



Proyecto de Aviación

Diseño y Construcción de un Vehículo Aéreo con Motor de Caucho

Hangar Rat

Integrantes del Equipo:

Churi Ospina, Juan David

Hurtado Rivera, Natalia Pilar

Molina González, Santiago Alonso

Ramírez, Marco Alejandro

Rodríguez, Lucas

Curso: Historia de la Aviación: Cómo Esta Industria
Cambió el Mundo (*Ciclo 2 de 8 semanas*)

Universidad de los Andes

Bogotá, Colombia
Noviembre 2025

Índice

1. Introducción	2
1.1. Objetivos del Proyecto	2
2. Proceso de Manufactura	2
2.1. Fase 1: Corte con Cortadora Láser	2
2.2. Fase 2: Piezas Estructurales en MDF	3
2.3. Fase 3: Ensamblaje Colaborativo	4
2.4. Fase 4: Optimización con Madera de Balso	5
2.5. Fase 5: Revestimiento de Superficies Aerodinámicas	6
3. Sistema de Propulsión	7
3.1. Diseño de la Hélice	7
3.2. Motor de Caucho	8
3.3. Pruebas de Funcionamiento	8
4. Trabajo en Equipo	9
4.1. Distribución de Tareas	9
4.2. Valores del Equipo	9
5. Resultados y Conclusiones	9
5.1. Resultados Obtenidos	9
5.2. ¿Por Qué Debería Volar?	10
5.3. Lecciones Aprendidas	10
5.4. Resultado Final: Pivote a 100 % Madera de Balso	10
5.5. Demostración de Vuelo	12
5.6. Conclusiones	13
6. Referencias	13

1. Introducción

El presente informe documenta el proceso de diseño, construcción y pruebas de un vehículo aéreo tipo *Hangar Rat*, propulsado por un motor de caucho (goma). Este proyecto fue desarrollado como parte del curso *Historia de la Aviación: Cómo Esta Industria Cambió el Mundo*, con el objetivo de participar en una competencia de tiempo de vuelo.

1.1. Objetivos del Proyecto

- Diseñar y construir un vehículo aéreo que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas.
- Maximizar el tiempo de vuelo del avión para obtener la mejor figura de mérito posible.
- Aplicar conocimientos de aerodinámica, materiales y manufactura en un proyecto práctico.
- Trabajar de manera colaborativa y eficiente como equipo de ingeniería.

2. Proceso de Manufactura

El proceso de construcción del avión se dividió en varias etapas, aprovechando los recursos disponibles en el Mecha Lab de la universidad.

2.1. Fase 1: Corte con Cortadora Láser

Para esta fase, descargamos el archivo **.rld** con los planos de las piezas estructurales que nos proporcionaron en **Bloque Neón** (plataforma de tareas de la universidad). Con la guía de **Esteban Gnecco**, quien nos apoyó en el proceso, procedimos a cortar las piezas utilizando la cortadora láser **Precision Machine Modelo 6** disponible en el laboratorio.

Se utilizó MDF (Medium Density Fiberboard) como material para las piezas estructurales debido a su facilidad de corte y la alta precisión que ofrece la cortadora láser.



Figura 1: Proceso de corte láser en la máquina Precision Machine Modelo 6

2.2. Fase 2: Piezas Estructurales en MDF

Tras el proceso de corte láser, obtuvimos todas las piezas necesarias para la estructura del avión:

- Marcos estructurales para las alas (forma trapezoidal)
- Costillas aerodinámicas para dar perfil al ala
- Varillas de refuerzo longitudinal
- Piezas para el estabilizador horizontal y vertical (empenaje)



Figura 2: Piezas estructurales cortadas en MDF listas para ensamblaje

2.3. Fase 3: Ensamblaje Colaborativo

El ensamblaje del avión fue un proceso colaborativo donde todos los miembros del equipo participaron activamente. Utilizamos el espacio de city U para trabajar de manera conjunta y eficiente, usamos elementos como super bonder, papel mantequilla, ligas, etc.

Durante esta fase:

- Ensamblamos los marcos de las alas con las costillas

- Unimos las piezas utilizando pegamento instantáneo (cianoacrilato)
- Verificamos la alineación y simetría de las estructuras



Figura 3: Trabajo colaborativo del equipo durante el ensamblaje

2.4. Fase 4: Optimización con Madera de Balsa

Dado que el MDF resultaba relativamente pesado para una aeronave de este tipo, decidimos complementar la estructura con **madera de balsa** para reducir el peso total del vehículo sin comprometer la integridad estructural.

La madera de balsa ofrece una excelente relación peso-resistencia, siendo el material tradicional en la construcción de aeromodelos.



Figura 4: Estación de trabajo con herramientas para corte y ajuste de madera de balsa y construcción del fuselaje

2.5. Fase 5: Revestimiento de Superficies Aerodinámicas

Las alas y los estabilizadores fueron revestidos con **papel mantequilla** para crear las superficies aerodinámicas necesarias para generar sustentación.

Ventajas del papel mantequilla:

- Peso extremadamente bajo

- Facilidad de aplicación y tensado
- Permite observar la estructura interna
- Económico y fácil de reemplazar

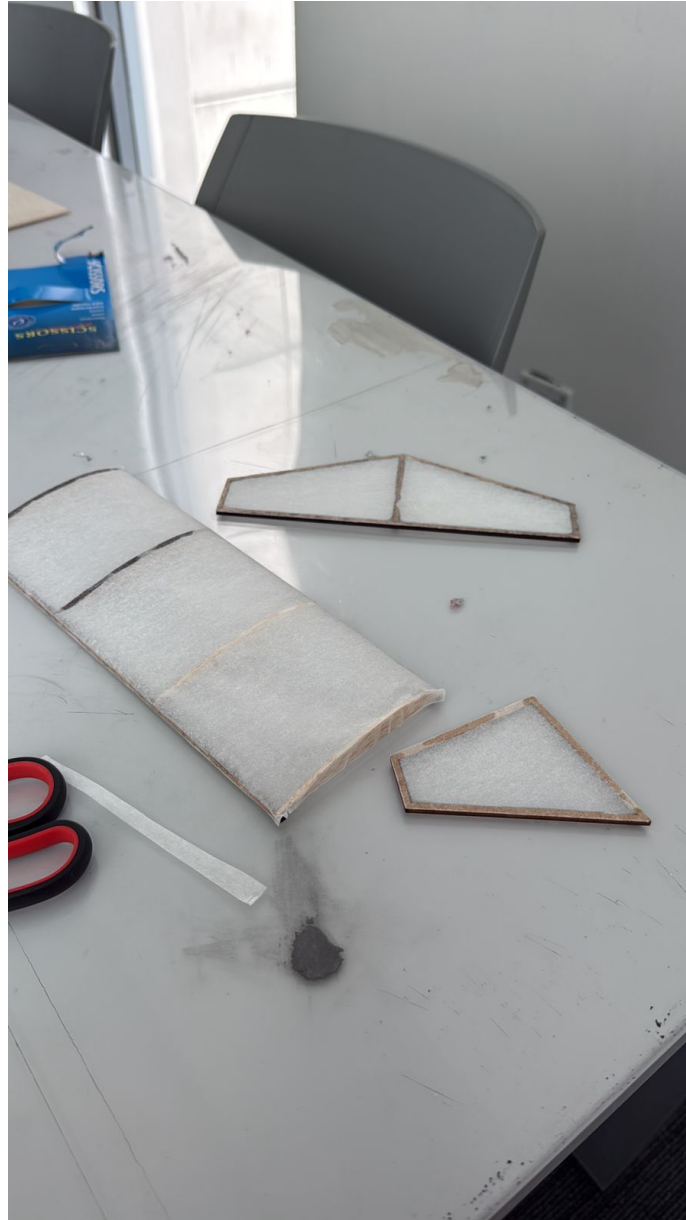


Figura 5: Alas y estabilizadores revestidos con papel mantequilla

3. Sistema de Propulsión

3.1. Diseño de la Hélice

Para la fabricación de la hélice, utilizamos un enfoque innovador y sostenible: **reciclar una lata de aluminio** de bebida. Este material ofrece características ideales para este componente:

- Excelente relación peso-resistencia
- Facilidad de corte y moldeo manual
- Disponibilidad inmediata y bajo costo
- Flexibilidad suficiente para ajustar el paso de las palas
- Acabado liso que reduce la fricción con el aire



Figura 6: Lata de aluminio utilizada como materia prima para fabricar la hélice

3.2. Motor de Caucho

El sistema de propulsión consiste en una banda de caucho (goma) que almacena energía mecánica al ser enrollada. Al liberarse, la energía se transfiere a la hélice generando el empuje necesario para el vuelo.

3.3. Pruebas de Funcionamiento

Antes de ensamblar las alas, realizamos pruebas preliminares del sistema de propulsión utilizando únicamente el fuselaje con la hélice y el motor de caucho montados. Esto nos permitió verificar:

- Correcta rotación de la hélice sin vibraciones
- Empuje generado por el motor de caucho
- Eficiencia del sistema de propulsión
- Estabilidad del eje y la hélice durante el giro



Figura 7: Prueba del sistema de propulsión: fuselaje con hélice y motor de caucho (sin alas)

4. Trabajo en Equipo

El éxito de este proyecto fue posible gracias a la colaboración efectiva de todos los miembros del equipo. La distribución de responsabilidades permitió un avance eficiente y coordinado.

4.1. Distribución de Tareas

Área	Descripción
Corte láser	Supervisión y ejecución del proceso de corte en MDF
Ensamblaje estructural	Armado de alas, fuselaje y empenaje
Fabricación de hélice	Diseño y construcción del sistema de propulsión
Pruebas y ajustes	Iteraciones para optimizar el rendimiento
Documentación	Registro fotográfico y elaboración del informe

Cuadro 1: Distribución de tareas del equipo

4.2. Valores del Equipo

La comunicación constante, el respeto mutuo y el compromiso de cada miembro fueron fundamentales para cumplir con los plazos establecidos y lograr un producto final funcional. El trabajo colaborativo en el Mecha Lab fortaleció las habilidades de trabajo en equipo y resolución de problemas.

5. Resultados y Conclusiones

5.1. Resultados Obtenidos

Se logró construir exitosamente un vehículo aéreo tipo Hangar Rat que cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas:

- ✓ Sistema de propulsión funcional con motor de caucho

- ✓ Tren de aterrizaje incorporado
- ✓ Superficies aerodinámicas adecuadas para la sustentación
- ✓ Estructura liviana pero resistente

5.2. ¿Por Qué Debería Volar?

El avión fue diseñado siguiendo los principios fundamentales de la aerodinámica:

- **Sustentación:** Las alas generan sustentación gracias al perfil aerodinámico creado por las costillas y el papel mantequilla tensado. El aire que pasa por encima del ala viaja más rápido que el de abajo, creando una diferencia de presión que empuja el avión hacia arriba.
- **Empuje:** La hélice, impulsada por el motor de caucho enrollado, genera el empuje necesario para vencer la resistencia del aire y propulsar el avión hacia adelante.
- **Peso reducido:** La combinación de MDF, madera de balso y papel mantequilla mantiene el peso total lo suficientemente bajo para que la sustentación generada supere la fuerza de gravedad.
- **Estabilidad:** Los estabilizadores horizontal y vertical (empenaje) proporcionan control direccional y evitan que el avión cabecee o gire descontroladamente.

5.3. Lecciones Aprendidas

Durante el desarrollo del proyecto, el equipo adquirió valiosas experiencias en:

1. **Manufactura digital:** Uso de cortadora láser para corte de precisión
2. **Selección de materiales:** Criterios de peso vs. resistencia
3. **Aerodinámica aplicada:** Principios de sustentación y empuje
4. **Trabajo colaborativo:** Coordinación y comunicación efectiva
5. **Resolución de problemas:** Adaptación ante imprevistos
6. **Sostenibilidad:** Uso de materiales reciclados (lata de aluminio)

5.4. Resultado Final: Pivote a 100 % Madera de Balso

Tras las pruebas iniciales con la estructura híbrida (MDF + balsa), el equipo tomó la decisión de **pivotar a una construcción 100 % en madera de balso**. Esta decisión se basó en un análisis comparativo de las propiedades de los materiales:

Propiedad	MDF	Madera de Balso	Ventaja
Densidad (kg/m ³)	700 - 800	100 - 200	Balsa (4x más liviana)
Peso relativo	Alto	Muy bajo	Balsa
Facilidad de corte	Media	Alta	Balsa
Resistencia/peso	Baja	Excelente	Balsa
Uso en aeromodelismo	Limitado	Estándar	Balsa

Cuadro 2: Comparación de propiedades: MDF vs. Madera de Balso

¿Por qué la madera de balso es mejor para este tipo de aviones?

- **Densidad extremadamente baja:** Con una densidad de $100\text{-}200\text{ kg/m}^3$ (vs. $700\text{-}800\text{ kg/m}^3$ del MDF), la balsa permite construir estructuras hasta 4 veces más livianas.
- **Relación resistencia-peso óptima:** A pesar de su ligereza, la balsa tiene suficiente rigidez para soportar las fuerzas aerodinámicas del vuelo.
- **Material tradicional:** La madera de balso ha sido el material estándar en aeromodelismo desde hace décadas, precisamente por estas propiedades.
- **Mayor tiempo de vuelo:** Un avión más liviano requiere menos sustentación para mantenerse en el aire, lo que se traduce en vuelos más largos con la misma energía del motor de caucho.



Figura 8: Resultado final: Avión construido 100 % en madera de balso

5.5. Demostración de Vuelo

La prueba final del avión se realizó en la cancha de basketball de **La Caneca**, en la Universidad de los Andes. El espacio al aire libre proporcionó condiciones poco ideales para evaluar el rendimiento del vehículo dado el alto viento que había en la zona.



Figura 9: Avión listo para la demostración en la cancha de basketball de La Caneca

Resultados de la demostración:

El avión tuvo un desempeño satisfactorio durante la prueba:

- Logró planear correctamente en la fase inicial
- Ganó altura gracias al empuje de la hélice
- Mantuvo estabilidad durante el vuelo
- Eventualmente descendió de manera controlada

El resultado fue positivo, demostrando que el pivote a 100 % madera de balsa fue la decisión correcta para optimizar el tiempo de vuelo.

Video de la demostración:

<https://youtube.com/shorts/a-UaPqKUhTA?feature=share>

5.6. Conclusiones

El proyecto permitió aplicar de manera práctica los conceptos teóricos de aerodinámica e ingeniería en la construcción de un vehículo aéreo. La decisión de pivotar a una estructura 100 % en madera de balsa demostró la importancia de la iteración y adaptación en el proceso de ingeniería, priorizando siempre la optimización del rendimiento.

El trabajo en equipo fue el pilar fundamental para completar el proyecto dentro del plazo establecido, y la experiencia adquirida será invaluable para futuros proyectos de ingeniería.

6. Referencias

1. Wickert, J. and Lewis, K. (2013). *An Introduction to Mechanical Engineering*, Third Edition. SI. Stamford: Cengage Learning.
2. Radical RC. “Free flight old time rubber phantom flash ROG 16”. Disponible en: <https://www.radicalrc.com/item/Free-Flight-Old-Time-Rubber-Phantom-Flash-ROG-16-107964>
3. Joyplanes. “Free flight balsa wood model airplane with rubber powered propeller”. Disponible en: <https://joyplanes.com/en/product/free-fligh-rubber-powered/>