

Clase No.12: Estática de los fluidos

Dispositivos para medir presión

Luis Alejandro Morales
<https://lamhydro.github.io>

Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá

September 7, 2023

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Table of Contents

1 Barómetro

2 Manometría

- Tubos piezométricos
- Manómetros

Barómetro

Barómetro

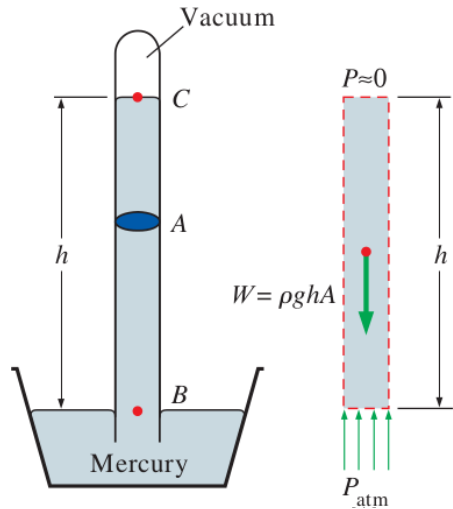
El *Barómetro* es un instrumento que sirve para medir la *presión atmosférica*, la cual también se conoce como la *presión barométrica*. El Barómetro fue inventado por Evangelista Torricelli entre 1608 y 1647.

Barómetro

El *Barómetro* consiste en invertir un tubo de ensayo lleno de mercurio dentro de un recipiente con mercurio abierto a la atmósfera. La presión en el punto B es igual a la presión atmosférica, mientras la presión en el punto C puede considerarse igual a cero. Escribiendo el balance de fuerzas sobre la columna de mercurio:

$$P = \rho gh$$

donde ρ es la densidad del mercurio. Note que la altura h de la columna es siempre la misma independiente del diámetro del tubo.



Ideas generales de la P_{atm}

- La P_{atm} disminuye con la altura.
- Si P_{atm} depende del peso del aire arriba de una posición determinada, esta no solo cambia con la altitud, también con las condiciones climáticas.
- Como la temperatura y la presión disminuyen con la altura, cocinar hervir agua en sitios en altas altitudes toma mayor tiempo.
- Es común el sangrado nasal en altas altitudes porque la diferencia entre la presión sanguínea y la presión atmosférica se hace mayor por lo que los vasos sanguíneos de la nariz son incapaces de soportar este esfuerzo adicional y terminan rompiéndose.
- Como en altas altitudes la densidad del aire es más baja, la cantidad de oxígeno por unidad de volumen es menor, por eso nos cansamos más rápidamente en estos lugares y experimentamos dificultad al respirar.

Manometría

Manometría

La *manometría* se define como la medición de presiones (o diferencia de presiones) con base en el desplazamiento de las columnas de fluidos. Los *manómetros* son dispositivos que se adaptan a depósitos, tuberías o canales con el propósito de medir presiones de fluidos en reposo o en movimiento. El cálculo de la presión se hace con base en la ecuación fundamental de la estática de fluidos y los datos que registra el manómetro. Existen dos tipos de dispositivos para medir presión manométrica:

- Tubos piezométricos
- Manómetros

¿Como resolver problemas con manómetros?

Recuerde que para resolver cualquier problema de manómetros:

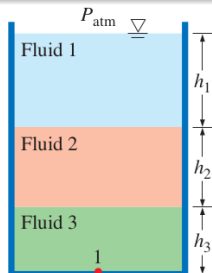
- 1 El cambio de presión en una columna de fluido h es: $\Delta P = \gamma h$.
- 2 La presión en un fluido incrementa hacia abajo y disminuye hacia arriba ($P_{down} > P_{top}$).
- 3 Dos puntos conectados por un fluido continuo en reposo sobre el mismo plano horizontal tienen la misma presión.

Cuando existen diferentes tipos de fluidos conectados continuamente y en reposo se puede calcular la presión en un punto determinado partiendo del punto cuya presión es conocida e ir adicionando o substrayendo el termino γh en la dirección al punto de presión desconocida.

$$P_{atm} + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 = P_1$$

En el caso en que los tres fluidos tuvieran la misma densidad, la ecuación anterior quedaría:

$$P_{atm} + \gamma(h_1 + h_2 + h_3) = P_1$$



Tubos piezométricos

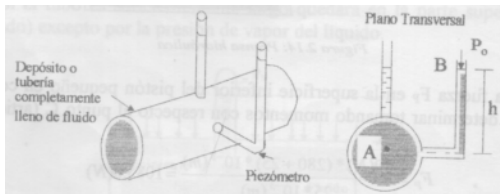
Los *piezómetros* son dispositivos elementales para medir presión. Consiste en un tubo que se conecta por su extremo inferior al recipiente que contiene el líquido cuya presión se quiere medir. El líquido del recipiente llena parcialmente el tubo hasta alcanzar un nivel B.

Presión absoluta en A:

$$P_A = P_{atm} + \gamma h$$

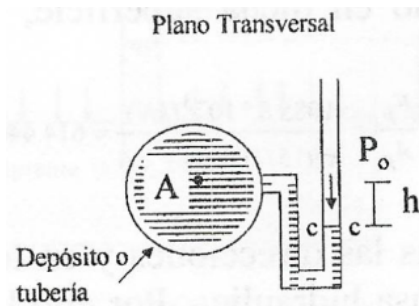
Presión relativa en A ($P_{atm} = 0$):

$$P_{rA} = \gamma h$$



Tubos piezométricos

Para el caso en que la presión del líquido es menor que P_{atm} (e.g. cavitación en tuberías), el tubo piezométrico deberá tener la siguiente forma:



Presión absoluta en A:

$$P_A = P_{atm} - \gamma h$$

Presión relativa en A ($P_{atm} = 0$):

$$P_{rA} = -\gamma h$$

Los piezómetros son utilizados para medir bajas presiones, de lo contrario el tubo debería ser muy largo.

Manómetros

Los *manómetros* son dispositivos utilizados para medir presiones altas. Contienen líquidos de peso específico elevado con el fin de evitar que la columna manométrica alcance alturas elevadas. En general, existen tres tipos de manómetros:

- Manometro abierto
- Manometro diferencial
- Manometro diferencial compuesto

Manómetros abiertos

Estos manómetros son llenados parcialmente con *mercurio* el cual tiene un peso específico ≈ 15 veces mas que el agua.

- $P > P_{atm}$

En el manómetro de la figura, el mercurio ocupa la zona BCD del tubo, donde la P_{atm} actua en D. La presión en A es:

$$P_A = P_{atm} + \gamma_{Hg}h - \gamma h_1$$

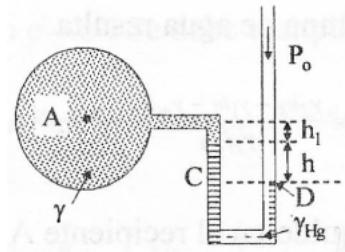
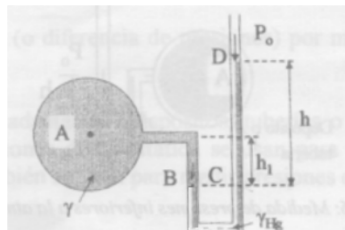
Note que $P_B = P_C$ (B y C en el mismo plano horizontal).

- $P < P_{atm}$

De acuerdo con la figura, la presión A es:

$$P_A = P_{atm} - \gamma_{Hg}h - \gamma h_1$$

Note que $P_D = P_{atm}$ y que $P_C = P_D$.



Manómetros diferenciales

De acuerdo con los pasos anteriores, para el caso del manómetro de la figura, se tendrá que:

$$P_A + \gamma_1 h_1 + \gamma_m h_2 - \gamma_2 h_3 = P_E$$

La diferencia de presiones en columna de agua es:

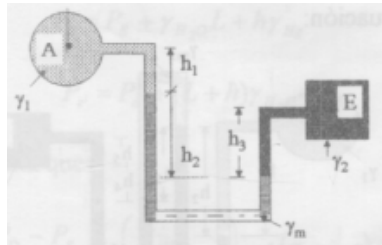
$$\frac{P_A - P_E}{\gamma_{H_2O}} = \frac{\gamma_2 h_3 - \gamma_1 h_1 - \gamma_m h_2}{\gamma_{H_2O}} = S_2 h_3 - S_1 h_1 - S_m h_2$$

donde:

S_1 : Gravedad específica del líquido en el recipiente A.

S_2 : Gravedad específica del líquido en el recipiente E.

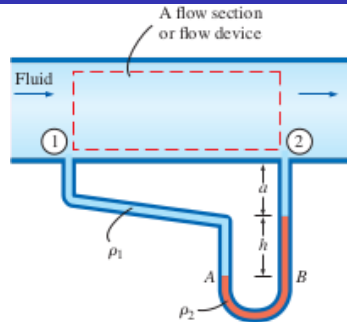
S_m : Gravedad específica del líquido manométrico.



Manómetros diferenciales

Los manómetros pueden ser conectados entre dos secciones de una misma tubería que transporta líquido o gas cuyo peso específico es γ_1 . La diferencia de presión $P_1 - P_2$ partiendo de 1 es:

$$P_1 + \gamma_1(a + h) - \gamma_2 h - \gamma_1 a = P_2$$



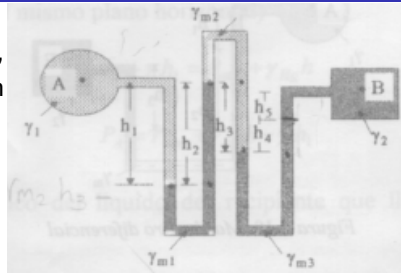
Note que los puntos a una distancia a tienen una misma presión por estar al mismo nivel en el manómetro, simplificando:

$$P_1 - P_2 = (\gamma_2 - \gamma_1)h$$

Si el fluido que fluye a lo largo de la tubería es gas, $\gamma_1 \ll \gamma_2$ por lo que la ecuación anterior se convierte en $P_1 - P_2 \cong \gamma_2 h$.

Manómetros diferenciales compuestos

Cuando la diferencia de presión es apreciable, se pueden usar manómetros diferenciales con diferentes líquidos como se muestra en la figura. Siguiendo el procedimiento anterior, la suma de presiones es:



$$P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_{m1} h_2 + \gamma_{m2} h_3 - \gamma_{m3} h_4 - \gamma_2 h_5 = P_B$$

$$P_A - P_B = -\gamma_1 h_1 + \gamma_{m1} h_2 - \gamma_{m2} h_3 + \gamma_{m3} h_4 + \gamma_2 h_5$$

La diferencia de presión entre A y B es:

$$\frac{P_A - P_B}{\gamma_{H_2O}} = -S_1 h_1 + S_{m1} h_2 - S_{m2} h_3 + S_{m3} h_4 + S_2 h_5$$