

# *Sustentación de Ala de Avión.*

*Marco V. Tovar P.*

*J. Juvenal Ramírez M.*

Fuerzas que intervienen en la sustentación de un ala de avión.

## **Sustentación**

---

Es la fuerza generada sobre un cuerpo que se desplaza a través de un fluido, de dirección perpendicular a la de la velocidad de la corriente incidente.

Como con otras fuerzas aerodinámicas, en la práctica se utilizan coeficientes adimensionales que representan la efectividad de la forma de un cuerpo para producir sustentación y se usan para facilitar los cálculos y los diseños.

El modelo matemático de la fuerza de sustentación es:

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_L$$

Donde:

$L =$  Fuerza de sustentación [N] [N].

$\rho =$  Densidad de fluido.  $\left[ \frac{kg}{m^3} \right]$ .

$V =$  Velocidad  $\left[ \frac{m}{s} \right]$ .

$A =$  Area superficial del cuerpo.  $[m^2]$ .

$C_L =$  Coeficiente de sustentación. [Adimensional]

En aeronáutica es la principal fuerza que permite que una aeronave con alas se mantenga en vuelo. Ésta, al ser mayor o igual al peso total de la aeronave, le permite despegar.

Para la sustentación se utiliza la notación  $L$ , del término inglés *lift*, y  $C_L$  para el coeficiente de sustentación, el cual siempre se busca sea lo mayor posible.

Además, la sustentación y en consecuencia, su coeficiente, dependen directamente del ángulo de ataque, aumentando según aumenta éste hasta llegar a un punto máximo después del cual se entra en pérdida.

## Resistencia.

Es la cualidad física que nos permite soportar y aguantar un esfuerzo durante el mayor tiempo posible.

## Fuerza de empuje

---

La fuerza de empuje es la fuerza horizontal necesaria para mover un objeto que se encuentra en una superficie. La fórmula para calcular la fuerza de empuje horizontal en superficie es la siguiente:

$$|\vec{F}_{empuje}| = m \cdot (|\vec{a}| - C_{din} \cdot |\vec{g}|)$$

O, quitando los vectores:

$$F_{empuje} = m \cdot (a - C_{din} \cdot g)$$

## El peso.

---

El peso es la fuerza de atracción gravitatoria que ejerce la Tierra sobre los cuerpos que hay sobre ella. En la mayoría de los casos se puede suponer que tiene un valor constante e igual al producto de la masa,  $m$ , del cuerpo por la aceleración de la gravedad,  $g$ , cuyo valor es  $9.8 \text{ m/s}^2$  y está dirigida siempre hacia el suelo.

En la Fig. 1 Se pueden observar las 4 fuerzas mencionadas y la forma en que actúan sobre el avión.



Fig. 1.

---

## Definiciones:

Borde de ataque: Parte delantera del perfil en donde incide la corriente.

Borde de salida: Parte posterior del perfil por donde sale la corriente.

Extradós: zona superior del perfil entre el borde de ataque y el de salida.

Intradós: zona inferior del perfil entre el borde de ataque y el de salida.

Línea de cuerda: la línea uniendo el borde de ataque y el borde de salida.

Angulo de ataque: el ángulo entre la línea de cuerda y el viento que viene de frente.

## Objetivo.

Encontrar la configuración de presiones al rededor de un perfil aerodinámico, que para nuestro caso será un ala, el objetivo es encontrar las distintas propiedades que permiten a dicho cuerpo sustentarse en una corriente de viento, las diferencias de presiones al rededor de dicho objeto serán los valores a determinar así como la fuerza de sustentación resultante en comparación al peso del ala, que será la cual le permita al cuerpo mantenerse en vuelo y otros valores como la resistencia incidente y la componente vertical de la fuerza de sustentación.

## Material.

---

- Perfil aerodinámico
  - Turbina
  - Tubo de pitot
  - Barómetro
  - Balanza
- 

## Desarrollo.

Primero, las medidas de nuestro perfil aerodinámico son:

Ancho:  $0.10 \pm 0.0005$  m.

Largo:  $0.165 \pm 0.0005$  m.

Peso:  $0.016 \pm 0.001$  Kg.

---

Dibujamos el perfil del ala para los ángulos de ataque de  $[-50, -40, -30, -20, -10, 0, 10, 20, 30, 40, 50]$  grados, marcando sobre el centro de masa la inclinación del sistema de referencia (horizonte) respecto a la línea de cuerda del ala.

Los datos obtenidos de la inclinación (en angulos) y el peso (en kg) se encuentra descritos en la tabla 1.

---

Angulo (°)	Peso (kg)
50	-0.063
40	-0.102
30	-0.147
20	-0.107
10	-0.061
0	-0.019
-10	0.029
-20	0.074
-30	0.091
-40	0.085
-50	0.084

Tabla 1. Datos obtenidos del ángulo de ataca y el peso de un perfil aerodinámico.

En la grafica se puede observar, que para encontrar el valor de mayor sustentación se podría decir que es en el que el ángulo tiene un valor de 30° con una incertidumbre de  $\pm 5^\circ$ . De la misma manera, para el ángulo de menor sustentación, o igualmente de mayor peso del perfil aerodinámico es el de -30° con el mismo valor de incertidumbre que el anterior.

Para cada uno de los puntos en los que la sustentación era máxima y mínima se tomaron medidas las cuales se muestran en la tabla 2.

Presión en los perfiles del objeto aerodinámico (mmWs)										
		Borde de ataque			Extradós			Intradós		
Angulo	Incertidumbre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-30°	$\pm 5^\circ$	-6	8	4	1	0	-4	-4	-5	-3
30°	$\pm 5^\circ$	-4	18	12	7	4	9	7	5	3

Tabla 2. Valores de presión para el ángulo de mayor y menor sustentación.

## Conclusiones.

Para empezar para que un objeto como un avión vuele la geometría del ala es muy importante, de esa forma se producirán presiones y depresiones que permitan que se mantenga en el aire, cuyas magnitudes son diferentes aun cuando el ala no tiene ninguna inclinación. Otro punto importante es precisamente la inclinación del ala, cuando se inclina algún ángulo sobre su línea de cuerda, que va desde el borde de ataque hasta el borde de salida, el avión se eleva pues en estos casos la suma de las presiones producen un fuerza que empuja el avión hacia arriba (sustentación); caso contrario si el ala se inclina cierto ángulo bajo esta línea, aunque claro aún conserva una fuerza de sustentación que mantiene el avión en el aire o de lo contrario se iría en picada.

En la Figura 3. Se muestra como es la montura de los materiales para la realización de esta práctica.

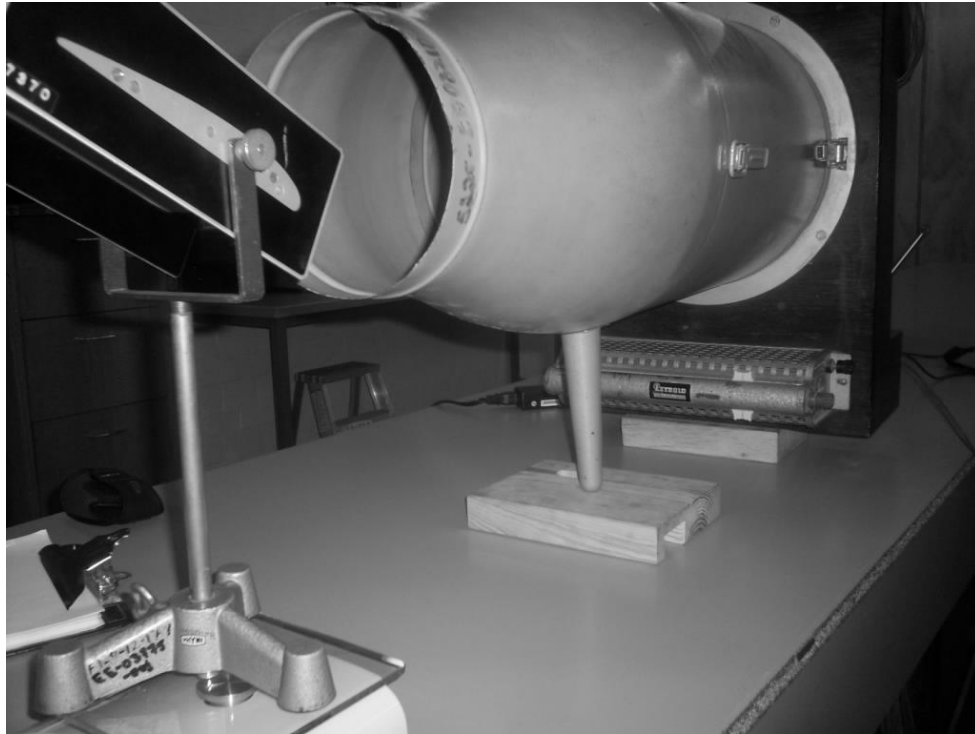


Figura 3. Equipo montado para la práctica de sustentación de ala de avión.