

EXPERIMENTOS EN CIENCIAS: ESTÁTICA DE FLUIDOS

Ing. Carlos E. Umaña, MSc.

caruma@fing.ucr.ac.cr

RESUMEN

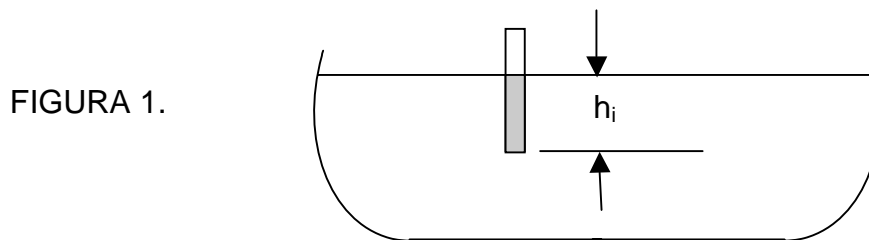
Inicialmente se explica el concepto de presión y la forma de calcular la presión que genera el peso de un líquido (presión hidrostática). Se incluyen asignaciones prácticas para reafirmar conceptos. Se repasan los conceptos de presión absoluta y presión manométrica. Se enuncia el principio de Pascal y se analiza el barómetro de mercurio de Torricelli para aplicar conceptos analizados e introducir el concepto de vacío. Se demuestra como los principios enunciados se aplican en casos específicos como la amplificación de la fuerza y el principio de Arquímedes. Toda la teoría se ilustra con experimentos simples en los que se utilizan como elemento principal jeringas de 3, 5 y 20 ml.

CONCEPTO DE PRESIÓN

Presión: Efecto de la carga de compresión que ejerce un fluido sobre el área del recipiente que lo contiene o el área de un cuerpo sumergido en el mismo.

La presión se define como: $\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área} = F/A \text{ [N/m}^2\text{]}$ (1)

La figura 1 muestra un recipiente lleno de líquido. El objeto semi-sumergido es un tubo con ambos extremos abiertos.



El peso del líquido dentro del tubo a una profundidad h_i viene dado por la siguiente ecuación.

$$\text{Peso} = \rho g h_i A \quad (2)$$

Donde: ρ = Densidad del líquido [Kg/m^3]

g = Aceleración de la gravedad, $9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$

A = Área del tubo [m^2]

Por lo tanto la presión en el extremo sumergido del tubo será el peso del líquido en el tubo dividido por el área del tubo, o sea.

$$\text{Presión} = \rho g h_i \quad (3)$$

Como se deduce la presión solo depende de la densidad del líquido y de la profundidad. Como la ubicación del tubo en el recipiente no se especifica la presión es la misma en cualquier punto a una profundidad h_i .

Asignación N° 1

Calcular la presión máxima que alcanza la olla de presión (olla mágica) de su casa en operación normal. Aplique la definición de presión a la válvula de alivio. Como referencia la olla marca Oster especifica 80 KPa (80,000 N/m²).

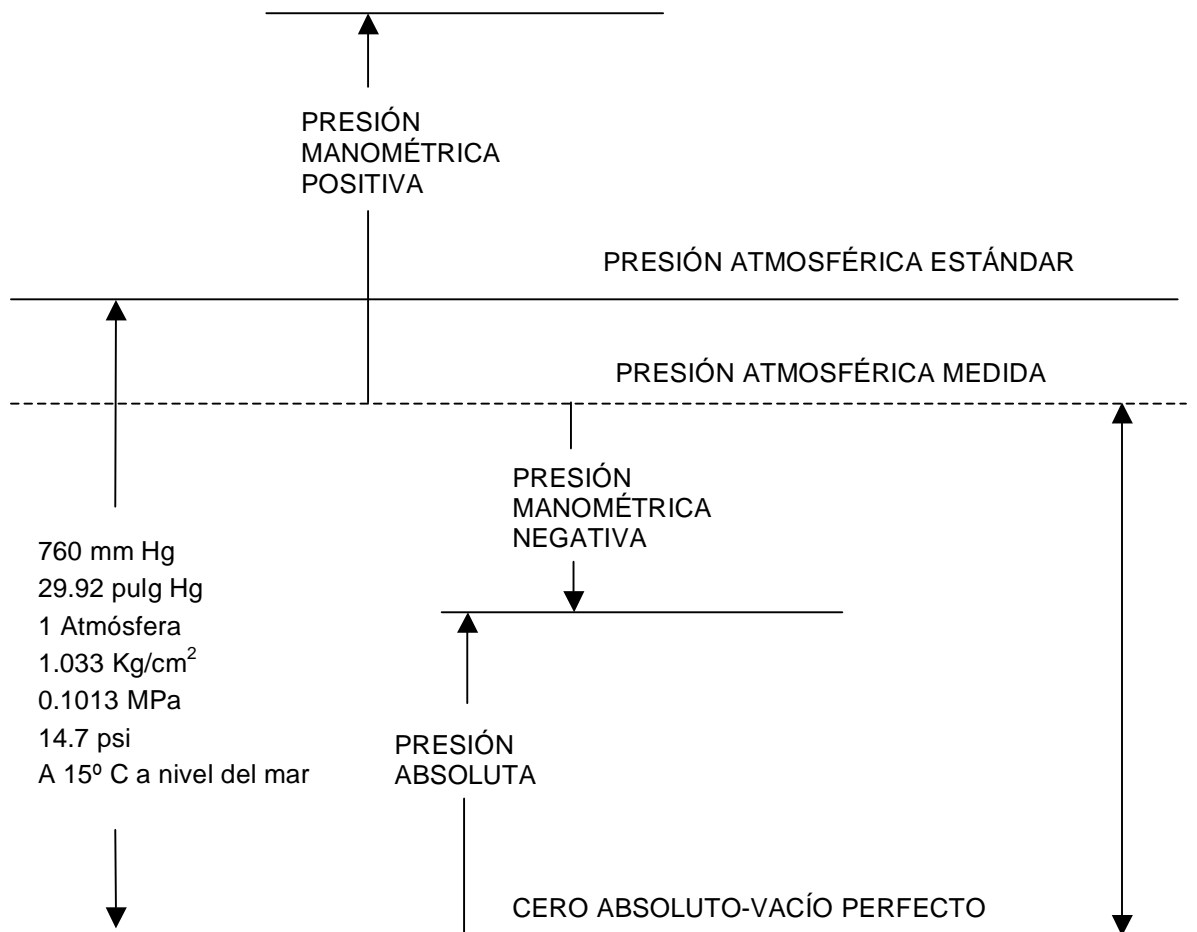
Asignación N° 2

Calcular el área del émbolo de una jeringa sin sacar el émbolo. Utilice la graduación de volumen que imprime el fabricante en la jeringa.

Asignación N° 3

Compare la presión recomendada en una llanta de un vehículo con la presión recomendada en una llanta de una bicicleta de ruta (bicicleta de carreras). Las presiones recomendadas se indican en las llantas. Más grande no implica más presión (prueba con globos).

CONDICIÓN ESTÁNDAR, PRESIÓN ABSOLUTA Y PRESIÓN MANOMÉTRICA



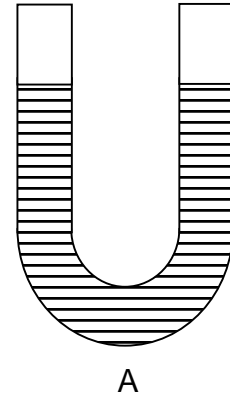
PRINCIPIO DE PASCAL

La presión de un fluido en un recipiente es la misma en cualquier punto que se encuentre a la misma profundidad. La presión se transmite y actúa en todas direcciones generando cargas de compresión.

Asignación N° 4

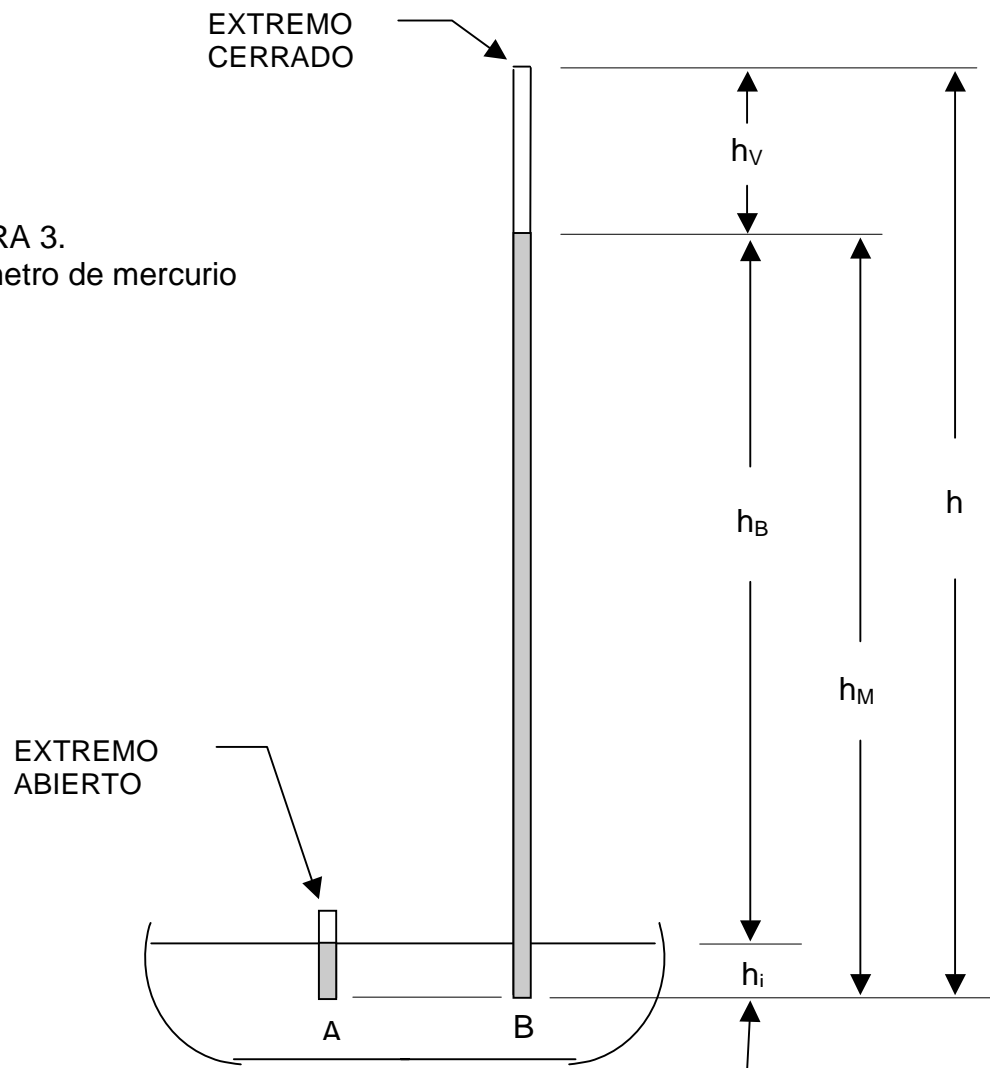
Determinar la expresión para la presión en el punto A.

Aplique los conceptos anteriores.



BARÓMETRO DE MERCURIO

FIGURA 3.
Barómetro de mercurio



REFERENCIA HISTÓRICA

Evangelista Torricelli (1608-1647)

Torricelli fue el sucesor de Galileo como profesor de matemáticas en la academia de Florencia. Inventó el barómetro de mercurio en 1643. Con su invento no solo pretendía mostrar las variaciones de la presión atmosférica con la altura sino generar un vacío casi perfecto. En ese tiempo se creía que el vacío no se podía lograr.

En 1650 Otto von Guericke en Alemania y en 1660 Robert Boyle en Inglaterra construyeron máquinas neumáticas (bombas de vacío).

El análisis del barómetro de mercurio es útil porque permite reafirmar los conceptos y las leyes que describen el comportamiento estático de los fluidos.

El primer punto a resaltar es que tanto la altura total del manómetro h_T como la profundidad de inmersión, ver la figura 3, no afectan la medición de presión. La altura h_T únicamente determinará la cantidad de mercurio a utilizar ya que para realizar la medición hay que llenarlo completamente. Por lo tanto no conviene utilizar un tubo más largo de lo necesario. Una vez que el tubo lleno se invierte y el extremo abierto se sumerge en el depósito de mercurio la altura de la columna de mercurio descenderá hasta una altura h_B que equilibre la presión que actúa sobre la superficie expuesta del líquido en el depósito. La altura h_i se compensa con la presión que se origina en el resto del recipiente, tal y como se demuestra más adelante. El volumen correspondiente a la altura h_v que se genera cuando se invierte el tubo es un vacío casi perfecto a no ser por el vapor de mercurio que se desprende de la superficie del líquido metálico, pero que en todo caso representa una presión muy baja (presión de vapor del mercurio).

Como se demuestra a continuación la altura h_B representa en este caso la presión barométrica.

La presión en B producida por la columna de mercurio es

$$P_B = \rho g h_M = \rho g h_B + \rho g h_i \quad (2)$$

$$\text{La presión en A viene dada por } P_A = P_o + \rho g h_i \quad (3)$$

P_o = Presión atmosférica

Por el principio de Pascal la presión en A es igual a la presión en B
Igualando (2) y (3)

$$P_o + \rho gh_i = \rho gh_B + \rho gh_i$$

De donde:
$$P_o = \rho gh_B \quad (4)$$

De lo anterior se deduce que la altura de medición h_B es independiente de la profundidad de inmersión h_i en el recipiente de mercurio y de la longitud del tramo vacío h_v en la parte superior del tubo.

Experimento N° 1

Como generar un vacío casi perfecto.

Tome una jeringa de 5ml y adáptele un tapón en el extremo donde originalmente se acopla la aguja. Introduzca el émbolo hasta el tope y cierre el extremo. Cada vez que se jala el émbolo se genera un volumen de vacío en el cilindro.

1-1. Explique porque el émbolo siempre regresa a la posición original si se mantiene la condición de vacío.

1-2. Deduzca como se comporta la fuerza requerida para desplazar el émbolo.

1-3. Calcule la fuerza máxima que se aplica para generar el volumen de vacío.

1-4. Encuentre la ecuación de la energía requerida para generar un volumen de vacío en la jeringa.

Experimento N° 2

Vaso lleno de agua invertido.

Tome un vaso de plástico transparente (poliestireno) y llénelo de agua sobre el borde formando el menisco. Cubra el vaso con una hoja de papel grueso o un de cartón cartulina (C-12) y coloque un trozo de acrílico plano sobre el papel e inviértalo sujetando la hoja de papel con el trozo de plástico. Luego levante el vaso, el agua no se derrama ni se observan burbujas de aire dentro del vaso. El plástico acrílico garantiza que no se forme ninguna curvatura con la mano en el papel.

2-1. Explique lo que ocurre. Deje el vaso invertido unos días y observe la concavidad en la hoja de papel.

2-2. Repita el experimento con menos agua cada vez y observe lo que ocurre.

Experimento N° 3

Aliste una jeringa de 3ml para generar vacío y adáptele un dinamómetro tal y como se muestra en la figura 4. La fuerza máxima aproximada para generar vacío es de 6[N] para una presión atmosférica de 101.3 [KPa]. Aplique la fuerza para desplazar el émbolo. La fuerza que obtenga dividida entre el área del émbolo corresponde a la presión atmosférica. Cuando vaya de paseo utilice el mismo equipo y trate de hacer el experimento en la costa y en un volcán y compare los resultados.

FIGURA 4.
Medición de la presión atmosférica con una jeringa y un dinamómetro.



CONCEPTO DE VACÍO

El vacío es nada y no se puede esperar ninguna acción de la nada, por lo tanto el vacío no succiona. A un volumen de vacío lo comprime la presión atmosférica.