

# FISICA I UTN-FRC

## UNIDAD 15: MOVIMIENTO DE UN FLUIDO VISCOSO INTRODUCCIÓN – LEY DE STOKES – EFECTO MAGNUS: FUERZA DE SUSTENTACIÓN

### Introducción:

A continuación se describirán algunos fenómenos físicos que ocurren cuando ciertos objetos de distintas formas geométricas, generalmente aerodinámicas, se mueven dentro de un fluido real.

### Ley de Stokes:

Hace referencia a la fuerza de fricción  **$F_d$**  que experimenta un objeto esférico cuando se mueve a través del seno de un fluido viscoso bajo un régimen laminar, es decir para un Número de Reynolds bajo.

Esta ley es válida para el movimiento de partículas esféricas pequeñas, moviéndose a velocidades bajas. Es una ley empírica y puede escribirse como:

$$F_d = 6 \cdot \pi \cdot r \cdot n \cdot v \quad (1)$$

Donde:

**$r$**  = *radio de la esfera*

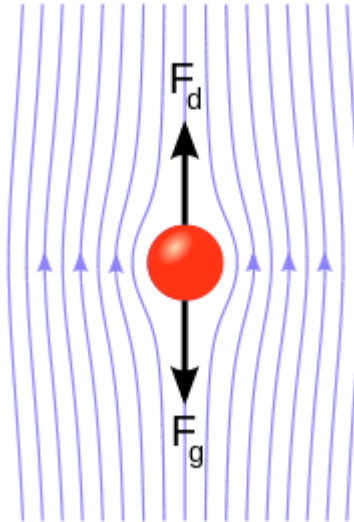
**$n$**  = *viscosidad*

**$v$**  = *rapidez de caída de la esfera*

La condición de un Número de Reynolds bajo implica un flujo laminar, lo cual puede traducirse en una velocidad relativa entre la esfera y el medio, inferior a un cierto valor crítico, es decir,  $Re \leq 2000$ . En estas condiciones la resistencia que ofrece el medio es debida casi exclusivamente a las fuerzas de rozamiento que se oponen al deslizamiento de unas capas de fluido sobre otras, a partir de la capa límite adherida al cuerpo. La ley de Stokes se ha comprobado experimentalmente en multitud de fluidos y condiciones.

Luego, si la esfera está cayendo verticalmente en un fluido viscoso debido a su propio peso, puede calcularse la velocidad de caída o sedimentación igualando la fuerza de fricción con el peso aparente de la partícula en el fluido.

La siguiente figura ilustra un Diagrama de Cuerpo Libre y las respectivas líneas de corriente.



Un cuerpo que cumple la Ley de Stokes se ve sometido a dos fuerzas, la gravitatoria y la de arrastre. En el momento que ambas se igualan y su aceleración se vuelve nula, hace que la esfera se mueva con una velocidad de caída constante.

La fórmula empírica que permite calcular la velocidad de caída es:

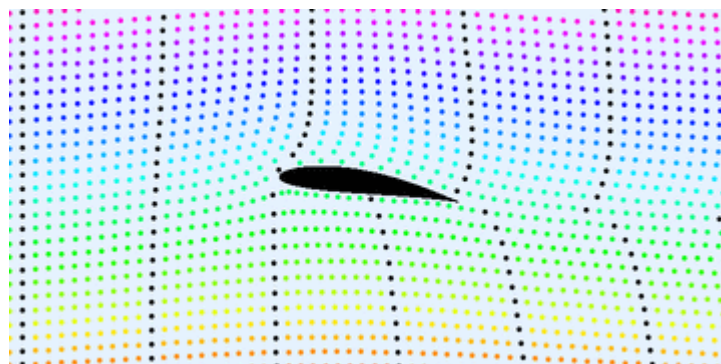
$$V_C = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_f)}{n} \quad (2)$$

Donde:

$r$  = radio de la esfera  
 $g$  = aceleración de la gravedad  
 $\rho_e$  = densidad de la esfera  
 $\rho_f$  = densidad del fluido  
 $n$  = viscosidad del fluido

### Otras aplicaciones de la Dinámica de los Fluidos – Efecto Magnus – Sustentación:

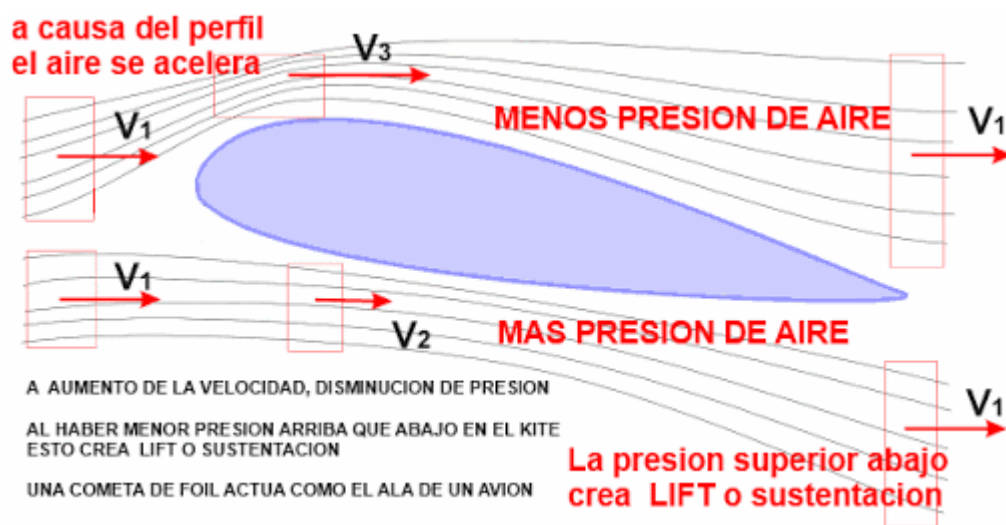
Si analizamos el ala de un avión vista en corte moviéndose en el seno de un fluido como el aire, se pueden observar las líneas de corriente a partir de la siguiente figura:



Como el borde de ataque es de mayor espesor que el borde de fuga, una partícula que pasa por la parte superior del ala del avión debe recorrer una mayor distancia que otra que pasa por la parte inferior. Entonces para que ambas lleguen al mismo tiempo a la parte de atrás, habiendo iniciado juntas el movimiento, la de arriba debe ir más rápido que la de abajo. Eso genera una diferencia de presión entre la parte superior e inferior del ala que da la **Fuerza de Sustentación** hacia arriba porque:

1. a mayor velocidad menor presión y esto ocurre en la parte superior.
2. a menor velocidad, mayor presión. Esto sucede en la parte inferior

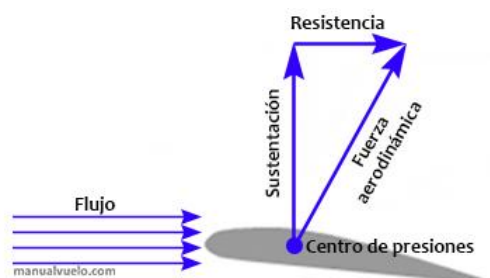
y todo esto está de acuerdo con lo estudiado en la Unidad 14 cuando hicimos el análisis de las presiones laterales en un ducto que reduce su sección transversal.



Se sabe además que la fuerza de sustentación depende de muchos factores, entre ellos:

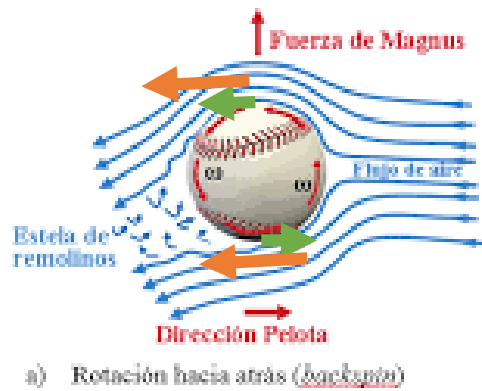
- rapidez del avión.
- el área del ala.
- la curvatura del ala.
- el ángulo del ala y la horizontal.

En general, un objeto que se mueve a través del seno de un fluido experimenta siempre esta **Fuerza de Sustentación**, pero en el caso del avión también se visualiza una fuerza opuesta a la rapidez del mismo debido a la fricción, que se denomina **Fuerza de Resistencia**. Entonces la suma de la Fuerza de Sustentación con la Fuerza de Resistencia da finalmente la Fuerza Resultante denominada **Fuerza Aerodinámica**, que es la que le permite volar al avión.

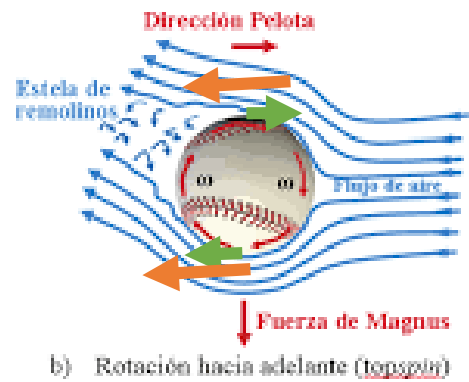


Otros ejemplos interesantes son la pelota de fútbol-tenis-golf y la máquina que sirve para vaporizar un líquido.

Las siguientes figuras y explicaciones ponen de manifiesto otras aplicaciones de la Dinámica de Fluidos.



**Zona inferior:** menos velocidad más presión  
**Zona superior:** más velocidad menos presión



**Zona inferior:** más velocidad menos presión  
**Zona superior:** menos velocidad más presión

Es todo!!!

Le deseo Éxitos en su estudio. Hasta la próxima!!!

Ing. Juan Lancioni.

Nota: las imágenes fueron tomadas desde la web.