

Fluidos

Física General III (FIS 130)

José Miguel Pinto

jose.pinto@usm.cl

Naturaleza de los fluidos

- La mecánica de fluidos es el estudio del comportamiento de los fluidos, tanto en reposo como en movimiento.
- Los fluidos pueden ser líquidos y gases.
- Caracterizar los fluidos por medio de sus propiedades físicas: presión, temperatura, volumen, masa, viscosidad.

Diferencias entre líquidos y gases

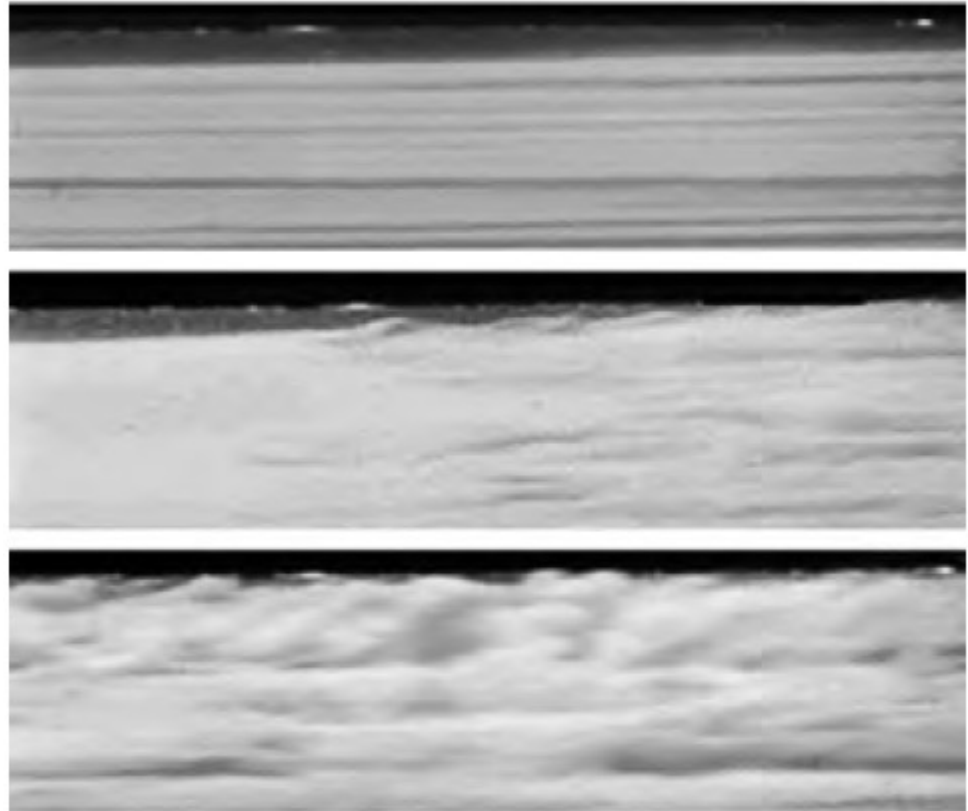
La compresibilidad es el cambio de volumen de una sustancia cuando hay un cambio en la presión que experimenta.

- Los líquidos son sustancias incompresibles.
- Los gases son fácilmente compresibles.



Flujo laminar y turbulento

- Flujo laminar
- Flujo de transición
- Flujo turbulento



Número adimensional de Reynolds

Definición de presión

Presión es la cantidad de fuerza ejercida sobre un área unitaria de una sustancia.

$$p = \frac{F}{A}$$

- La presión actúa uniformemente en todas direcciones sobre un pequeño volumen de fluido.
- En un fluido confinado por fronteras sólidas, la presión actúa de manera perpendicular a la pared.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$$

Compresibilidad

- Es el cambio de volumen de una sustancia que está sujeta a un cambio de presión que se ejerce sobre ella.
- La cantidad para medir la compresibilidad es el módulo volumétrico de elasticidad (E):

$$E = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V}$$

Líquido*	Módulo volumétrico MPa
Alcohol etílico	896
Benceno	1062
Aceite industrial	1303
Agua	2179
Glicerina	4509
Mercurio	24750

*Presión atmosférica y 20 °C

Densidad y volumen específico

- Densidad es la razón entre la masa y el volumen de una sustancia:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- Volumen específico es el recíproco de la densidad:

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$$

Material	Densidad kg/m ³
Aire (1 atm, 20°C)	1,20
Hielo	920
Agua	1.000
Agua de mar	1.030
Sangre	1.060
Glicerina	1.260
Aluminio	2.700
Hierro, acero	7.800
Cobre	8.900
Mercurio	13.600
Oro	19.300
Estrella enana blanca	10 ¹⁰
Estrella de neutrones	10 ¹⁸

Peso específico y gravedad específica

- Peso específico es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

$$\gamma = \frac{w}{V} = \rho g$$

- Gravedad específica o densidad relativa de un material es la razón entre su densidad y la del agua a 4 °C.

$$GE = \frac{\rho}{\rho_{\text{agua}}}$$

Presión en un fluido

Un elemento de fluido con volumen y masa:

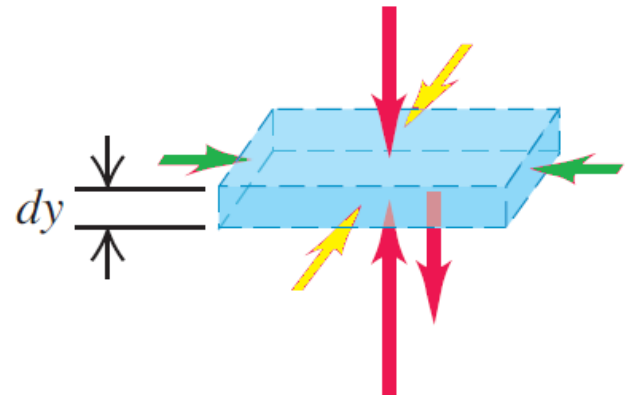
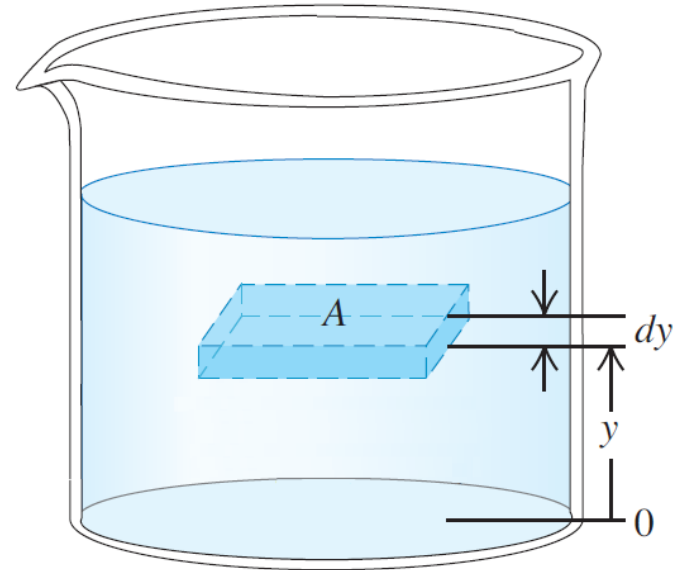
$$dV = A dy$$

$$dm = \rho dV$$

$$dm = \rho A dy$$

Considerando que el fluido está en reposo:

$$\sum F_y = ma_y \rightarrow 0$$



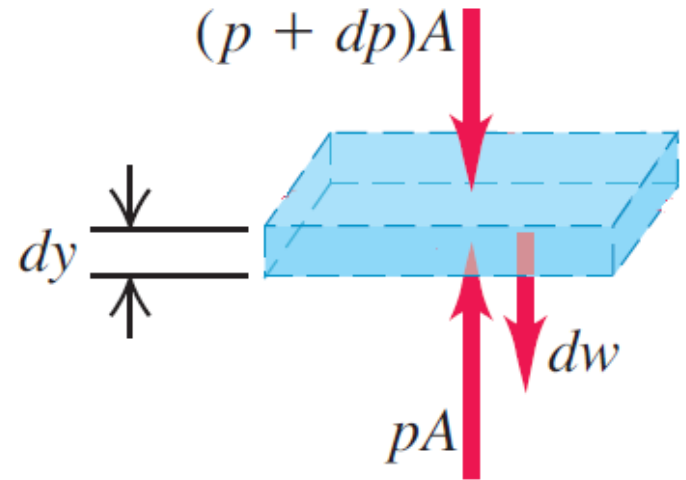
Presión en un fluido

$$p = \frac{F}{A} \implies F = pA$$

Considerando las fuerzas que actúan en el eje vertical:

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ pA - (p + dp)A - \rho g A dy &= 0 \\ -dp - \rho g dy &= 0 \\ \frac{dp}{dy} &= -\rho g\end{aligned}$$

Conforme se sube por el fluido, la presión disminuye.



Presión en un fluido

$$\frac{dp}{dy} = -\rho g$$

$$dp = -\rho g \, dy$$

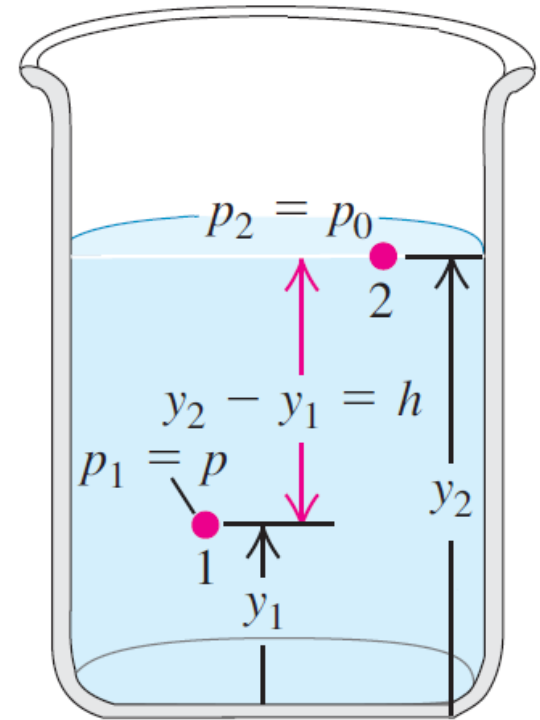
$$\int_{p_1}^{p_2} dp = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g \, dy$$

$$p_2 - p_1 = -\rho g(y_2 - y_1)$$

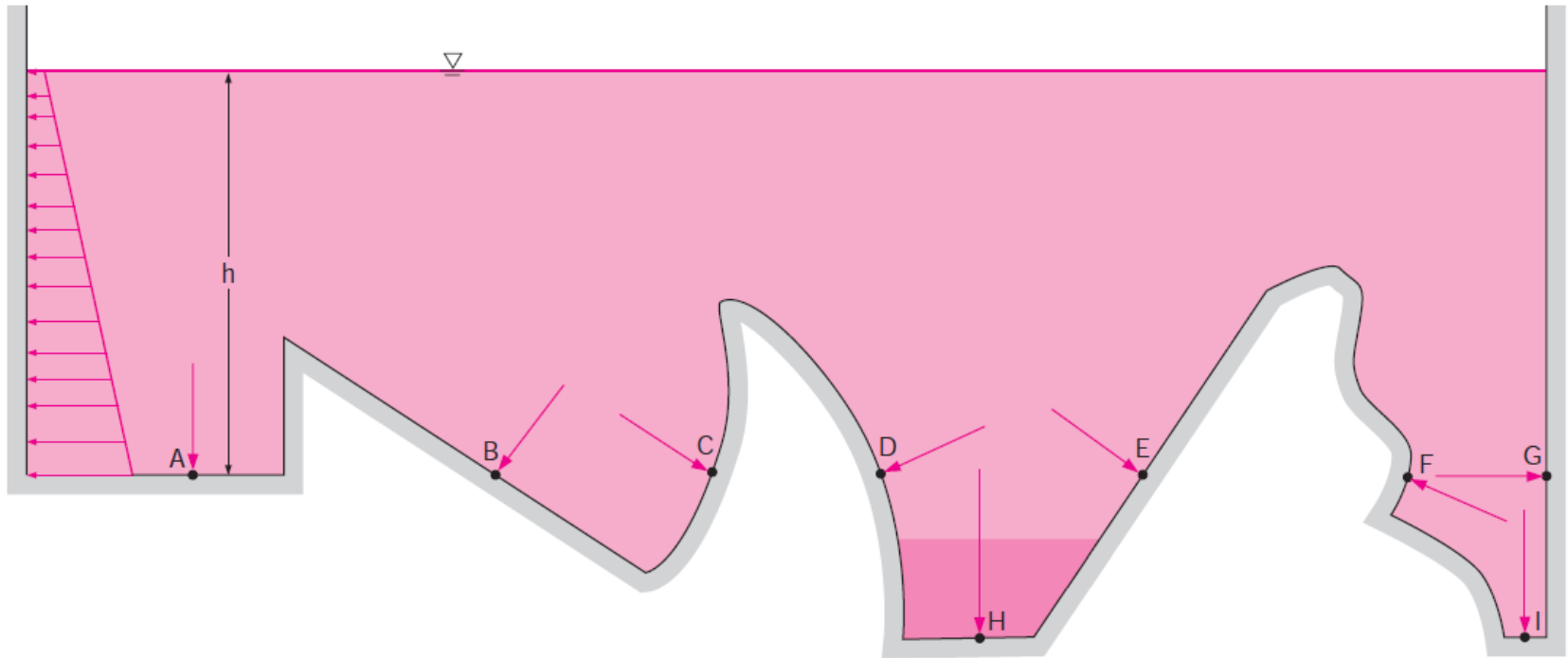
Suele ser más útil expresar la profundidad bajo la superficie de un fluido.

$$p_1 = p, \quad p_2 = p_0, \quad h = y_2 - y_1$$

$$p = p_0 + \rho g h$$



Presión en un fluido



$$p_A = p_B = p_C = p_D = p_E = p_F = p_G$$

$$p_H \neq p_I$$

Presión absoluta y manométrica

- La presión de referencia normalmente es la presión atmosférica.
- Presión absoluta es la presión que se mide en relación con un vacío perfecto.
- Presión manométrica es la presión que arroja la medición del fluido.

$$p_{\text{abs}} = p_{\text{man}} + p_{\text{atm}}$$

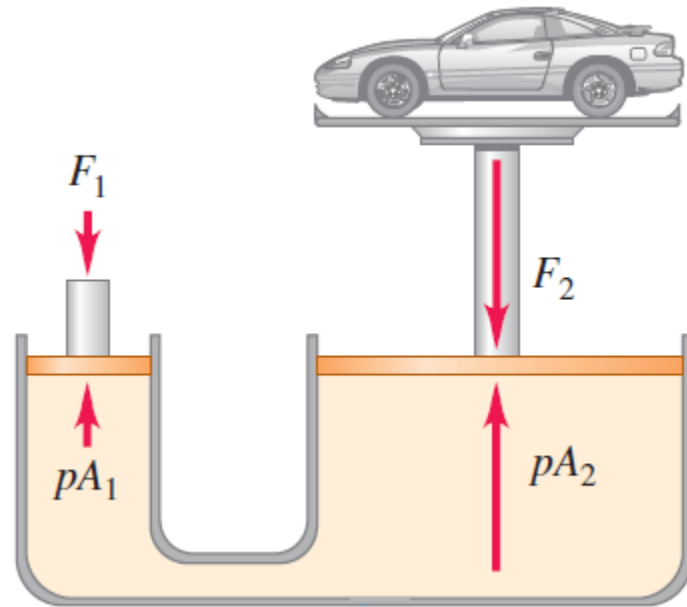
$$p_{\text{abs}} > 0$$

Ley de Pascal

La presión aplicada a un fluido encerrado se transmite sin disminución a todas las partes del fluido y las paredes del recipiente.

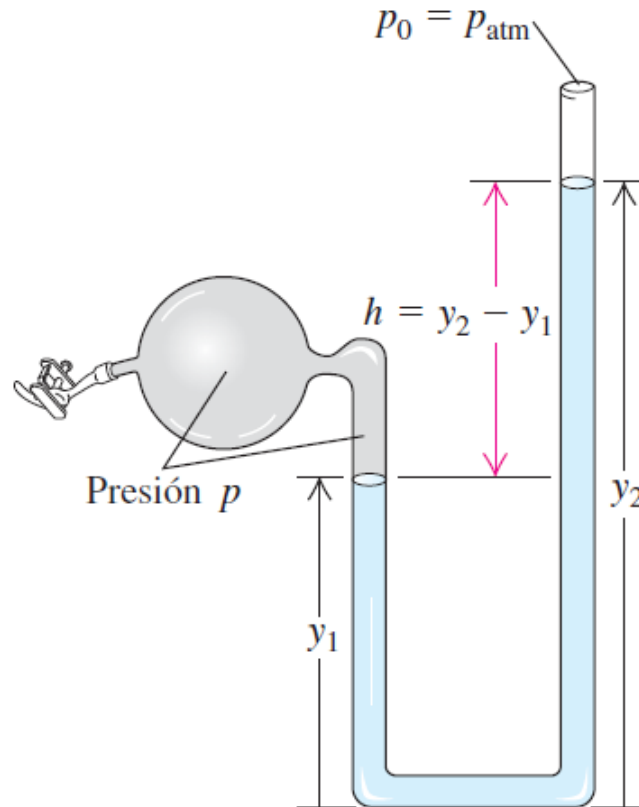
$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$$



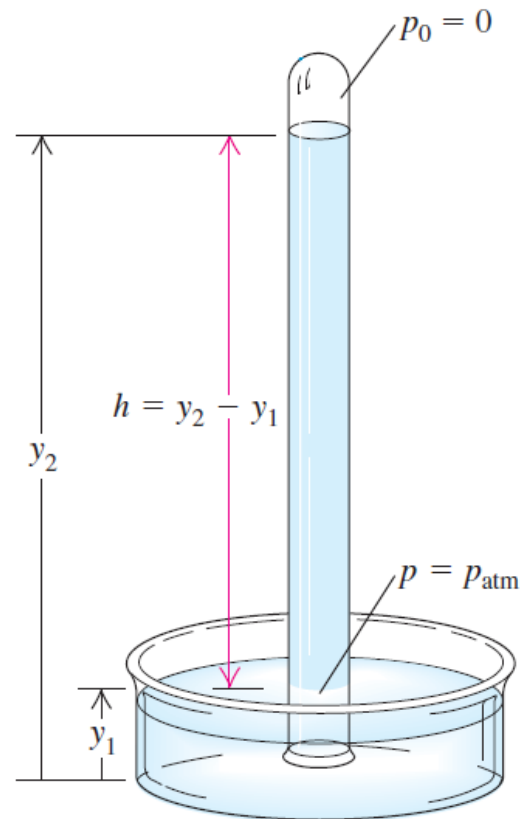
Medidores de presión

- Manómetro: es un instrumento que usa una columna de fluido en reposo para medir diferencias de presión.



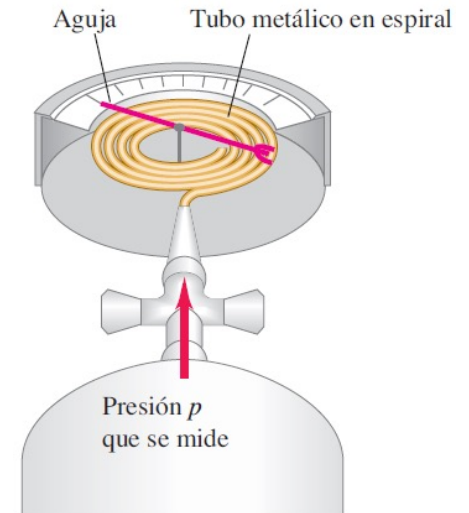
Medidores de presión

- Barómetro de mercurio.



Medidores de presión

- Tubo de Bourdon: al aumentar la presión dentro del tubo metálico en forma de espiral, éste se endereza y desvía la aguja unida a él.
- Transductores de presión: se aplican varias técnicas para convertir el efecto de presión en un efecto eléctrico, como un cambio en la tensión, la resistencia o la capacitancia.



Flotación

Para que un cuerpo flote debe ser menos denso que el fluido.



Película *Le Ballon rouge* de Albert Lamorisse



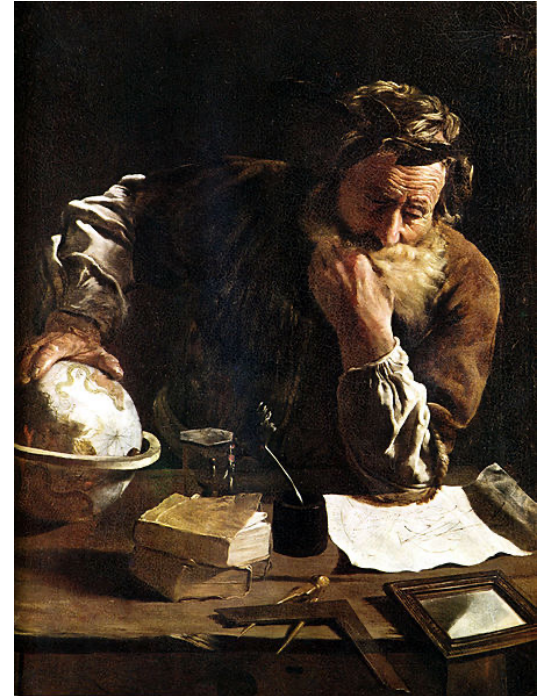
Buque carguero MSC Pamela

Principio de Arquímedes

Si un cuerpo está parcial o totalmente sumergido en un fluido, éste ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo.

Esta fuerza se llama fuerza de empuje, boyante o de flotación y su magnitud está dada por:

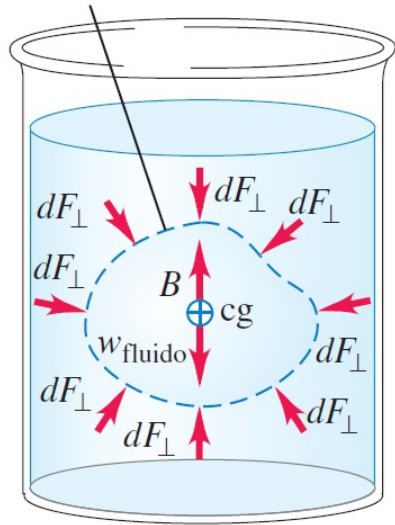
$$B = \rho_f g V_d$$



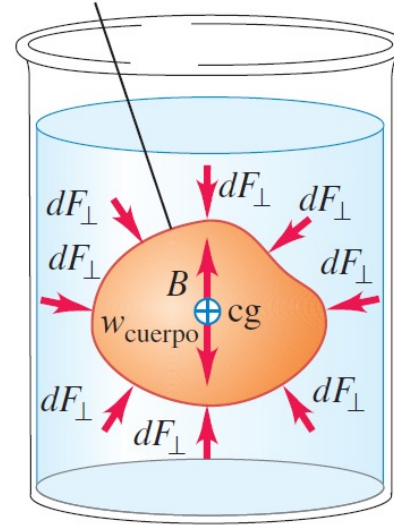
Arquímedes de Siracusa
287 a.C. - 212 a.C.

Principio de Arquímedes

Elemento arbitrario de
un fluido en equilibrio

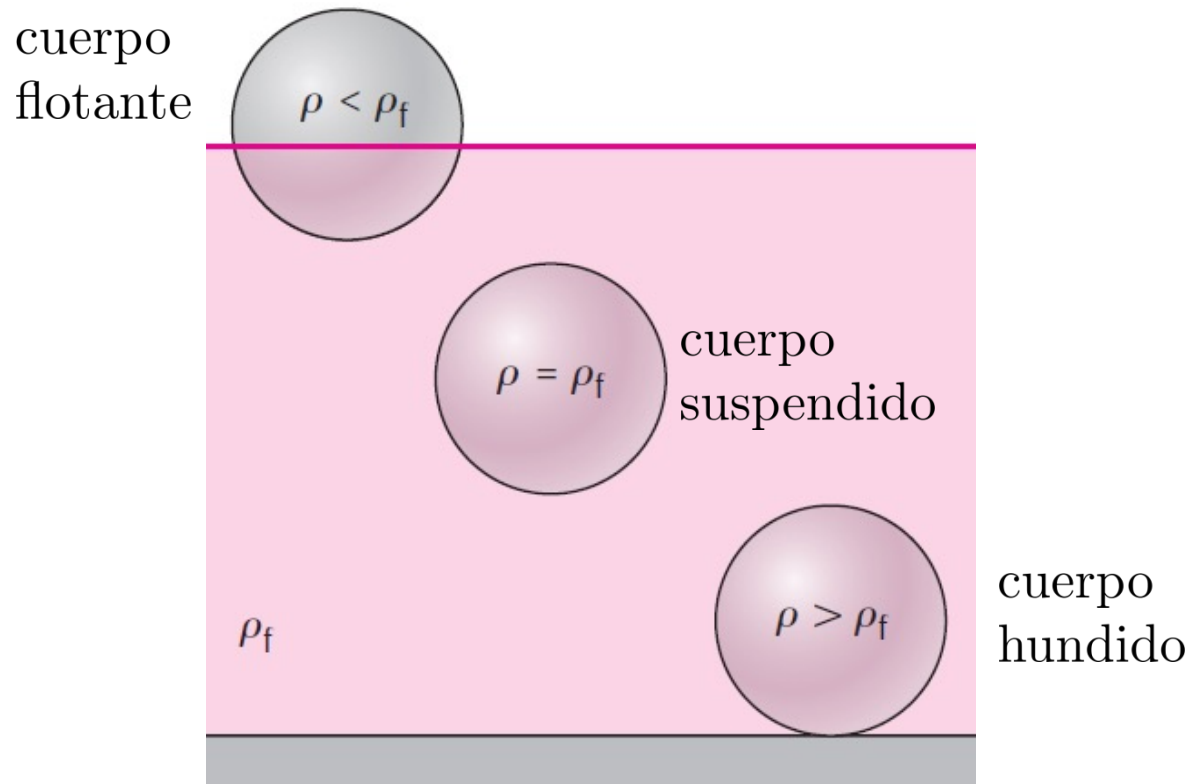


Cuerpo sólido de forma
y tamaño idéntico



$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$
$$\sum \vec{M} = \vec{0}$$

Principio de Arquímedes



Peso aparente

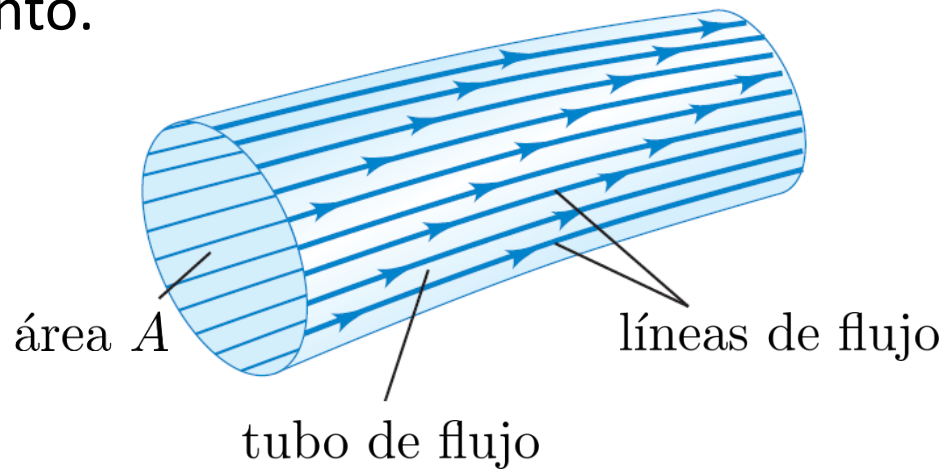
La magnitud del peso aparente corresponde a la diferencia entre el peso de un cuerpo y la fuerza de empuje.

$$P_a = P - B$$



Dinámica de fluidos

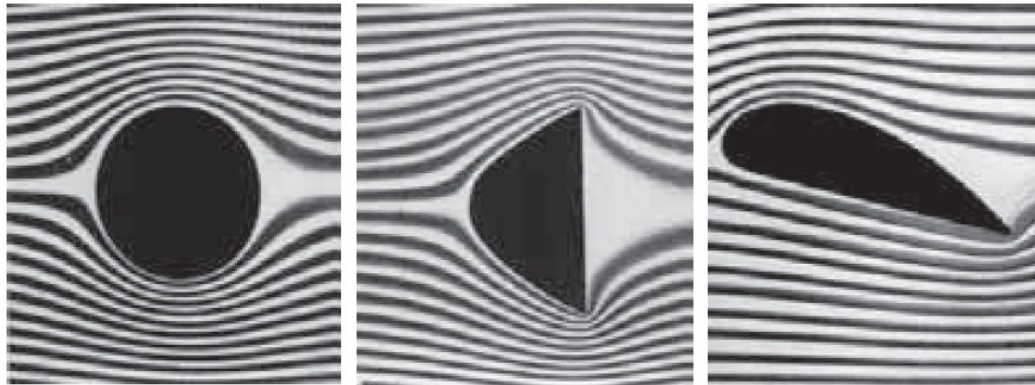
- Un fluido ideal es incompresible, su densidad no cambia y no tiene fricción interna.
- La línea de flujo es el trayecto de una partícula individual en un fluido en movimiento.



- Flujo estable es cuando el patrón global de flujo no cambia con el tiempo, entonces cada elemento que pasa por un punto dado sigue la misma línea de flujo.

Flujo laminar y turbulento

- Flujo laminar



- Flujo turbulento



Ecuación de continuidad

La masa de un fluido en movimiento no cambia al fluir.

$$dm_1 = dm_2$$

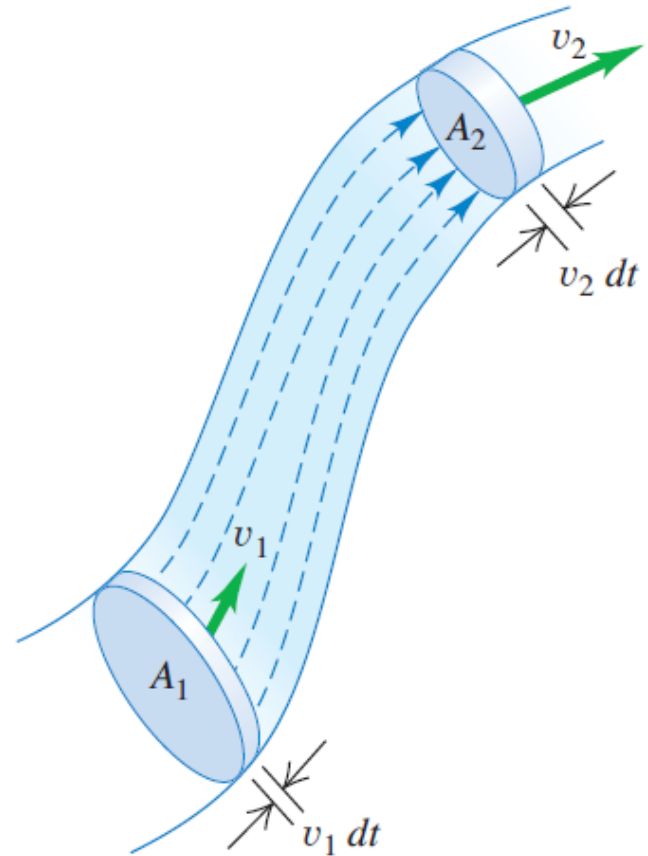
$$\rho \, dV_1 = \rho \, dV_2$$

$$A_1 v_1 \, dt = A_2 v_2 \, dt$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

La tasa de flujo de volumen es:

$$\frac{dV}{dt} = Av$$



Ecuación de Bernoulli

Si consideramos que el fluido es incompresible, el volumen de fluido dV que pasa durante el tiempo dt es el mismo.

$$ds_1 = v_1 dt$$

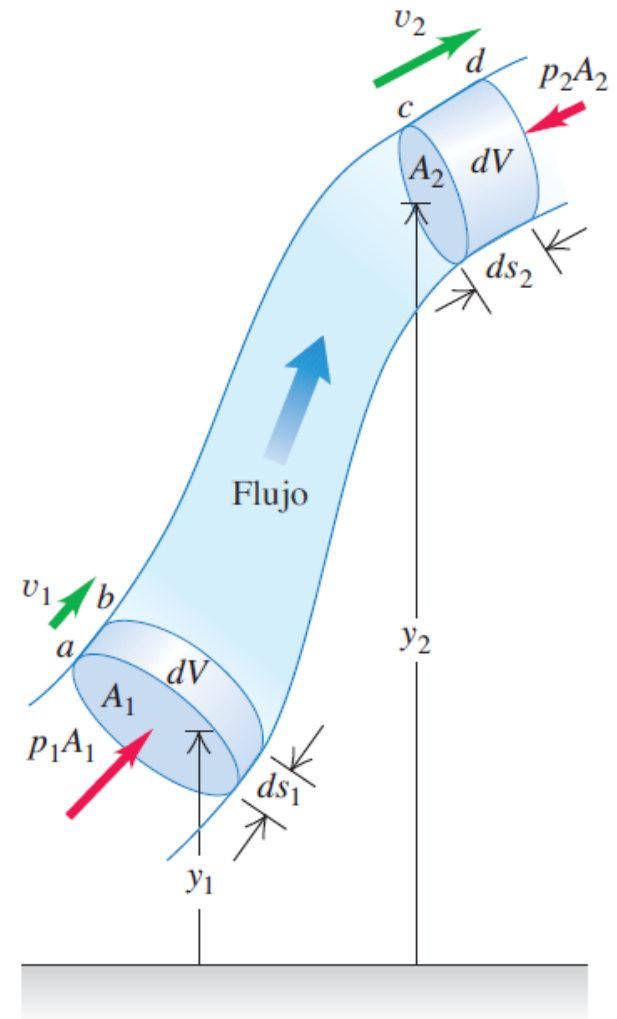
$$ds_2 = v_2 dt$$

$$dV = A_1 ds_1$$

$$dV = A_2 ds_2$$

$$F_1 = p_1 A_1$$

$$F_2 = p_2 A_2$$



Ecuación de Bernoulli

$$W = \Delta E$$

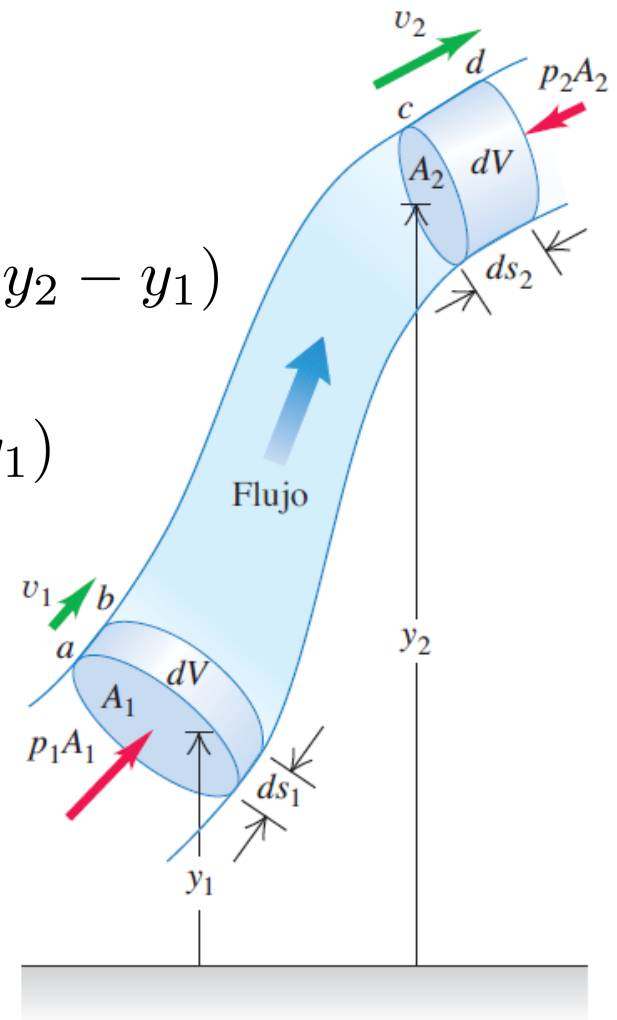
$$W = \Delta K + \Delta U_g$$

$$(p_1 - p_2)dV = \frac{1}{2}\rho dV(v_2^2 - v_1^2) + \rho g dV(y_2 - y_1)$$

$$(p_1 - p_2) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(y_2 - y_1)$$

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

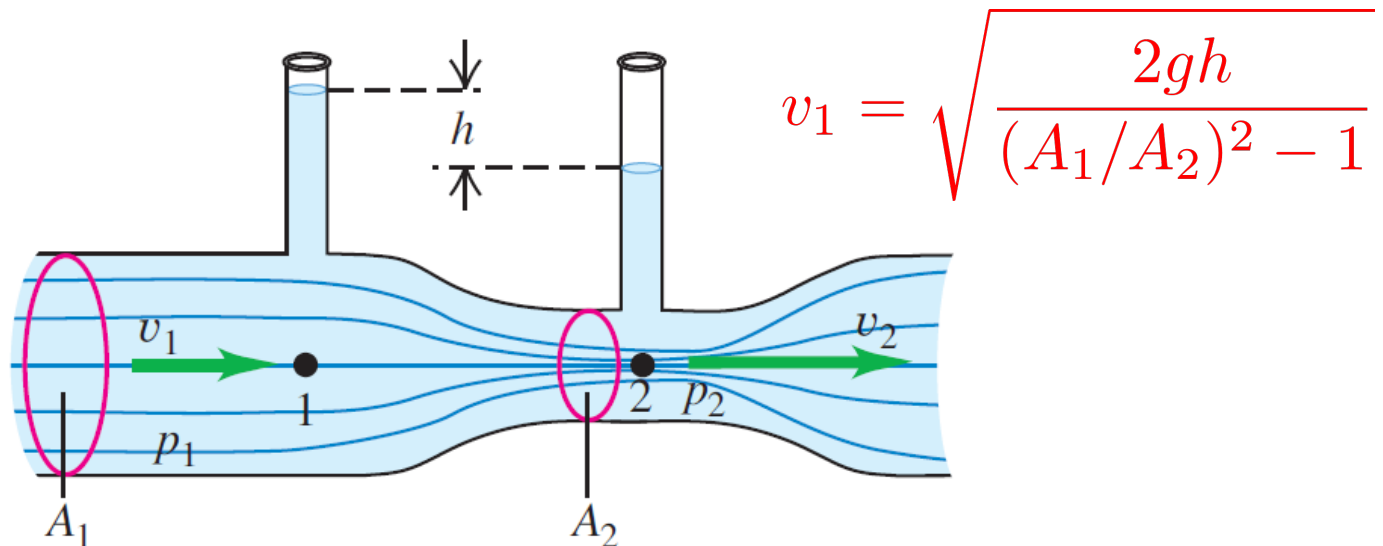
$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constante}$$



Tubo de Venturi

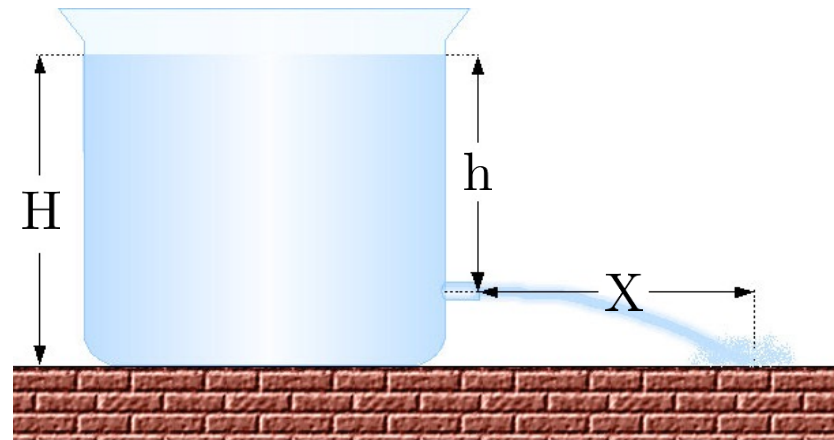
La figura representa el medidor de Venturi que se utiliza para medir la rapidez de flujo en un tubo. Deducir una expresión para la rapidez de flujo v_1 .

$$v_1 = v_1(A_1, A_2, h)$$



Ejercicio

Un depósito grande de agua cuyo nivel está a una altura H respecto al fondo, tiene un pequeño orificio a una profundidad h prolongado por un pequeño tubo como se muestra en la figura. Hallar la distancia X que alcanza el chorro de agua que sale por el tubo.



$$X = 2\sqrt{h(H - h)}$$