

Aerodinámica de los aviones de papel: Maximizando la distancia recorrida

Juan Murcia, Adrian Montañez

Escuela de Física

Facultad de Ciencias

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

Abstract

Los aviones de papel son dispositivos aéreos enfocados en la recreación. Sin embargo, estos han mostrado ser elementos útiles a la hora de estudiar la dinámica de vehículos micro aéreos (MAV). En esta experiencia se busca determinar los factores que afectan al vuelo. Para ello, se someten múltiples diseños de aviones a pruebas de lanzamiento, donde se caracterizará su distancia, su estabilidad, y las fuerzas presentes. Con esto se busca encontrar la configuración que optimice el diseño, de manera que el alcance del avión sea el máximo.

Keywords: Tipo de avión, Gramaje, Aerodinámica, Dinámica de fluidos.

1. Introducción

A lo largo de la historia, los aviones de papel han sido visto como elementos de recreación personal los cuales han inspirado el diseño de modelos aeronáuticos. Debido a sus dimensiones, el uso de materiales livianos y su fácil elaboración y acceso los aviones de papel han sido objeto de estudio para la elaboración de dispositivos MAV, determinando la interacción, dinámica con los fluidos de alrededor, y las condiciones para que el movimiento sea sustentable.

2. Estado del arte

En la actualidad, se han realizado distintos estudios donde se busca caracterizar la respuesta aerodinámica para distintos diseños en los aviones de papel. Estos están enfocados en determinar el régimen del número de Reynolds acordes a los valores de operación de los MAV, de manera que se observe la turbulencia a la cual están sometidas las componentes del sistema al ser sometidos en un fluido, como lo es un tunel de viento o agua [1].

Así mismo, se han llevado a cabo experimentaciones donde se ha determinado como la trayectoria que recorre el avión está sujeta a las fuerzas de resistencia, sustentación y empuje; siendo factores clave a la hora de determinar la estabilidad del sistema [2]. Por ello, se han caracterizado modelos de aviones los cuales son poseedores de los records mundiales de distancia, así como modelos convencionales, con tal de verificar esta

relación [3].

Para el desarrollo de este tipo de problemas y la validación de resultados, se han propuesto modelos computacionales adaptados a la mecánica de fluidos sobre superficies. Estos modelos permiten resolver las ecuaciones de Navier-Stokes, que al ser modelos de ecuaciones diferenciales parciales no lineales, se abarcan por medio del método de volúmenes finitos. De esta forma, se busca resolver las interacciones dinámicas del fluido en el cuerpo (DFBI) para resolver la posición y orientación del cuerpo sujeto a un marco de referencia inercial [4].

3. Marco teórico

Para poder describir la dinámica de un objeto el cual está inmerso en un fluido, se precisa tanto de sus coeficientes aerodinámicos como de la descripción del fluido por las ecuaciones de Navier-Stokes [5]. De estas derivan las ecuaciones de la conservación de la masa y la conservación del momento lineal que están dadas como

$$\partial_t \rho + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0, \quad (1)$$

$$\rho \frac{D\mathbf{u}}{Dt} + \nabla \cdot \mathbb{P} = \rho \mathbf{g}, \quad (2)$$

donde ρ es la densidad de masa, \mathbf{u} la velocidad del fluido, \mathbb{P} corresponde al tensor de presiones y \mathbf{g} la gravedad. Estas ecuaciones, sujetas a las condiciones de frontera del sistema, contienen toda la información referente a la dinámica del sistema, al establecer como influye el fluido sobre las interfaces

Email addresses: juan2191322@correo.uis.edu.co (Juan Murcia),
adrian.ricardomontaez@gmail.com (Adrian Montañez)

por medio de la relación de esfuerzos aplicados.

De esta manera, existe una serie de condiciones donde estas ecuaciones son aproximadas a regímenes lineales. La dinámica de estos regímenes está descrito por medio del número de Reynolds, el cual es de la forma

$$Re = \frac{uL}{\nu} = \frac{\rho uL}{\mu} \quad (3)$$

Este se obtiene por medio del análisis de las escalas características del sistema, ν y μ son los coeficientes cinemáticos y dinámicos del fluido, y L la longitud asociada al fenómeno. Este permite expresar la relación existente entre el régimen lineal y el régimen turbulento.

4. Planteamiento del problema

El problema que nos disponemos a solucionar es *¿Qué arreglo tipo de papel-tipo de avión hace que la distancia recorrida sea máxima?* Con esto se propone una nueva mirada al problema teniendo en cuenta no solo los diseños posibles y su rendimiento aerodinámico sino cual par de combinaciones hará al avión un mejor vehículo

5. Objetivo general

Determinar la distancia máxima que alcanza la trayectoria de vuelo de un avión de papel según se modifica su diseño y el tipo de papel.

5.1. Objetivos específicos

1. Determinar como afecta el diseño del avión de papel en la distancia de vuelo.
2. Definir como afecta el tipo de papel del cual esta hecho el avión en la distancia de vuelo.
3. Armar un modelo matemático que de la distancia de vuelo en función del diseño y tipo de papel del avión.

6. Metodología

Objetivo 1: Determinar como afecta el diseño del avión de papel en la distancia de vuelo.

- A1. Modelar distintos tipos de aviones de papel donde se tenga presente las dimensiones de sus alas, su base, los alerones, entre otros.
- A2. Plantear los valores dados para las fuerzas de resistencia, sustentación y empuje, mientras se lleva registro de múltiples observaciones de llegada.
- A3. Establecer las condiciones para que la trayectoria del vuelo siga trayectorias semejantes.
- A4. Caracterizar la relación del flujo laminar y turbulento por medio del coeficiente de Reynolds.

Objetivo 2: Definir como afecta el tipo de papel del cual esta hecho el avión en la distancia de vuelo.

- A5. Analizar las diferentes características de los tipos de material de los cuales puede estar constituida la hoja de papel.
- A6. Modelar como afecta el cambio de material en la sustentación y elevación del avión, mientras se lleva registro de múltiples observaciones de llegada.

Objetivo 3: Armar un modelo matemático que de la distancia de vuelo en función del diseño y tipo de papel del avión.

- A7. Proponer varios modelos matemáticos que describan el fenómeno.
- A8. Determinar los criterios de validación de los modelos.
- A9. Someter los modelos a simulación para la verificación de los resultados obtenidos empíricamente.

7. Equipo de investigación

Juan Camilo Murcia Pérez es estudiante de física de la Universidad Industrial de Santander, ah desarrollado con éxito todos los laboratorios propuestos hasta el momento y cuenta con experiencia en coordinación de equipos de trabajo en laboratorios. Le apasiona el origami y las preguntas de la física aplicada; en nuestro equipo, además de ser coautor, es el encargado de armar los aviones de papel, su caracterización y optimización.

Adrian Ricardo Montañez Lobo Estudiante de física de la Universidad Industrial de Santander, el cual está capacitado para el desarrollo teórico de las ecuaciones que gobiernan la mecánica de fluidos y su aplicación al comportamiento aerodinámico de los aviones de papel. A su vez, presenta las habilidades computacionales suficientes para la programación y adaptación de los códigos asociados con la dinámica del problema.

8. Instrumentación

Para la elaboración de esta investigación, se precisa del uso de los siguientes elementos:

8.1. Materiales

1. Folios de:
 - Papel origami.
 - Papel estándar.
 - Papel construcción.
 - Papel de Flyer plastificado.
2. Cinta adhesiva transparente.
4. Tijeras de papel.
5. Decámetro.
6. Cámara de vídeo.
7. equipo de cómputo.
8. Espacio grande y encerrado para realizar los lanzamientos.
9. Cajas para transportar los aviones.
10. Kit de escuadras medianas.
11. Lápiz.
12. gramera.

Referencias

- [1] Bing Feng Ng, Qiao Mei Kng, Yin Yin Pey, and Jorg Schluter. On the aerodynamics of paper airplanes. In *27th AIAA Applied Aerodynamics Conference*, Reston, Virigina, 2009. American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- [2] Noor Iswadi Ismail, Zurriati Mohd Ali, Iskandar Shah Ishak, R M Noor, and Rosniza Rabilah. Aerodynamic performances of paper planes. *Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, 77(1):124–131, 2020.
- [3] MD Hasibuzzaman and Md Hasan. Analysis of flight characteristics of paper airplanes. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 7:161–166, 01 2023. doi: 10.33564/IJEAST.2023.v07i09.024.
- [4] S Gurnani and M Damodaran. Computational aeromechanics of paper airplanes. *J. Aircr.*, 56(5):2070–2079, 2019.
- [5] Robert A Granger. *Fluid Mechanics*. Thomson Learning, London, England, 1985.