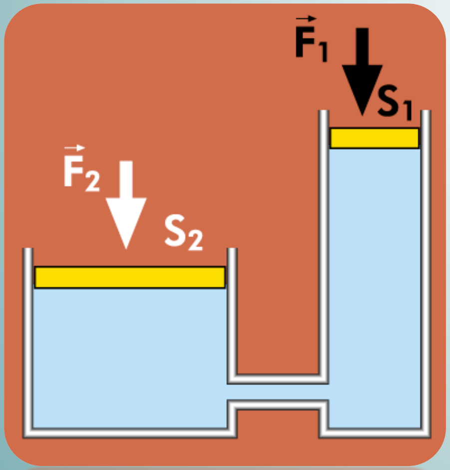
Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas

Tema 05. Flujo sobre Cuerpos



Severiano F. Pérez Remesal

Carlos Renedo Estébanez

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

1.- Introducción:

En este tema, se analiza el flujo de un fluido sobre un cuerpo. Se supone que la velocidad del fluido que se aproxima al cuerpo es uniforme y estacionaria. El flujo de asimila a bidimensional cuando es perpendicular al cuerpo y éste es muy largo y de sección transversal constante.

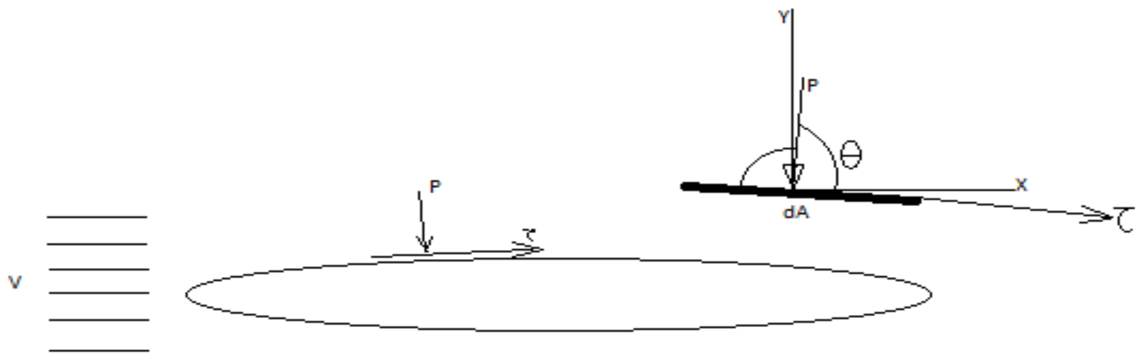
El flujo sobre cuerpos se clasifica en flujo compresible (flujo sobre aeronaves, cohetes,…) y flujo incompresible (flujo sobre automóviles, submarinos,…).

Se llama cuerpo **currentilíneo** a aquel que intenta alinear su forma con las lineas de corriente del flujo. Se llama cuerpo **romo** aquel que tiende a bloquear el flujo.

2.- Arrastre y sustentación

Arrastre: fuerza que ejerce un fluido sobre un cuerpo en la dirección del flujo.

Sustentación: fuerzas de presión y tangenciales en la dirección normal al flujo.



Presión y fuerzas viscosas actuando sobre un cuerpo

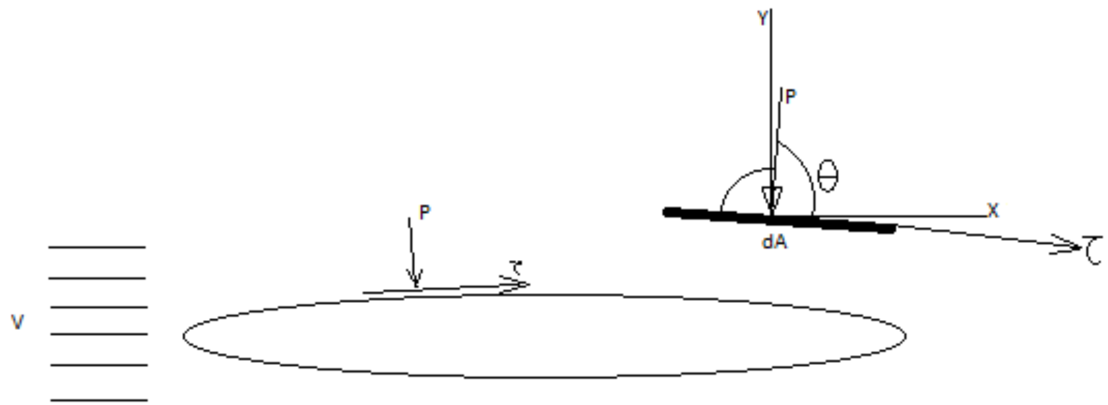
Fuerza de arrastre sobre dA en flujo bidimensional

$$dF_D = -P\,dA\cos\theta + \tau\,dA\,sen\theta$$

Fuerza de sustentación sobre dA en flujo bidimensional

$$dF_L = -P\,dA\,sen\theta - \tau\,dA\cos\theta$$

Θ: ángulo que forma la normal exterior de dA con el flujo positivo



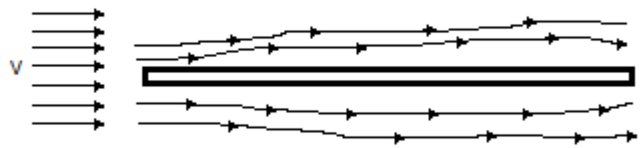
Las fuerzas totales sobre el cuerpo son:

$$F_D = \int dF_D = \int_A \left(-P\, dA \cos\theta + \tau\, dA\, sen\theta\right) dA$$

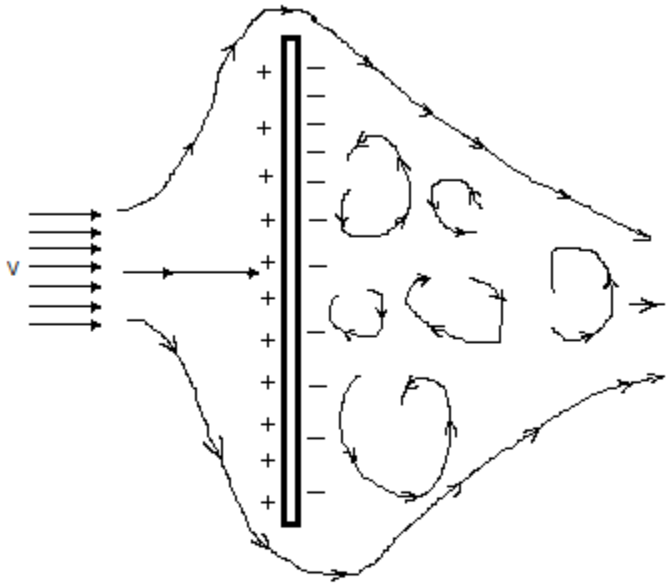
$$F_L = \int dF_L = \int_A \left(-P\, dA\, sen\theta - \tau\, dA \cos\theta\right) dA$$

Estas ecuaciones se integran numéricamente cuando el análisis se realiza con un ordenador. Si el análisis es experimental estas ecuaciones no son prácticas ya que lo que se necesita conocer es la fuerza de arrastre y sustentación resultante que actúa sobre todo el cuerpo. Esto se mide fácilmente en un túnel de viento.

Caso particular: placa plana delgada alineada y paralela con el flujo.

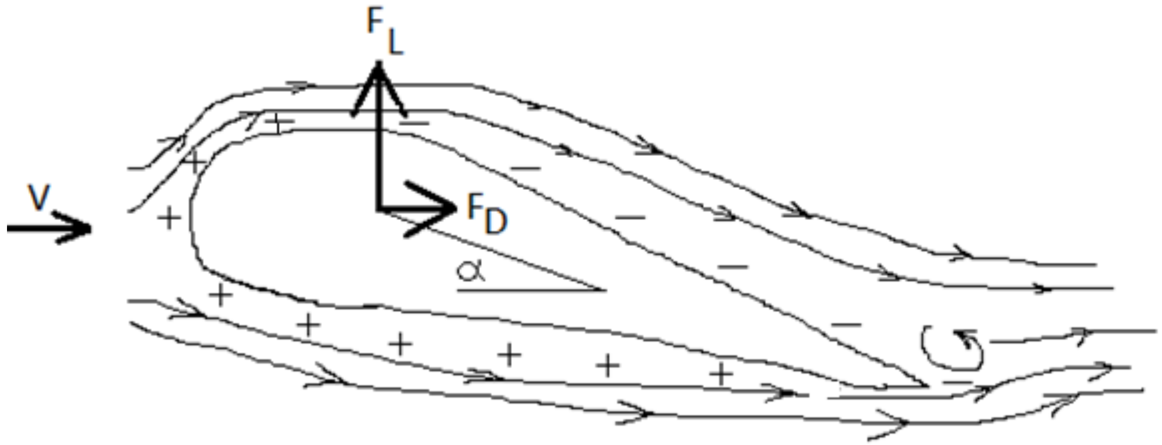


$\theta = 90^{o} \Rightarrow \cos\theta = 0$ Luego la fuerza de arrastre sólo depende de ζ



$\theta = 0^{o} \Rightarrow sen\theta = 0$ Luego la fuerza de arrastre sólo depende de la presión

Caso particular: perfiles de alas.



Las alas se posicionan de tal manera en velocidad crucero que la fuerza de sustentación sea máxima para un arrastre mínimo. Cuerpos currentilíneos reducen vibraciones y ruido.

F_D y F_L dependen entre otras variables de:

- Densidad del fluido
- Velocidad del flujo
- Tamaño y forma del cuerpo
- Orientación del cuerpo respecto del flujo

No es práctico el trabajar con tantas variables, por ello se recurre a parámetros adimensionales que representen las características de arrastre y sustentación del cuerpo. Son coeficientes promedio de todo el cuerpo. Dentro del cuerpo existen coeficientes locales.

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$ Coeficiente de arrastre

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$ Coeficiente de sustentación

3.- Coeficientes de arrastre para geometrías más comunes

A pesar de que el arrastre es provocado por los efectos de la presión y la fricción es difícil determinarlos por separado, por lo general se determina el arrastre total. El coeficiente de arrastre depende del nº de Re en especial para $Re<10^4$, para $Re>10^4$, los coeficientes de arrastre permanecen casi ctes para la mayoría de las geometrías.

Se definen tres tipos de flujos:

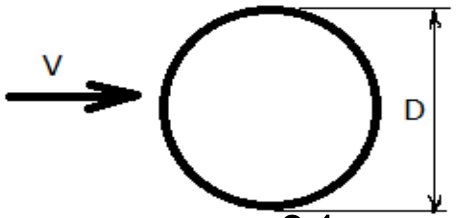
- •Flujo de Stokes: Re<1
- •Flujo laminar: Re medio
- •Flujo turbulento: Re alto

Para el flujo de Stokes los efectos inerciales son despreciables, el fluido se enreda suavemente alrededor del cuerpo. El C_D es inversamente proporcional al Re.

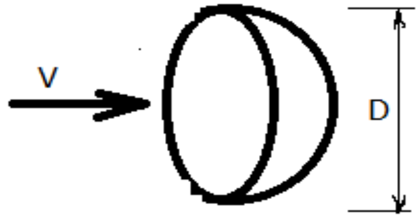
$$C_D = \frac{24}{R_e}(esfera); F_D = C_D\, A\frac{\rho V^2}{2} = \frac{24}{R_e}\frac{\pi D^2}{4}\frac{\rho V^2}{2} = \frac{24}{\frac{\rho VD}{\eta}}\frac{\pi D^2}{4}\frac{\rho V^2}{2} = 3\pi\eta V D$$

Ley de Stokes (partículas sólidas en aire, suspendidas en agua,…)

C_D para Re<1:

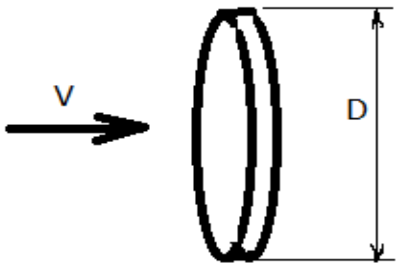


$$C_D = \frac{24}{R_e}$$



$$C_D = \frac{22,2}{R_e}$$

$$C_D = \frac{20,4}{R_e}$$



$$C_D = \frac{13,6}{R_e}$$