

Hidrodinámica

Flujo

Cantidad de masa (o de fluido) que atraviesa una (pequeña) superficie por unidad de tiempo y superficie.

Si en un punto del fluido la densidad es ρ y la velocidad es \mathbf{v} el flujo está dado por $\rho\mathbf{v}$.

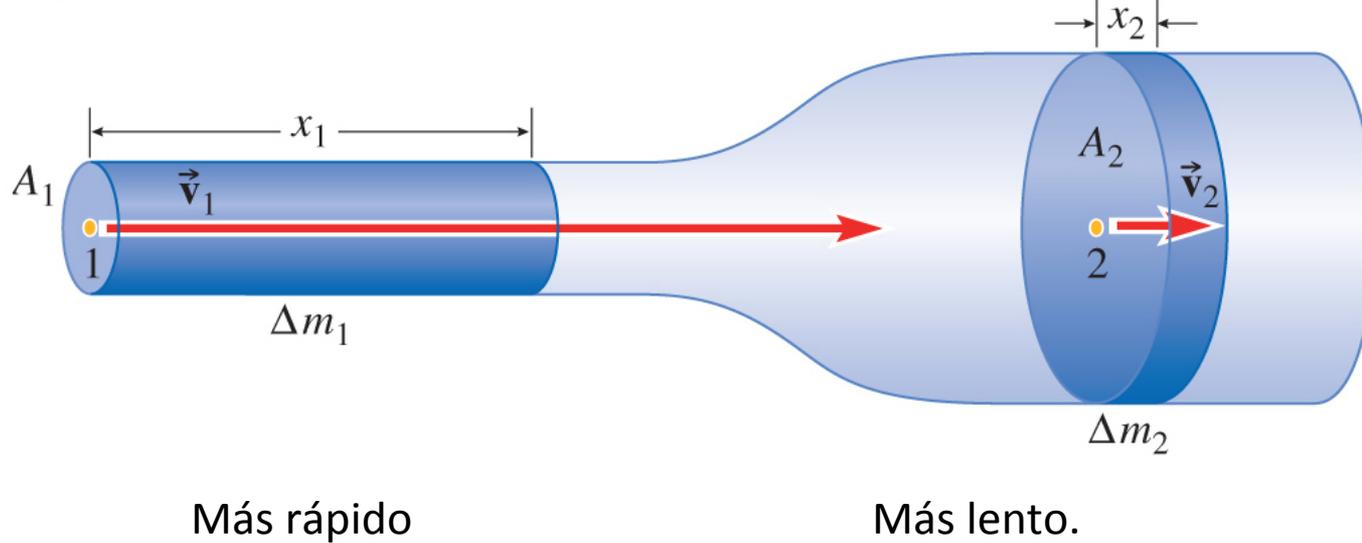
Flujo estacionario: cuando el flujo en un dado punto del fluido no varía en el tiempo. Los líquidos suelen ser fluidos incompresibles (no varía ρ). La estacionariedad entonces depende de \mathbf{v} . Sin embargo, en distintos puntos del fluido la velocidad puede ser distinta. Su variación está regida por la ecuación de continuidad (conservación de la masa del fluido).



Caudal: cantidad de masa (o de fluido) que atraviesa una superficie por unidad de tiempo. Ejemplo, un caño por el que circula agua, el caudal me dice cuánta agua (o masa de agua) atraviesa la sección transversal del caño por unidad de tiempo.

Ecuación de continuidad

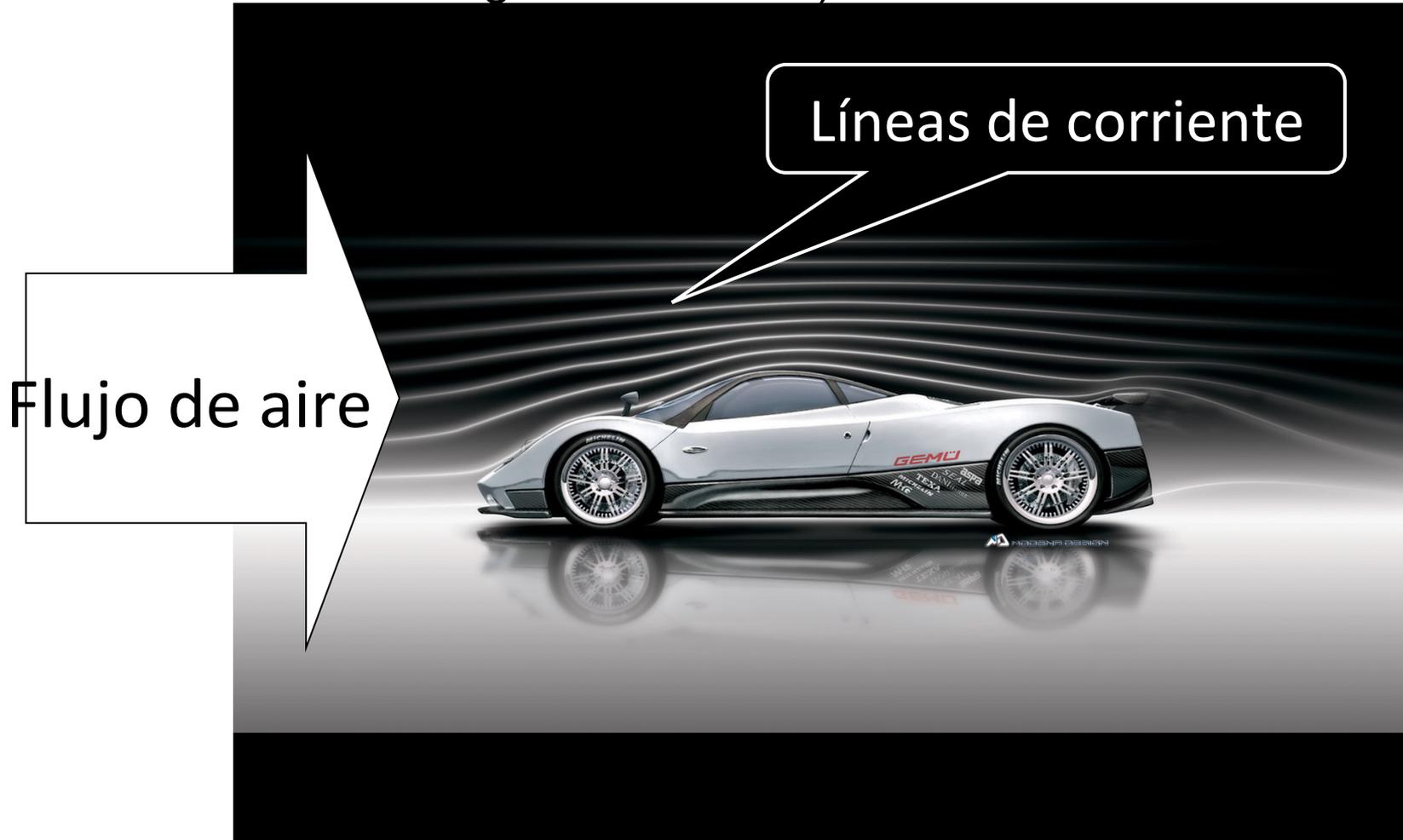
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



El caudal es el mismo a través de A_1 y de A_2 . Eso determina que el flujo (y, por lo tanto, la velocidad) sea distinto.

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

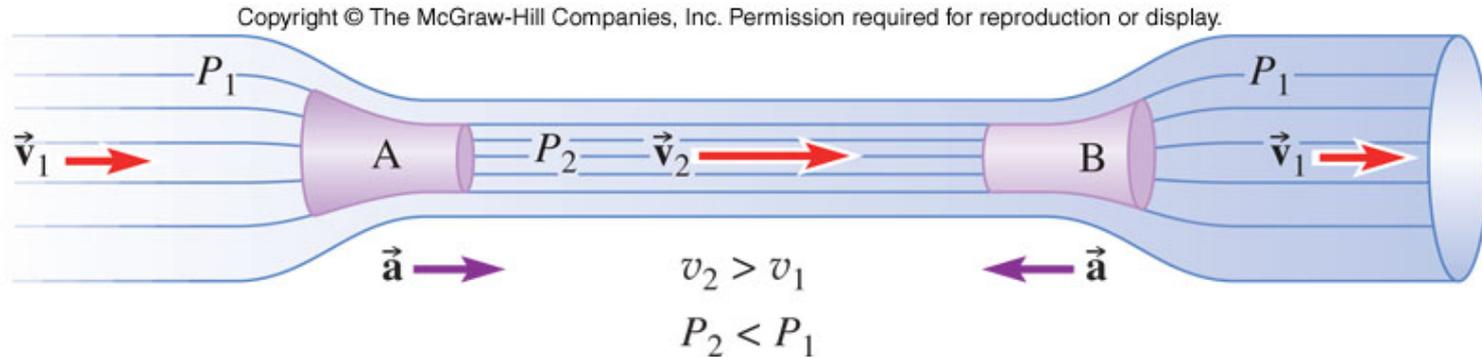
Forma de visualizar dónde el flujo es más o menos intenso: dibujar líneas de corriente paralelas al flujo en cada punto. Dónde están más “apretadas” el flujo es más intenso. Las líneas no se cortan (convergen en sumideros o divergen en fuentes).



Túnel de viento.

Ecuación de Bernoulli

Describe la conservación de la energía



$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

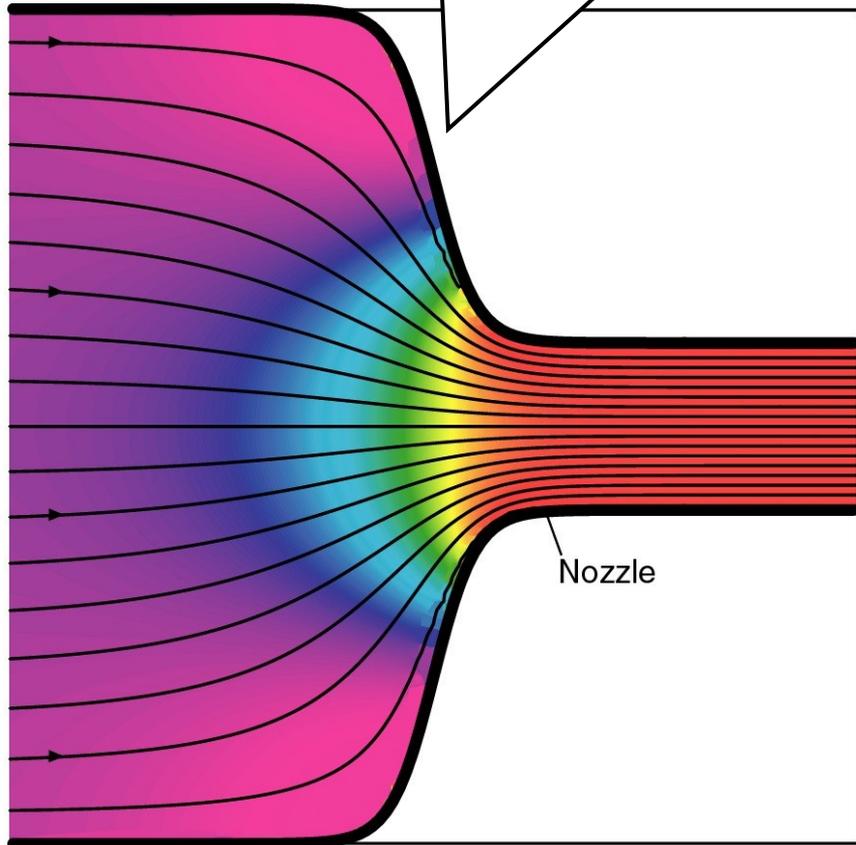
Trabajo por
unidad de
volumen
hecho por el
fluido

Energía
potencial
por
unidad de
volumen

Energía
cinética por
unidad de
volumen

Los puntos 1 y 2
deben estar sobre
la misma línea de
corriente.

Líneas de corriente

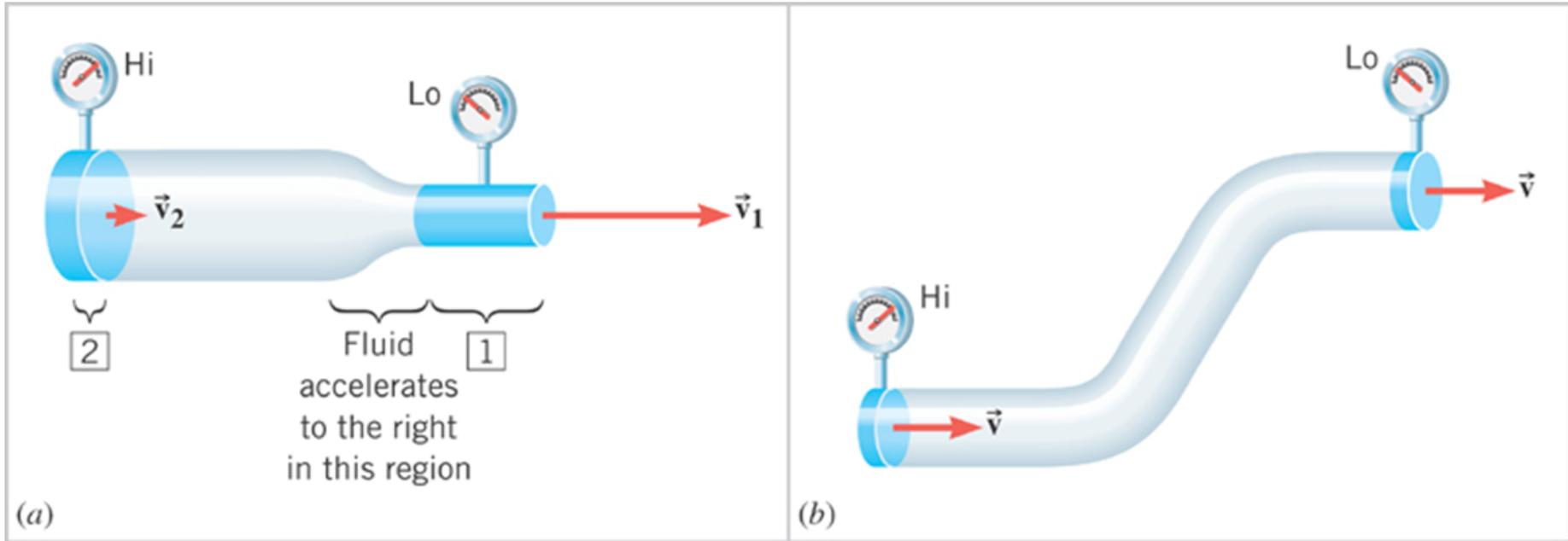


- Donde las líneas están más separadas entre sí la velocidad es menor.
- El color indica presión. Usando Bernoulli (despreciando el término de energía potencial) llegamos a que donde es menor la velocidad la presión debe ser mayor.

High
pressure

Low
pressure

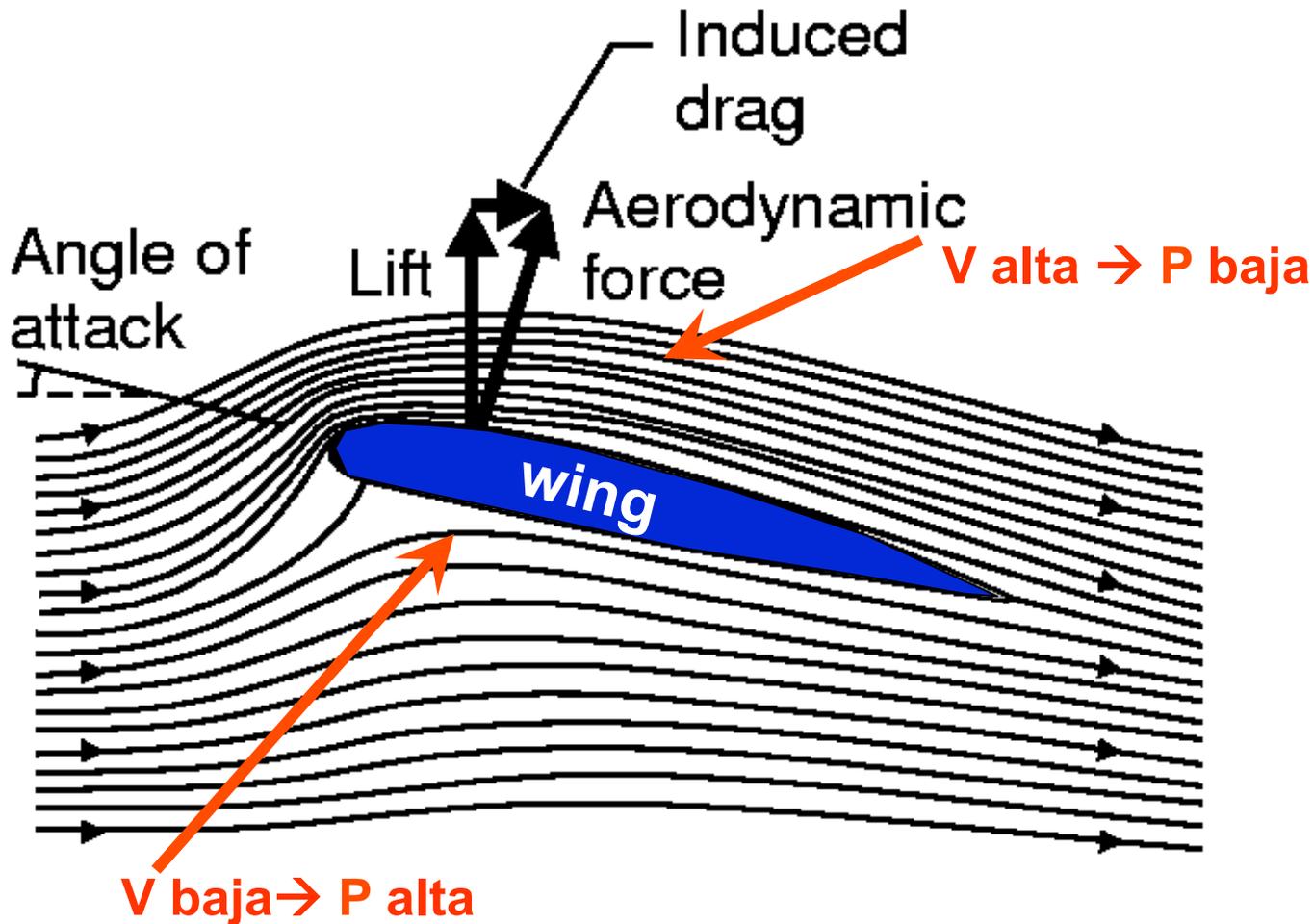
Bernoulli



$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Líneas de corriente alrededor de un ala

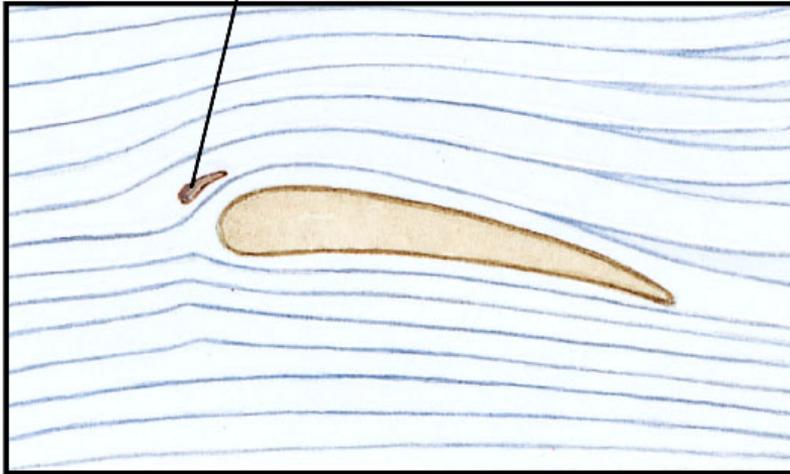
En el sistema de referencia del avión, el aire se mueve hacia él. La forma y posición del ala “tuerce” las líneas de corriente de modo que ayuden al sostén del avión.



Ala de los pájaros

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Wing slot directs fast-moving air over wing surface

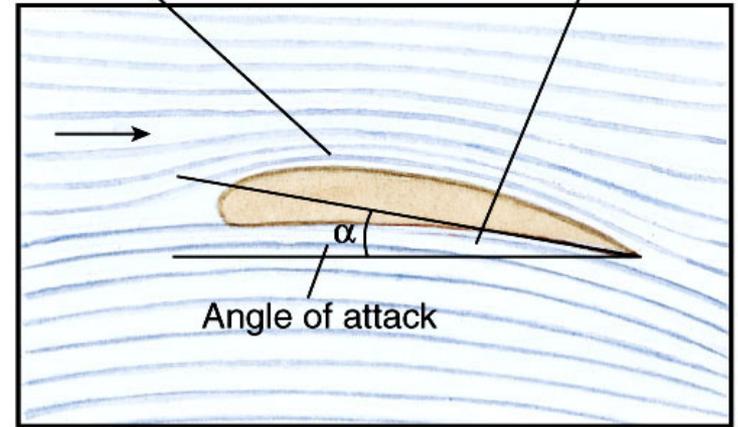


Preventing stall with wing slots

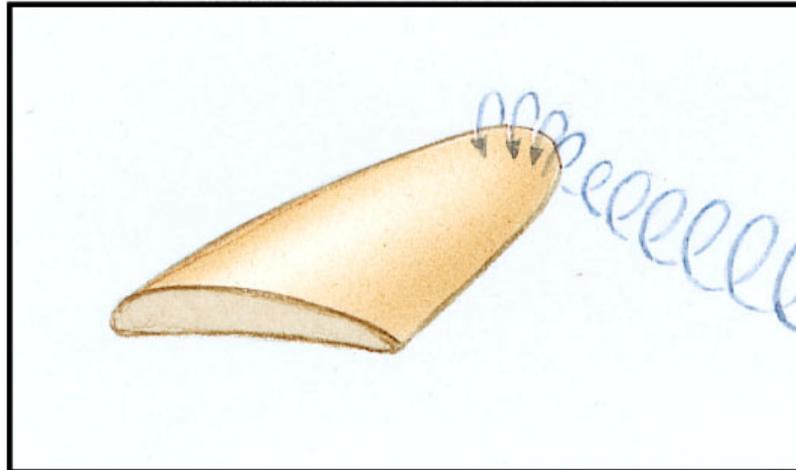
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Lowest pressure and greatest lift where air flow is fastest

Smaller area of high pressure and lift beneath wing

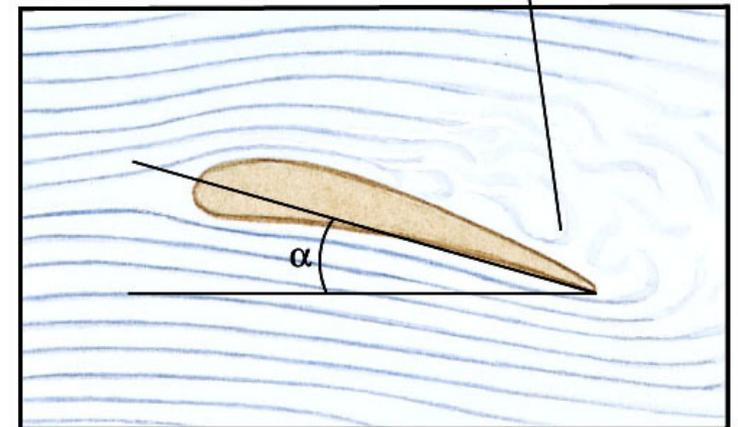


Air flow around wing



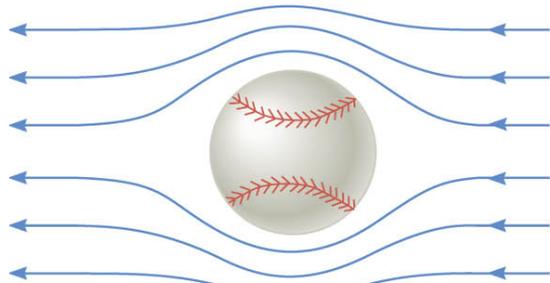
Formation of wing tip vortex

Lift-destroying turbulence

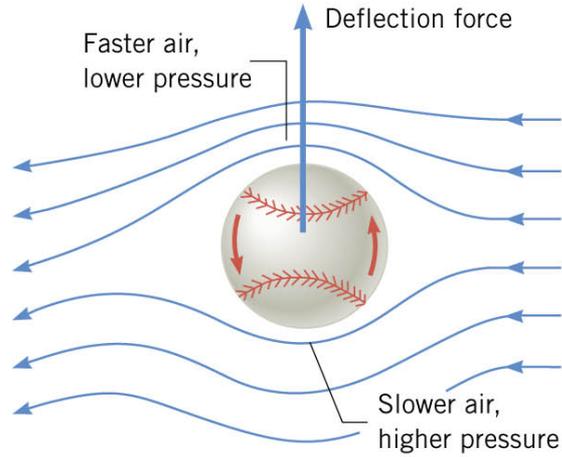


Stalling at low speed

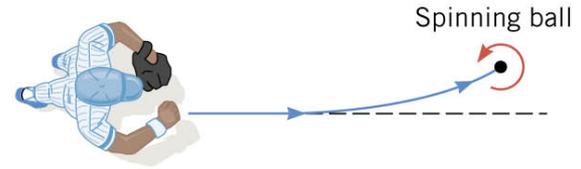
Otra aplicación de Bernoulli



(a) Without spin



(b) With spin



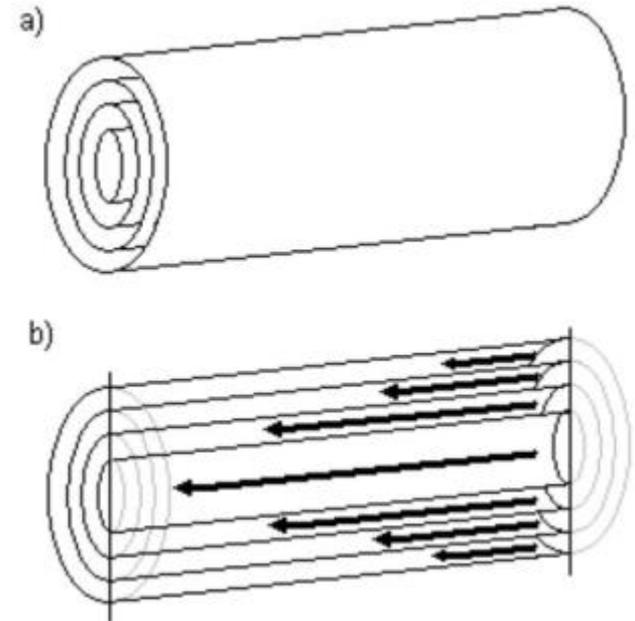
(c)

Viscosidad

Fluido ideal: las distintas capas del fluido pueden fluir una sobre otra (o sobre las paredes de los recipientes) sin sentir fricción (no tiene viscosidad).

Los **fluidos reales** son viscosos. Se “pegan” a las paredes de los recipientes que los contienen. Esto genera gradientes de velocidad en la dirección transversal a la del flujo.

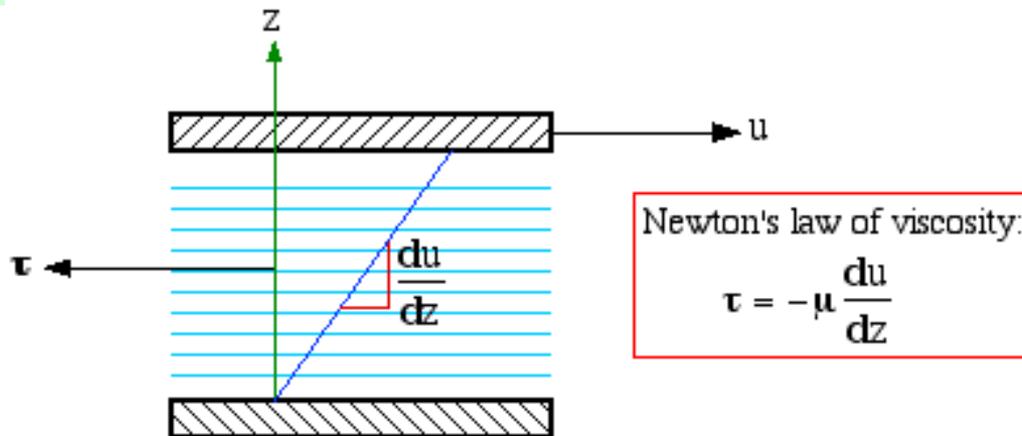
Las distintas capas de fluido que intentan desplazarse relativamente sienten una fuerza de fricción. Esto implica una pérdida de energía.



Viscosidad

Dadas dos capas de fluido en contacto entre sí, si tomo una pequeña porción de la superficie en contacto entre ambas, la fuerza que se ejerce a través de esa superficie por unidad de área se llama **stress (tensión mecánica)**.

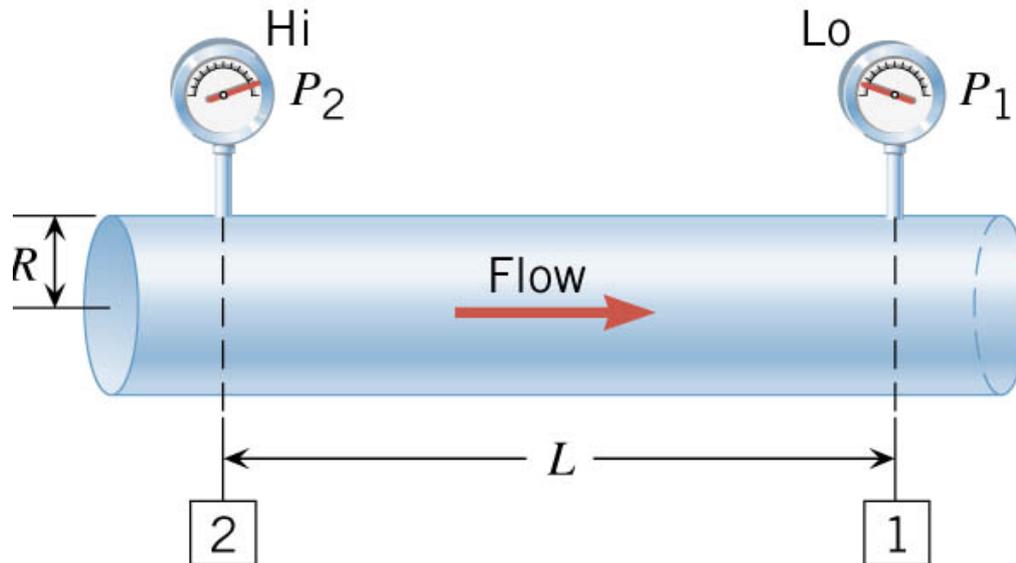
La componente de ese “stress” paralela a la superficie en contacto se llama **shear stress (tensión cortante)**. En un fluido viscoso (Newtoniano) la intensidad del shear stress, τ , es proporcional a la diferencia de velocidad entre las dos capas de fluidos. La constante de proporcionalidad es el coeficiente de viscosidad dinámica, μ .



El flujo laminar de un fluido viscoso a lo largo de un cilindro de radio constante, R , y longitud L entre cuyos extremos hay una diferencia de presión $P_2 - P_1$ es el llamado flujo de Poiseuille. El caudal (en volumen de líquido por unidad de tiempo) está dado por:

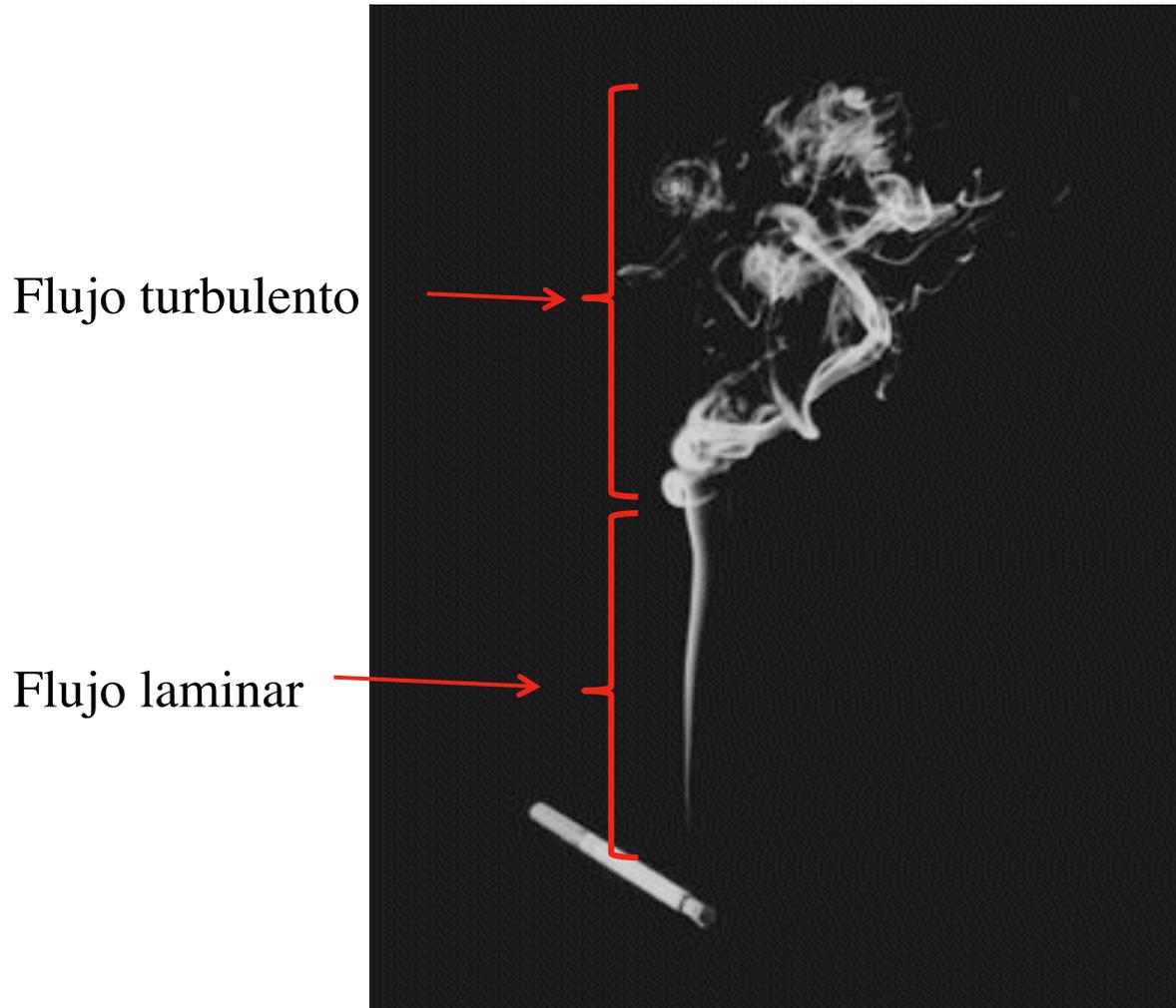
$$Q = \frac{\pi R^4 (P_2 - P_1)}{8\mu L}$$

Donde μ es la viscosidad del fluido



La mayor o menor viscosidad del fluido influye en si el flujo es mas o menos desordenado.

Flujo laminar (ordenado): el fluido fluye en capas.
El flujo laminar es opuesto al **turbulento**.



La transición de un flujo laminar a uno turbulento está regida por el número de Reynolds, Re.



Velocidad

↓

$$Re = \frac{U \ell}{\nu}$$

← Escala espacial

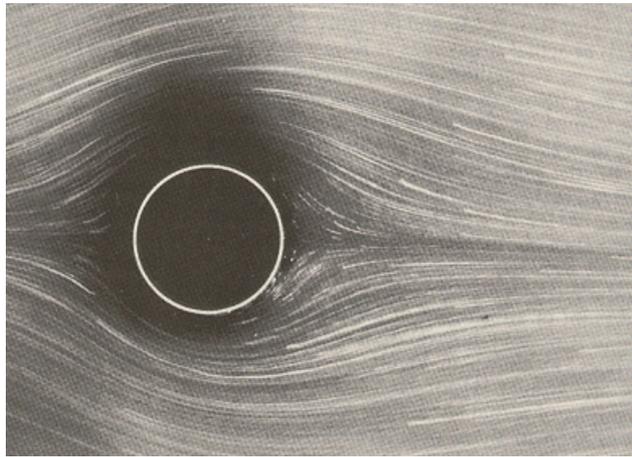
← Viscosidad cinemática

Re < 500 – laminar

500 < Re < 2000 – transición

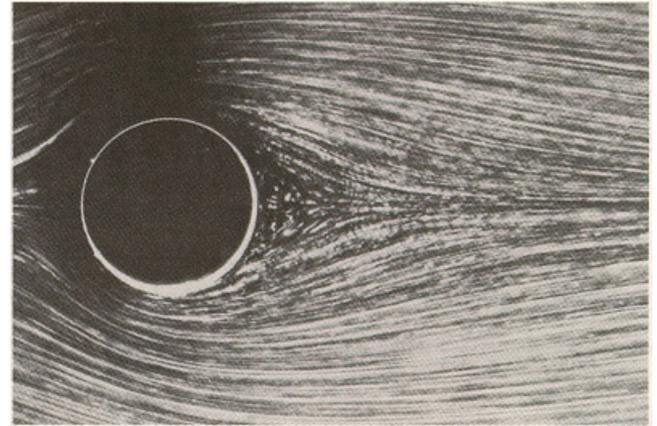
Re > 2000 - turbulento

Número de Reynolds

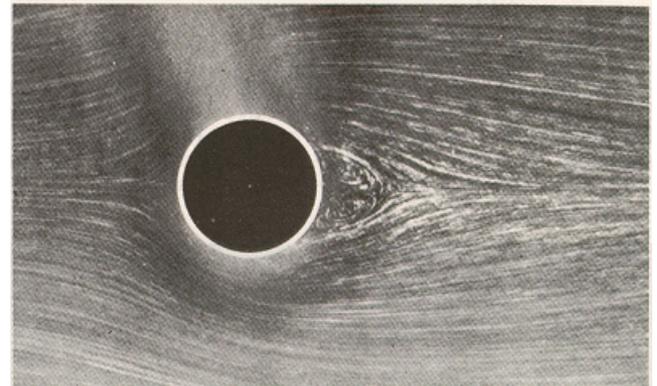


Re = 1.54

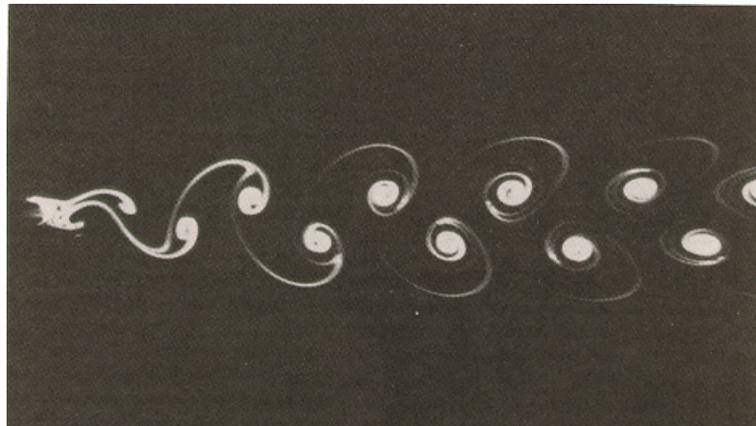
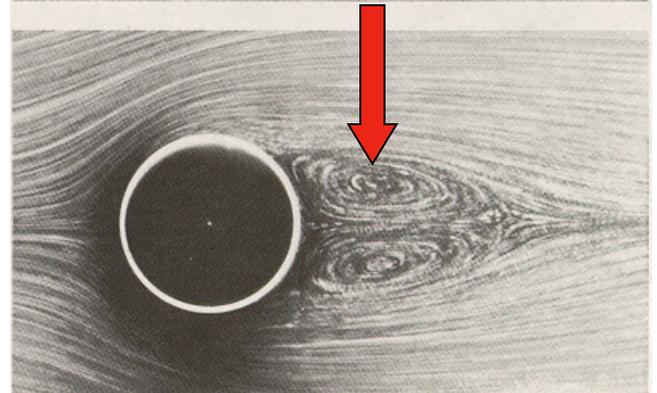
Re = 9



Re = 13



Re = 26



Re = 105