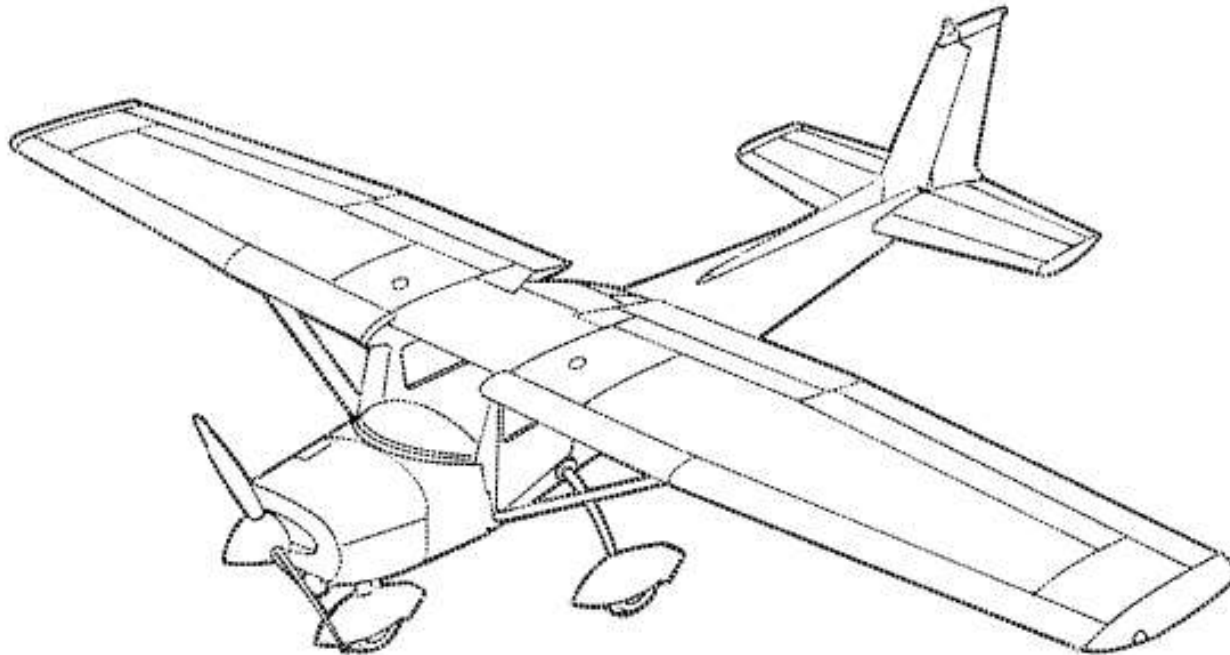
Preparación del área de trabajo

Antes de proceder con la reparación, se debe verificar que el área en donde se va a realizar el trabajo se encuentre en buenas condiciones y limpio, para así garantizar una buena práctica de mantenimiento. Además, se debe tener a disposición los materiales, herramientas y equipos de apoyo necesarios.



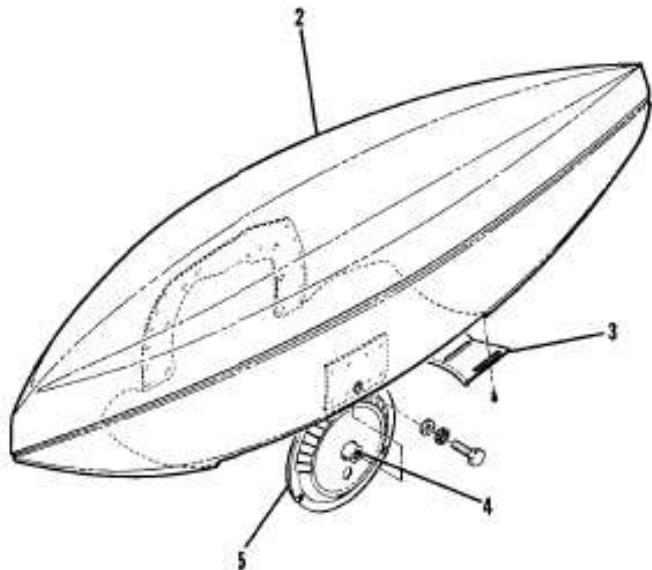
Inspección general de la aeronave

Se procedió a realizar una limpieza general de la aeronave con finalidad de eliminar la suciedad y grasas en las superficies en las cercanías donde se va a realizar el trabajo. Esta inspección general sirve para verificar si existe algún daño en algún componente o la estructura de la aeronave para reportarla posteriormente.



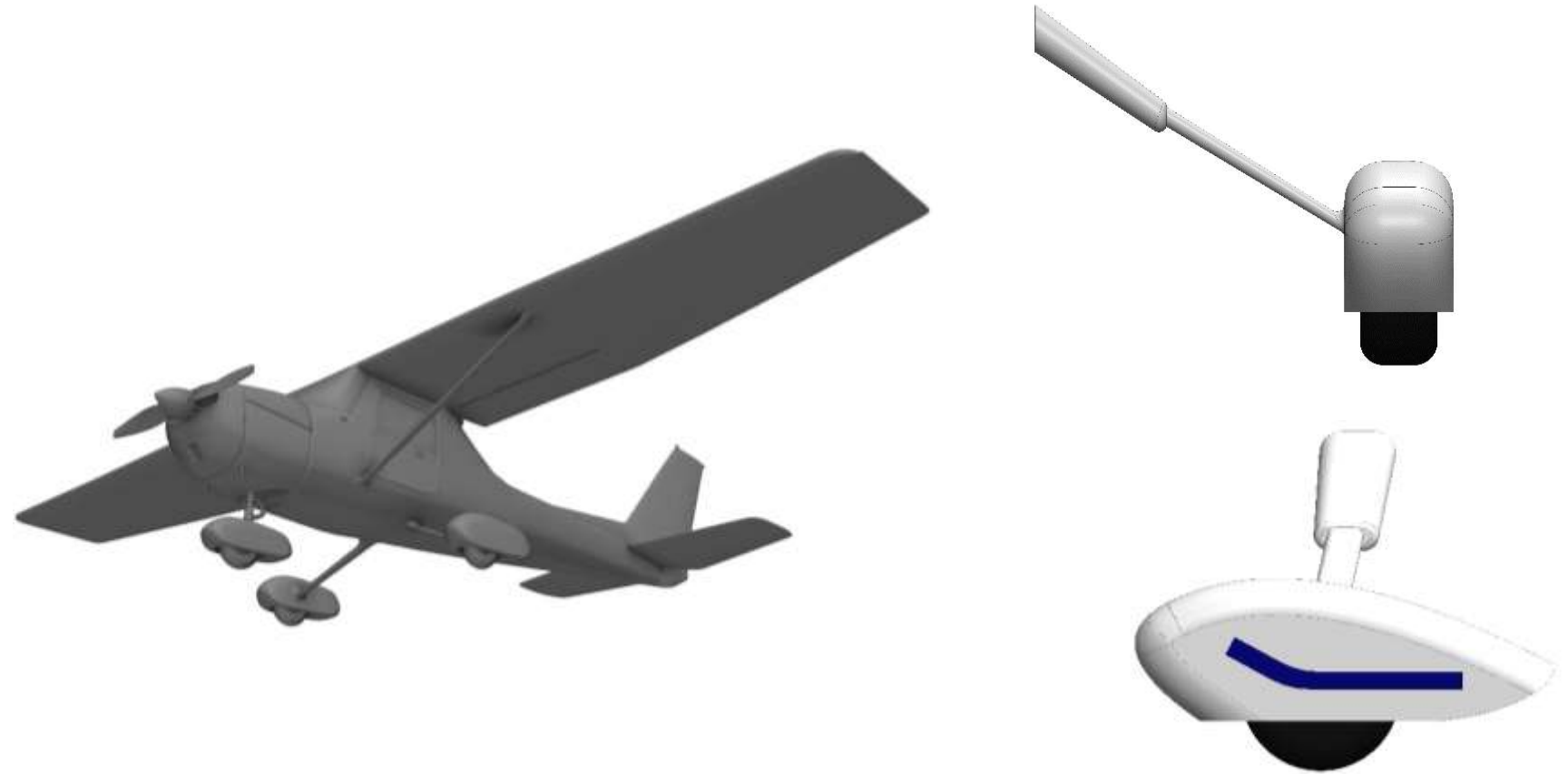
Inspección de los componentes del tren de aterrizaje

La inspección realizada sirvió para evaluar los componentes principales del tren de aterrizaje, en busca de signos de deterioro y/o corrosión. Además, se verificó el estado de los carenados de las ruedas tanto del tren principal como del tren de nariz, ya que estos deben proteger a los diferentes componentes que forman parte de las ruedas, como son los neumáticos y frenos; y así evitar que sufran daños y/o desgaste por las condiciones climáticas y objetos extraños con los que se pueden encontrar.



Diseño de los carenados de las ruedas

En base a un software de diseño CAD con la aeronave en tamaño real en 3D, se analizó y se optimizó la forma y dimensiones de los carenados tanto del tren principal como del tren de nariz.



Proceso de fabricación de los carenados de las ruedas

La decisión de reparar o reemplazar una unidad principal de la estructura de la aeronave estará influenciada por factores tales como el tiempo y la mano de obra disponible, y por una comparación de los costos de mano de obra con el precio de reemplazo. En este caso el reemplazo de los carenados de las ruedas fue inevitable porque la aeronave no contaba con los mismos.



Preparación del molde

Para la fabricación de los carenados de las ruedas en materiales compuestos, es necesario contar con un molde de lo que se quiere replicar, un buen molde es sinónimo de un buen acabado en la terminación superficial del componente, en este caso de los carenados.



Preparación del material

Se utiliza como matriz la resina epoxi con un tiempo de trabajo de 130 minutos a 20 °C, mientras más baja sea la temperatura el tiempo de trabajo disminuirá (Latacunga 8 °C – 60 minutos de trabajo aproximadamente). Como refuerzo se utiliza tejidos de fibra de vidrio, será necesario utilizar varias capas del tejido hasta obtener el espesor deseado para los carenados (2 mm aproximadamente).

Q2 Resina Epoxica Q2 - Refuerzo Estructural

Descripción del producto:

Es un sistema epoxico elaborado de dos componentes. El cual fue diseñado como Resina Epoxica para la aplicación en el sector Automotivo como refuerzo de partes de carrocerías. Dado a que presenta las características de consistencia superficial de consistencia y una excelente durabilidad en fibra de carbono.

Este es un sistema 100% sólido.

Usos Básicos:

Se utiliza en:

- Refuerzos estructurales.
 - Estructuras o piezas que soportan altas temperaturas.
 - Para sellar cualquier superficie porosa.
 - Reforzar piezas o estructuras sometidas a esfuerzos mecánicos.
- Sector Aeroespacial
Sector Automotivo

Mezcla

por cada 100g de Resina epoxica Q2 Parte A) poner 14g de Catalizador Parte B)

Se deberá mezclar los dos componentes A y B cuidadosamente con agitación controlada con el objeto de no introducir aire a la mezcla. El tiempo de mezclado es de 2 a 3 minutos, teniendo cuidado de mezclar perfectamente el material que está en los bordes del recipiente. Generalmente se introduce el componente B en el A.

| Características | Q2 |
|---|-----------|
| Viscosidad (20°C) (Pa.s) | 11.500 |
| Punto de A 20 °C 200 g | 130 min |
| Resistencia a flexión (kg/cm ²) | 3.44 |
| Fuerza de compresión (kg/cm ²) | 5.76 |
| Tensión (kg/cm ²) | 3.08 |
| Resistencia a la estiración (kg/cm ²) | 1.18 |
| Impacto (kg/cm ²) | 1.69 |
| Resistencia a temperatura (°C) | 182 °C |
| Dureza | Shore D65 |
| % de Absorción de agua | 0.221 |

Curado

Tiempo de curado de 24 hr - 25°C
Tiempo de Gelado de 3hr - 25°C
Tiempo de trabajo (Pot Life) 15min en mezcla de 100g

Technical Data Sheet

| | |
|------------------------------------|------------------|
| PRODUCT NAME EBXS600 | Code 01300000612 |
| Biaxial fabric 0° 90° in 'E' glass | |

| layers | fiber | plain | tex | areal weight gr/m ² | areal weight tolerance |
|-------------------------|---|-------|-----------|--------------------------------|------------------------|
| 0° | E glass - PPG Fibreg 2002 or equivalent | M2 | 900 - 600 | 800 | ± 3 % |
| 90° | E glass - PPG Fibreg 2002 or equivalent | M2 | 800 - 600 | 800 | ± 3 % |
| 0° | polyester | M2 | 8.3 | 12 | ± 3 % |
| TOTAL gr/m ² | | | | - | - |
| | | | | 612 | ± 3 % |

Characteristics for fabric

| | |
|--|-------------------------------------|
| lunghezza rotolo - standard roll length: | mt 50 ± 1 mt |
| lunghezza rotolo - standard roll width: | mm 1270 ± 10 mm |
| peso netto rotolo - net roll weight: | Kg 39 ± 3 % |
| toleranza sulle grammature - areal weight tolerance: | ± 3 % (± 18 gr/m ²) |
| grammatura teorica - theoretical areal weight: | gr/m ² 612 |
| identificazione rotolo - ident roll: | EBXS600 |
| identificazione yarns: | red and yellow identification yarns |
| tipo di legatura - knitting type: | tricot |
| filo di legatura - stitch yarn: | polyester, texturized, 8,3 tex |

Characteristics for filament yarn

| | |
|---|-----------------------------------|
| tipo fibra - type: | PPG Fibreg 2002 |
| binders content: | 0.55 - 0.65 % [nominal] |
| produttore - manufacturer: | PPG Industries |
| densità volumetrica - volumetric density: | gr/cm ³ 2.59 - 2.62 |
| diametro filamento - filament diameter: | µm 12 - µm 15 |
| resistenza a trazione - tensile strength: | Mpa 1900 - 2400 (ASTM D-2343) * |
| modulo a trazione - tensile modulus: | Gpa 69 - 76 (ASTM D-2343) * |
| allungamento a rottura - elongation at break: | 3.5 - 4 % |

* According to ASTM D-2343. All these informations can be used for material selection purposes only.

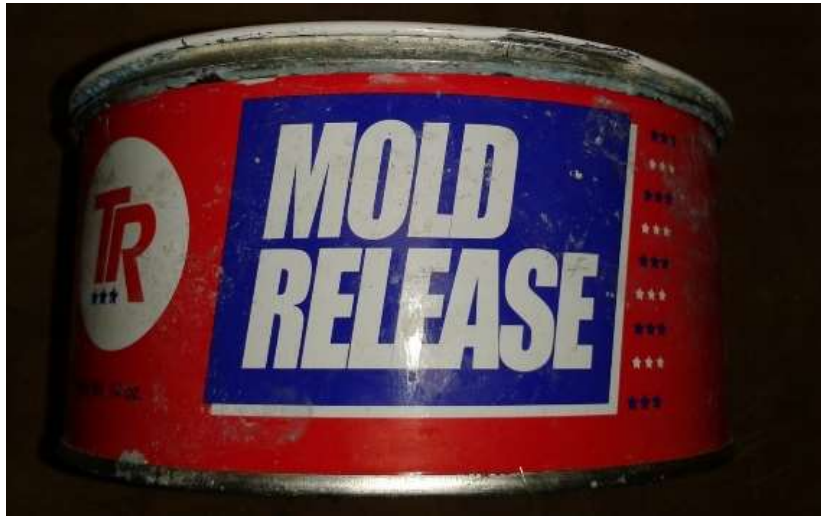


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

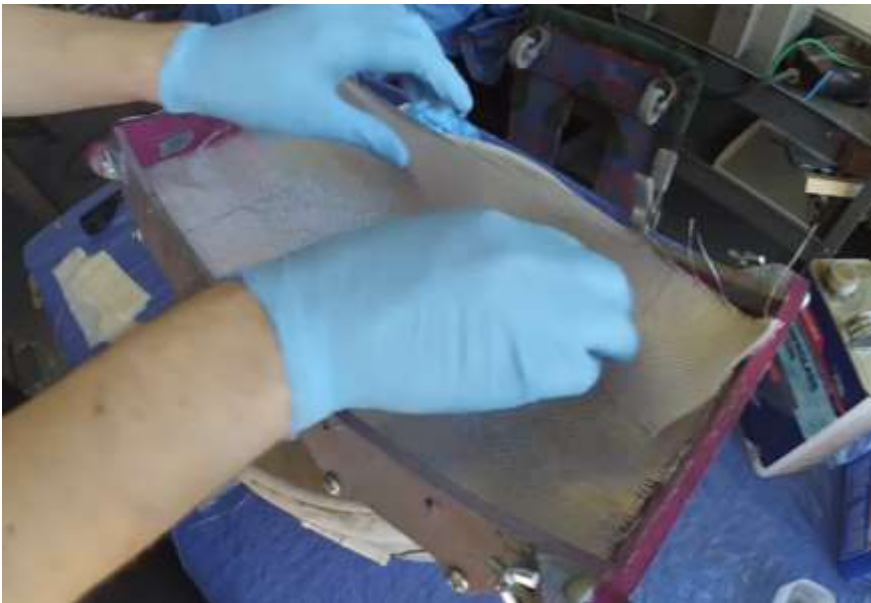
Procesamiento

Una vez que se tiene el molde construido con un buen acabado en su superficie, se debe aplicar un agente desmoldante para prevenir la adherencia de los carenados a fabricar con el molde.

Cortar las telas de fibra de vidrio, en base a la dimensión total del molde del carenado (espesor 2 mm - 4 capas). El laminado a formar es simétrico $[0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 45^\circ, 0^\circ]$.



Luego se aplicó el proceso de fabricación de laminación manual, donde se va colocando individualmente cada tela en el molde, hasta armar la preforma de 4 telas en total para conseguir el espesor buscando.



Se debe esperar un tiempo productivo para que la resina endurezca (proceso de curado), dicho proceso tarda 24 horas. Luego de transcurrido dicho tiempo se desprendió el carenado del molde, obteniendo así la forma final.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Post-procesamiento

En el post-procesamiento de cada carenado, se deben realizar tareas de corte para eliminar el exceso de material, mediciones para verificar tolerancias y por último el proceso pintura para protegerlo de las condiciones a las que va a estar expuesto.



Inspección y control de calidad

Las tareas de inspección y control de calidad, sirven para verificar que los componentes cumplan con los estándares aeronáuticos establecidos, esto a través de ensayos no destructivos (NDT) como son Rayos - X, escaneos ultrasónicos y mediciones e inspecciones detalladas.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Conclusiones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Conclusiones

- La información técnica disponible, facilitó la interpretación de los procedimientos necesarios para llevar a cabo la reparación en materiales compuestos de los carenados de las ruedas de la aeronave. La resina epoxi como matriz y la fibra de vidrio como refuerzo, es la combinación más recomendada por el fabricante de la aeronave por sus características, resistencia y durabilidad.
- Se detectó y evaluó el estado de los carenados de las ruedas, donde se constató que la aeronave no cuenta con dichos componentes, por ende, fue necesario construirlos en materiales compuestos (fibra de carbono + resina epoxi), esto en referencia al manual de reparaciones estructurales e información técnica aplicable a la aeronave Cessna 150M.
- Una vez construidos los carenados, se procedió a la correcta instalación en el sistema del tren de aterrizaje de la aeronave, los carenados no forman parte estructural para resistir los esfuerzos generados en vuelo, su función es brindar una forma aerodinámica en las cercanías de las ruedas para disminuir la resistencia aerodinámica producida, y así la aeronave será más eficiente.



Recomendaciones

- Utilizar siempre la documentación técnica aplicable y actualizada para realizar cualquier trabajo de mantenimiento en la aeronave. para garantizar que los procedimientos se realicen de manera adecuada y óptima.
- Las herramientas a utilizar en cualquier trabajo de mantenimiento deben estar en buenas condiciones y los equipos deben estar calibrados, para evitar tener cualquier tipo de inconveniente.
- Se recomienda a la universidad, brindar todas las facilidades para el uso del material didáctico disponible para los estudiantes, como los aviones escuela, motores, estructuras, entre otros. Además, se debe fomentar de manera práctica el uso de materiales compuestos en diferentes componentes de las aeronaves, con el objetivo de que cada uno de los estudiantes este capacitado para realizar una reparación o fabricación de un componente en materiales compuestos.



Preguntas...



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

!! Muchas gracias por su atención !!

