

E. E. T. N° 12 "María Rosa Almandoz"

Operación y Control de Procesos II

Bloque 1

Revisión

Volumen

El **volumen** es una magnitud definida como el espacio ocupado por un cuerpo. Es una magnitud derivada ya que se halla multiplicando las tres dimensiones. En física, el volumen es una magnitud extensiva.

La unidad de medida de volumen en el Sistema Internacional de Unidades es el metro cúbico (m^3) que corresponde al espacio que hay en el interior de un cubo de 1 m de lado, aunque temporalmente también acepta el litro, que se utiliza comúnmente en la vida práctica. Sin embargo, se utilizan más sus submúltiplos, el decímetro cúbico (dm^3) y el centímetro cúbico (cm^3), éste último es la unidad del sistema de unidades CGS. Sus equivalencias con el metro cúbico son:

$$\begin{aligned}1 \text{ m}^3 &= 1\,000 \text{ dm}^3 \\1 \text{ m}^3 &= 1\,000\,000 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$V = l_a \cdot l_b \cdot l_c$$

Para medir el volumen de los líquidos y los gases también podemos fijarnos en la capacidad del recipiente que los contiene. La "capacidad" y el "volumen" son términos que se encuentran estrechamente relacionados. Se define la capacidad como el espacio vacío de alguna cosa que es suficiente para contener a otra u otras cosas. Se define el volumen como el espacio que ocupa un cuerpo. Por lo tanto, entre ambos términos existe una equivalencia que se basa en la relación entre el litro (unidad de capacidad) y el decímetro cúbico (unidad de volumen).

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$$

Este hecho puede verificarse experimentalmente de la siguiente manera: si se tiene un recipiente cualquiera con agua que llegue hasta el borde, y se introduce en él un cubo sólido cuya medida sea de 1 decímetro por lado (1 dm^3), se derramará agua. Esto equivaldrá a la cantidad de agua desplazada por el cuerpo al ser introducido dentro del recipiente, y el agua derramada será de 1 litro.

Ejercicios: convertir las siguientes medidas a las unidades que se indican.

a) $7,5 \text{ m}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3$

b) $6706 \text{ cm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3$

c) $2154 \text{ L} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3$

d) $1700 \text{ dm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$

e) $68500 \text{ mm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ hm}^3$

f) $316 \text{ dm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$

Ejemplo:

a) $7,5 \text{ m}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dm}^3$

Regla de tres simple

$$\begin{array}{rcl}1 \text{ m}^3 & \text{-----} & 1000 \text{ dm}^3 \\7,5 \text{ m}^3 & \text{-----} & x = \frac{7,5 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} = 7500 \text{ dm}^3\end{array}$$

Método factor unitario

$$7,5 \text{ m}^3 \cdot \left(\frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \right) = 7500 \text{ dm}^3$$

Masa

La masa, en física, es la medida de la inercia, que únicamente para algunos casos puede entenderse como la magnitud que cuantifica la cantidad de materia de un cuerpo. La unidad de masa, en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg). Es una cantidad escalar y no debe confundirse con el peso, que es una cantidad vectorial que representa una fuerza.

El concepto de masa surge de la confluencia de dos leyes: la ley Gravitación Universal de Newton y la 2ª Ley de Newton (o 2º "Principio"). Según la ley de la Gravitación de Newton, la atracción entre dos cuerpos es proporcional al producto de dos constantes, denominadas masa gravitacional —una de cada uno de ellos—, siendo así la masa gravitatoria una propiedad de la materia en virtud de la cual dos

cuerpos se atraen; por la 2ª ley (o principio) de Newton, la fuerza aplicada sobre un cuerpo es directamente proporcional a la aceleración que experimenta, denominándose a la constante de proporcionalidad: masa inercial del cuerpo.

No es obvio que la masa inercial y la masa gravitatoria coincidan. Sin embargo todos los experimentos muestran que sí. En palabras de D. M. McMaster: «la masa es la expresión de la cantidad de materia de un cuerpo, revelada por su peso, o por la cantidad de fuerza necesaria para producir en un cuerpo cierta cantidad de movimiento en un tiempo dado.»

Ejercicios: realizar las siguientes conversiones.

a) 5014 mg = ____ dag

b) 2796 g = ____ kg

c) 5,17 kg = ____ UTM

d) 0,4 UTM = ____ hg

e) 2424 g = ____ UTM

f) 8604 mg = ____ hg

Ejemplo:

a) 5014 mg = ____ dag

Regla de tres simple

$$10000 \text{ mg} \text{ ----- } 1 \text{ dag}$$

$$5014 \text{ mg} \text{ ----- } x = \frac{5014 \text{ mg} \cdot 1 \text{ dag}}{10000 \text{ mg}} = 0,5014 \text{ dag}$$

Método factor unitario

$$5014 \text{ mg} \cdot \left(\frac{1 \text{ dag}}{10000 \text{ mg}} \right) = 0,5014 \text{ dag}$$

Densidad

La **densidad** o *densidad absoluta* es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³), aunque frecuentemente se expresa en g/cm³. La densidad es una magnitud intensiva

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

donde δ es la densidad, m es la masa y V es el volumen del cuerpo.

Unidades de densidad del sistema métrico.

- kilogramo por metro cúbico (kg/m³).
- gramo por centímetro cúbico (g/cm³).
- kilogramo por litro (kg/L) o kilogramo por decímetro cúbico. El agua tiene una densidad próxima a 1 kg/L (1000 g/dm³ = 1 g/cm³ = 1 g/mL).
- gramo por mililitro (g/mL), que equivale a (g/cm³).
- Para los gases suele usarse el gramo por decímetro cúbico (g/dm³) o gramo por litro (g/L), con la finalidad de simplificar con la constante universal de los gases ideales:

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{K} \cdot \text{mol}$$

La densidad aparente de un material no es una propiedad intrínseca del material y depende de su compactación.

La densidad puede obtenerse de forma indirecta y de forma directa. Para la obtención indirecta de la densidad, se miden la masa y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad. La masa se mide habitualmente con una balanza, mientras que el volumen puede medirse determinando la forma del objeto y midiendo las dimensiones apropiadas o mediante el desplazamiento de un líquido, entre otros métodos.

Entre los instrumentos más comunes para la medida de densidades tenemos:

- El densímetro, que permite la medida directa de la densidad de un líquido
- El picnómetro, es un aparato que permite la medida precisa de la densidad de sólidos, líquidos y gases picnómetro de gas.
- La balanza de Mohr es una variante de balanza hidrostática que permite la medida precisa de la densidad de líquidos.

En general, la densidad de una sustancia varía cuando cambia la presión o la temperatura. Cuando aumenta la presión, la densidad de cualquier material estable también aumenta. Como regla general, al aumentar la temperatura, la densidad disminuye (si la presión permanece constante). Sin embargo, existen notables excepciones a esta regla. Por ejemplo, la densidad del agua crece entre el punto de fusión (a 0 °C) y los 4 °C; algo similar ocurre con el silicio a bajas temperaturas.

El efecto de la temperatura y la presión en los sólidos y líquidos es muy pequeño. Por otro lado, la densidad de los gases es fuertemente afectada por la presión y la temperatura.

Sustancia	Densidad media (en kg/m³)	Sustancia	Densidad me- dia (en kg/m³)	Sustancia	Densidad me- dia (en kg/m³)	Sustancia	Densidad me- dia (en kg/m³)
Aceite	920	Caucho	950	Madera	600 - 900	Plata	10490
Acero	7850	Cobre	8960	Mercurio	13580	Osmio	22610
Agua destiladaa 4°C	1000	Cuerpo humano	950	Oro	19300	Iridio	22560
Agua de mar	1027	Diamante	3515	Wolframio	19250	Platino	21450
Aire	1,2	Gasolina	680	Uranio	19050	Plomo	11340
Alcohol	780	Helio	0,18	Tántalo	16650	Poliuretano	40
Magnesio	1740	Hielo	980	Torio	11724	Sangre	1480 - 1600
Aluminio	2700	Hierro	7874	Estaño	7310	Tierra (plane- ta)	5515
Carbono	2260	Hormigón arma- do	2500-3500	Piedra pó- mez	700	Vidrio	2500

Ejemplo de resolución:

1) Un objeto tiene una masa de 128,5 kg y un volumen es de 32,5 m3. Calcular su densidad.

Datos:

m = 128 kg

v = 32,5 m3

¿ $\frac{m}{v} = \frac{128\,kg}{32,5\,m^3} = 3,94\,\frac{kg}{m^3}$

2) Un cubo de hormigón de 50 cm de lado. Si el δ = 2230 kg/m3, calcular la masa.

Datos:

l = 50 cm

δ = 2230 kg/m3

Se conoce el lado, y como el cuerpo es un cubo, se puede calcular el volumen. El dato está dado en cm y hay que llevar al mismo sistema en el que está expresada la densidad.

$50\,cm * \left(\frac{1\,m}{100\,cm}\right) = 0,5\,m$

Calculamos el volumen:

$v = l * l * l = l^3 = (0,5\,m)^3 = 0,125\,m^3$

Ahora averiguamos la masa:

¿ $\frac{m}{v} = \delta * v = \frac{128\,kg}{32,5\,m^3} = 3,94\,\frac{kg}{m^3}$

Un tanque que contiene un líquido cuya densidad es δ = 920 kg/m3 y la masa es de 20 UTM. ¿Qué volumen ocupa?

Peso

En física, el peso es la fuerza con la cual un cuerpo actúa sobre un punto de apoyo, originado por la atracción gravitatoria, cuando esta actúa sobre la masa del cuerpo. Al ser una fuerza, el peso es en sí mismo una magnitud vectorial, de modo que está caracterizado por su módulo o cantidad y dirección, aplicado en el centro de gravedad del cuerpo y dirigido aproximadamente hacia el centro de la Tierra. Por extensión de esta definición, también podemos referirnos al peso de un cuerpo en cualquier otro astro (Luna, Marte, ...) en cuyas proximidades se encuentre.

Sin duda alguna, el peso es la fuerza con la que estamos más familiarizados, por nuestra experiencia diaria, al ejercerla la Tierra sobre todos los cuerpos materiales, acelerándolos, en caída libre (en ausencia de otras fuerzas). Podemos determinar el peso de un cuerpo cualquiera, de masa m , midiendo la aceleración que adquiere cuando se le deja caer libremente de modo que la única fuerza que actúe sobre él sea la de la gravedad. Desde los experimentos de Galileo, es bien conocido que la aceleración que adquiere cualquier cuerpo en caída libre, que se designa por g , es independiente de la masa del cuerpo. El valor de esa aceleración es aproximadamente $9,81 \text{ m/s}^2$ en el nivel del mar y para las latitudes medias; entonces el peso P de un cuerpo de masa m viene dado por $P = m \cdot g$.

Peso y masa

Peso y masa son dos conceptos y magnitudes físicas bien diferenciadas, aunque aún en estos momentos, en el habla cotidiana, el término "peso" se utiliza a menudo erróneamente como sinónimo de masa, la cual es una magnitud escalar. La propia Academia reconoce esta confusión en la definición de «pesar»: "Determinar el peso, o más propiamente, la masa de algo por medio de la balanza o de otro instrumento equivalente".

La masa de un cuerpo es una propiedad intrínseca del mismo, la cantidad de materia, independiente de la intensidad del campo gravitatorio y de cualquier otro efecto.

El **peso** de un cuerpo, en cambio, no es una propiedad intrínseca del mismo, ya que depende de la intensidad del campo gravitatorio en el lugar del espacio donde se encuentre el cuerpo. La distinción científica entre "masa" y "peso" no es importante para muchos efectos prácticos porque la fuerza gravitatoria no experimenta grandes cambios en las proximidades de la superficie terrestre. En un campo gravitatorio constante la fuerza que ejerce la gravedad sobre un cuerpo (su peso) es directamente proporcional a su masa. Pero en realidad el campo gravitatorio terrestre no es constante; puede llegar a variar hasta en un 0,5% entre los distintos lugares de la Tierra, lo que significa que se altera la relación "masa-peso" con la variación de la fuerza de la gravedad.

Por el contrario, el peso de un mismo cuerpo experimenta cambios muy significativos al cambiar el objeto masivo que crea el campo gravitatorio. Así, por ejemplo, una persona de 60 kg ($6,118 \text{ UTM}$) de masa, pesa $588,34 \text{ N}$ (60 kgf) en la superficie de la Tierra. La misma persona, en la superficie de la Luna pesaría tan sólo unos $98,05 \text{ N}$ (10 kgf); sin embargo, su masa seguirá siendo de 60 kg ($6,118 \text{ UTM}$). **Nota:** En *cursiva*, Sistema Internacional; (entre paréntesis), Sistema Técnico de Unidades.

Sistema Internacional de Unidades

Este sistema es el prioritario o único legal en la mayor parte de las naciones (excluidas Birmania, Liberia y Estados Unidos), por lo que en las publicaciones científicas, en los proyectos técnicos, en las especificaciones de máquinas, etc., las magnitudes físicas se expresan en unidades del sistema internacional de unidades (SI). Así, el peso se expresa en unidades de fuerza del SI, esto es, en newton (N):

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot 1\text{m/s}^2$$

Sistema Técnico de Unidades

En el Sistema Técnico de Unidades, el peso se mide en kilogramo-fuerza (kgf) o kilopondio (kp), definido como la fuerza ejercida sobre un kilogramo de masa por la aceleración en caída libre ($g = 9,80665 \text{ m/s}^2$). Entonces:

$$1\text{kp} = 9,80665 \text{ N} = 9,80665 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Otros sistemas

También se suele indicar el peso en unidades de fuerza de otros sistemas, como la dina, la libra-fuerza, la onza-fuerza, etcétera.

La dina es la unidad CGS de fuerza y no forma parte del SI. Algunas unidades inglesas, como la libra, pueden ser de fuerza o de masa. Las unidades relacionadas, como el slug, forman parte de sub-sistemas de unidades.

El cálculo del peso de un cuerpo a partir de su masa se puede expresar mediante la segunda ley de la dinámica:

$$P = m \cdot g$$

Donde el valor de **g** es la aceleración de la gravedad en el lugar en el que se encuentra el cuerpo. En realidad, el valor de la aceleración de la gravedad en la Tierra, a nivel del mar, varía entre 9,789 m/s² en el ecuador y 9,832 m/s² en los polos. Se fijó convencionalmente en 9,80665 m/s² en la tercera Conferencia General de Pesos y Medidas convocada en 1901 por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*). Como consecuencia, el peso varía en la misma proporción.

Ejercicios:

1. ¿Cuál es el peso de un cuerpo cuya masa es de 1200 g? (expresar el peso en N y en dyn).
2. ¿Qué masa tiene un cuerpo si su peso es de 12 N? (expresar la masa en kg y en UTM).
3. Un cuerpo que pesa 575 dyn, ¿qué masa tiene? (expresar la masa en N y en UTM).
4. ¿Cuál será el peso de un cuerpo que tiene una masa de 6 kg, en un planeta con una aceleración de la gravedad $g = 14 \text{ m/s}^2$?
5. Un cuerpo pesa 28 N. ¿Cuál será su masa y qué aceleración le imprime una fuerza constante de 35 N?

Peso específico

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen. Se calcula dividiendo el peso de la sustancia entre el volumen que ésta ocupa. En el Sistema Técnico, se mide en kilogramos por metro cúbico (kg/m³). En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico (N/m³).

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$$

Donde:

γ = peso específico

V = es el volumen que la sustancia ocupa

g = es la aceleración de la gravedad

P = es el peso de la sustancia

ρ = es la densidad de la sustancia

Ejemplo de resolución:

- 1) Calcular el peso específico de una escultura cuyo peso es de 160 g y su volumen es de 0,216 dm³.

Datos: P = 160 g ; V = 0,216 dm³

Como las unidades están en distintos sistemas, homogenizamos, convirtiendo el volumen al sistema CGS.

$$0,216 \text{ dm}^3 * \left(\frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} \right) = 216 \text{ cm}^3$$

Ahora calculamos el peso específico

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{160 \text{ g}}{216 \text{ cm}^3} = 0,74 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

- 2) ¿Cuál es el volumen, en metros cúbicos y en litros, de 3000 N de aceite de oliva, cuyo peso específico es de 9 016 N/m³?

Datos: P = 3000 N ; $\gamma = 9016 \text{ N/m}^3$

$$\gamma = \frac{P}{V} \rightarrow V = \frac{P}{\gamma} = \frac{3000 \text{ N}}{9016 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} = 0,333 \text{ m}^3$$

convertimos este resultado a litros

$$0,333 \text{ m}^3 * \left(\frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right) = 333 \text{ l}$$

Ejercicios de Densidad y Peso Específico:

- 1. Un tanque cilíndrico de 60 cm de diámetro, apoyado sobre uno de sus extremos, contiene líquido hasta una altura de 40 cm. Si el peso del líquido es de 145 kg, calcular el peso específico, la densidad y la masa del mismo.
- 2. Una escultura tiene una masa de 240 kg. Si está construida con un material de $\gamma = 1,6 \text{ kgr/dm}^3$, calcular su peso y su volumen.
- 3. Calcular la masa y el peso de 15000 litros de combustible cuya densidad es de 700 kg/m^3 .
- 4. Un cubo de aluminio presenta 2 cm de longitud en uno de sus lados y tiene una masa de 21.2 g. Calcular: ¿Cuál es su densidad? ¿Cuál será la masa de 5.5 cm^3 de aluminio?
- 5. ¿Cuál es el volumen, en metros cúbicos y en litros, de 3 000 N de aceite de oliva, cuyo peso específico es de $9\,016 \text{ N/m}^3$?

Presión

En física y disciplinas afines, la **presión** es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa) que es equivalente a una fuerza total de un newton actuando uniformemente en un metro cuadrado.

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie. Cuando sobre una superficie plana de área *A* se aplica una fuerza normal *F* de manera uniforme y perpendicularmente a la superficie, la presión *P* viene dada por:

$P = F/A$

Unidades de medida, presión y sus factores de conversión

	Pascal	bar	N/mm ²	kg/m ²	kg/cm ²	atm	Torr
1Pa(N/m ²)=	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	0,102	0,102×10 ⁻⁴	0,987×10 ⁻⁵	0,0075
1bar(daN/cm ²) =	100000	1	0,1	1020	1,02	0,987	750
1 N/mm ² =	10 ⁶	10	1	1,02×10 ⁵	10,2	9,87	7500
1 kg/m ² =	9,81	9,81×10 ⁻⁵	9,81×10 ⁻⁶	1	10 ⁻⁴	0,968×10 ⁻⁴	0,0736
1 kg/cm ² =	98100	0,981	0,0981	10000	1	0,968	736
1atm(760 Torr) =	101325	1,013	0,1013	10330	1,033	1	760
1Torr(mmHg) =	133	0,00133	1,33×10 ⁻⁴	13,6	0,00136	0,00132	1

Las obsoletas *unidades manométricas* de presión, como los milímetros de mercurio, están basadas en la presión ejercida por el peso de algún tipo estándar de fluido bajo cierta gravedad estándar. Las unidades de presión manométricas no deben ser utilizadas para propósitos científicos o técnicos, debido a la falta de repetitividad inherente a sus definiciones. También se utilizan los milímetros de columna de agua (mm c.d.a.)

Ejemplo de resolución:

Qué presión ejerce un ladrillo común cuando está apoyado sobre cada una de sus 3 caras, suponiendo que pesa 1,5 kg. (Suponemos un ladrillo común de 30 cm x 15 cm x 7 cm.)

El ladrillo tiene 6 caras que son iguales de a dos. Podemos calcular las superficies de las mismas, de la siguiente manera:

$S_1=30\text{ cm} * 15\text{ cm}=450\text{ cm}^2$

$S_2=15\text{ cm} * 7\text{ cm}=105\text{ cm}^2$

$S_3=30\text{ cm} * 7\text{ cm}=210\text{ cm}^2$

la presión calcularnos

$P=\frac{F}{S}$

$$P_1 = \frac{F}{S} = \frac{P}{S_1} = \frac{1,5 \text{ kg}}{450 \text{ cm}^2} = 0,0033 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_2 = \frac{F}{S} = \frac{P}{S_2} = \frac{1,5 \text{ kg}}{105 \text{ cm}^2} = 0,0143 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_3 = \frac{F}{S} = \frac{P}{S_3} = \frac{1,5 \text{ kg}}{210 \text{ cm}^2} = 0,00714 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Ejercicios:

1. Qué presión ejerce un cuerpo cuyo peso es de 145 kg, si su base de apoyo es un círculo de 50 cm de diámetro.
2. Una escultura tiene una masa de 2351 N, ejerce una presión de 0,15 kg/cm². Calcular la superficie de apoyo.
3. Una persona de 80 kg se encuentra de pie sobre la nieve. Si la superficie total de apoyo es de 650 cm². ¿Cuál es la presión que ejerce sobre la nieve? ¿Cuál sería la presión si estuviera provista de esquís de 2 m de largo por 0,15 m de ancho? Expresa esta presión en atmósferas técnicas.
4. Una mujer de 50 kg se balancea en un tacón de un par de zapatos de tacón alto. Si el tacón es circular y tiene un radio de 0.5 cm, ¿qué presión ejerce ella sobre el piso?
5. Las cuatro ruedas de un automóvil se inflan a una presión manométrica de 200 kPa. Cada rueda tiene un área de 0.024 m² en contacto con el piso. Determine el peso del automóvil.

Barómetro

Un **barómetro** es un instrumento que mide la presión atmosférica. La presión atmosférica es el peso por unidad de superficie ejercida por la atmósfera.

Los primeros barómetros estaban formados por una columna de líquido encerrada en un tubo cuya parte superior está cerrada. El peso de la columna de líquido compensa exactamente el peso de la atmósfera. Los primeros barómetros fueron realizados por el físico y matemático italiano **Evangelista Torricelli** en el siglo XVII. La presión atmosférica equivale a la altura de una columna de agua de unos 10 m de altura. En los barómetros de mercurio, cuya densidad es 13.6 veces mayor que la del agua, la columna de mercurio sostenida por la presión atmosférica al nivel del mar en un día despejado es de aproximadamente unos 760 mm.

Los barómetros son instrumentos fundamentales para medir el estado de la atmósfera y realizar predicciones meteorológicas. Las altas presiones se corresponden con regiones sin precipitaciones, mientras que las bajas presiones son indicadores de regiones de tormentas y borrascas.

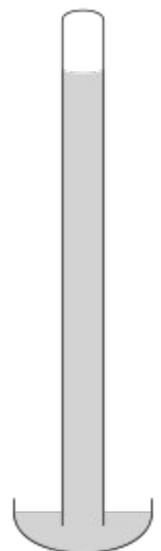
La unidad de medida de la presión atmosférica que suelen marcar los barómetros se llama hectopascal, de abreviación (hPa). Esta unidad significa "cien (hecto) pascuales (unidad de medida de presión)"

El **barómetro aneroide** es un barómetro que no utiliza mercurio. Indica las variaciones de presión atmosférica por las deformaciones más o menos grandes que aquélla hace experimentar a una caja metálica de paredes muy elásticas en cuyo interior se ha hecho el vacío más absoluto. Se gradúa por comparación con un barómetro de mercurio pero sus indicaciones son cada vez más inexactas por causa de la variación de la elasticidad del resorte metálico. Fue inventado por Lucien Vidie en 1844.

Presión absoluta y relativa

En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica, denominándose **presión relativa**, **presión normal**, **presión de gauge** o **presión manométrica**. Consecuentemente, la presión absoluta es la presión atmosférica más la presión manométrica (presión que se mide con el manómetro).

Presión manométrica o relativa



Manómetro aneroide de doble escala: en kPa (kilopascuales) y en psi (pounds per square inch).



Se llama **presión manométrica** a la diferencia entre la **presión absoluta** o real y la **presión atmosférica**. Se aplica tan solo en aquellos casos en los que la presión es superior a la presión atmosférica.

Los aparatos que miden la presión manométrica reciben el nombre de **manómetros** y funcionan según los mismos principios en que se fundamentan los barómetros de mercurio y los aneroides. La presión manométrica se expresa bien sea por encima o por debajo de la presión atmosférica. Los manómetros que sirven para medir presiones inferiores a la atmosférica se llaman manómetros de vacío o **vacuómetros**.

Cuando la presión se mide en relación a un vacío perfecto, se llama **presión absoluta**; cuando se la mide con respecto a la **presión atmosférica**, se llama **presión manométrica**.

El concepto de presión manométrica fue desarrollado porque casi todos los manómetros marcan cero cuando están abiertos a la atmósfera. Cuando se les conecta al recinto cuya presión se desea medir, miden el exceso de presión respecto a la presión atmosférica. Si la presión en dicho recinto es inferior a la atmosférica, señalan cero.

Un vacío perfecto correspondería a la presión absoluta cero. Todos los valores de la presión absoluta son positivos, porque un valor negativo indicaría una **tensión de tracción**, fenómeno que se considera imposible en cualquier fluido.

Las presiones por debajo de la atmosférica reciben el nombre de **presiones de vacío** y se miden con medidores de vacío (o vacuómetros) que indican la diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta. Las presiones **absoluta**, **manométrica** y **de vacío** son cantidades positivas y se relacionan entre sí por medio de:

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm}, \text{ (para presiones superiores a la } p_{atm})$$
$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}, \text{ (para presiones inferiores a la } p_{atm})$$

donde

P_{man} = Presión manométrica	P_{vac} = Presión de vacío
P_{abs} = Presión absoluta	P_{atm} = Presión atmosférica

Manómetro de dos ramas abiertas

El manómetro más sencillo consiste en un tubo de vidrio doblado en U que contiene un líquido apropiado (mercurio, agua, aceite, ...). Una de las ramas del tubo está abierta a la atmósfera; la otra está conectada con el depósito que contiene el fluido cuya presión se desea medir (Figura 1). El fluido del recipiente penetra en parte del tubo en U, haciendo contacto con la columna líquida. Los fluidos alcanzan una configuración de equilibrio de la que resulta fácil deducir la presión manométrica en el depósito:

$$P + \delta g d = P_{atm} + \delta_m g h$$
$$P = P_{atm} + \delta_m g h - \delta g d$$

donde δ_m y δ son las densidades del líquido manométrico y del fluido contenido en el depósito, respectivamente. Si la densidad de dicho fluido es muy inferior a la del líquido manométrico, en la mayoría de los casos podemos despreciar el término $\delta g d$, y tenemos

$$P = P_{atm} + \delta_m g h$$

de modo que la presión manométrica $p - p_{atm}$ es proporcional a la diferencia de alturas que alcanza el líquido manométrico en las dos ramas. Evidentemente, el manómetro será tanto más sensible cuanto menor sea la densidad del líquido manométrico utilizado.

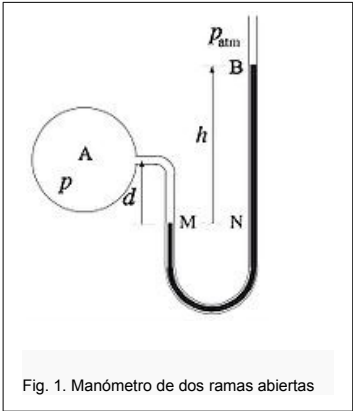


Fig. 1. Manómetro de dos ramas abiertas

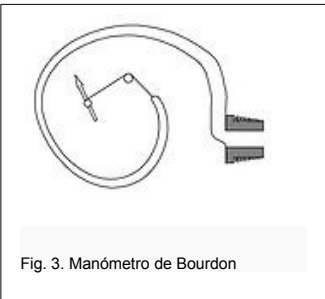


Fig. 3. Manómetro de Bourdon

Manómetro metálico o aneroides

En la industria se emplean casi exclusivamente los manómetros metálicos o aneroides, que son barómetros aneroides modificados de tal forma que dentro de la caja actúa la presión desconocida que se desea medir y fuera actúa la presión atmosférica. El más corriente es el manómetro de Bourdon, consistente en un tubo metálico, aplastado, hermético, cerrado por un extremo y arrollado en espiral (Figura 3). El extremo abierto se comunica con el depósito que contiene el fluido cuya presión se desea medir; entonces, al au-

mentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a desenrollarse, y pone en movimiento una aguja indicadora frente a una escala calibrada en unidades de presión.

La presión en los fluidos

El concepto de presión es muy general y por ello puede emplearse siempre que exista una fuerza actuando sobre una superficie. Sin embargo, su empleo resulta especialmente útil cuando el cuerpo o sistema sobre el que se ejercen las fuerzas es deformable. Los fluidos no tienen forma propia y constituyen el principal ejemplo de aquellos casos en los que es más adecuado utilizar el concepto de presión que el de fuerza.

Cuando un fluido está contenido en un recipiente, ejerce una fuerza sobre sus paredes y, por tanto, puede hablarse también de presión. Si el fluido está en equilibrio las fuerzas sobre las paredes son perpendiculares a cada porción de superficie del recipiente, ya que de no serlo existirían componentes paralelas que provocarían el desplazamiento de la masa de fluido en contra de la hipótesis de equilibrio. La orientación de la superficie determina la dirección de la fuerza de presión, por lo que el cociente de ambas, que es precisamente la presión, resulta independiente de la dirección; se trata entonces de una magnitud escalar.

Todos los líquidos pesan, por ello cuando están contenidos en un recipiente las capas superiores oprimen a las inferiores, generándose una presión debida al peso. La presión en un punto determinado del líquido deberá depender entonces de la altura de la columna de líquido que tenga por encima suyo. Considérese un punto cualquiera del líquido que diste una altura h de la superficie libre de dicho líquido. La fuerza del peso debido a una columna cilíndrica de líquido de base S situada sobre él puede expresarse en la forma

$$F_{\text{peso}} = m \cdot g = V \cdot \delta \cdot g = (\delta \cdot g) \cdot h \cdot S = \gamma \cdot h \cdot S$$

siendo V el volumen de la columna y δ la densidad del líquido, la presión debida al peso vendrá dada por:

$$p_{\text{peso}} = F/A = \gamma \cdot h \cdot S / S = \gamma \cdot h$$

Ejemplo de resolución:

Un tanque cilíndrico de 60 cm de diámetro, ubicado en posición vertical, contiene líquido hasta una altura de 40 cm. Si el peso del líquido es de 145 kg, calcular la presión que ejerce el líquido a los 15 cm de profundidad.

Datos: $D = 60 \text{ cm}$; $H_{\text{liq}} = 40 \text{ cm}$; $P = 145 \text{ kg}$

Si bien no tenemos el peso específico, con los datos que brinda el programa, podemos calcularlo, sabiendo que es el cociente entre el peso y el volumen.

$$V = S_b \cdot h = 2826 \text{ cm}^2 \cdot 40 \text{ cm} = 113040 \text{ cm}^3$$

$$S_b = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (60 \text{ cm})^2}{4} = 2826 \text{ cm}^2$$

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{145 \text{ kg}}{113040 \text{ cm}^3} = 0,0128 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Con el peso específico podemos ahora calcular la presión

$$P = \gamma \cdot h = 0,0128 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \cdot 40 \text{ cm} = 0,0512 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Ejercicios:

1. Un submarino se encuentra a 50 metros de profundidad en el mar. Sabiendo que la densidad del mar es de 1,10 g/cm³. Calcular: a) la presión que está soportando el submarino. B) la fuerza que habría que realizar para abrir una escotilla de 0,5 m² de superficie.
2. Calcula el valor de la presión hidrostática en un punto situado a 100 m de profundidad en el mar (densidad agua de mar = 1 030 kg/m³).
3. Un depósito cilíndrico de 4 m de altura cuya base tiene 1 m de radio está totalmente lleno de agua. Calcular la fuerza que el agua ejerce sobre el fondo y la presión en ese lugar. ¿Cuánto valdrían esas magnitudes si el depósito estuviera lleno de aceite de densidad 900kg/m³?
4. Qué presión debe soportar un nadador que se sumerge a 3 metros en una pileta.
5. Qué presión se obtiene en una canilla a 1 m de altura si la instalación de agua de la casa se abastece de un tanque ubicado a 5 m de altura y a su vez el tanque se llena con 80 cm de altura.

Caudal (Q) Gasto (G)

La física define caudal (Q) como la cantidad de líquido que pasa por una determinada sección en un cierto tiempo. Concretamente, el caudal sería el resultado de dividir el volumen de líquido que circula dividido el tiempo.

$$Q = \frac{V}{t}$$

El caudal se mide unidades de volumen dividido unidades de tiempo. Generalmente se usan m³/seg o litro /seg. Estas no son las únicas unidades que se usan. Que no te extrañe si en un problema te aparece un caudal en cm³/seg, dm³/seg o en litros /hora.

$$Q = \frac{V}{t} = \left[\frac{m^3}{s}; \frac{cm^3}{s}; \frac{dm^3}{s}; \frac{l}{s} \right]$$

De manera similar definimos gasto (G) a la masa que atraviesa una sección en un tiempo dado. Lo calculamos dividiendo la masa que atraviesa una sección determinada por el tiempo que tarda en hacerlo. Algunos autores llaman a esta magnitud, Caudal Másico. Para medirla usamos kg /seg, kilogramos /hora, etc.

$$G = \frac{m}{t} = \left[\frac{kg}{s}; \frac{kg}{h}; \frac{g}{s}; \frac{UTM}{s} \right]$$

El caudal y el gasto están relacionados por medio de la densidad. Multiplicando densidad por caudal, obtenemos el gasto y sabiendo el caudal másico puedo sacar al caudal dividiendo el gasto por la densidad del líquido, es decir

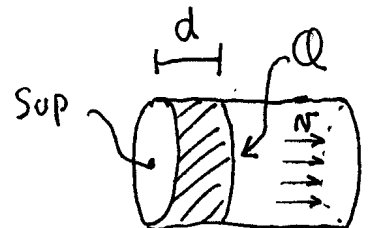
$$G = Q \cdot \rho$$

Otra fórmula para el caudal (Q = V x S)

Fijate lo siguiente: El caudal es el volumen que circula dividido el tiempo que pasa.

Entonces mirando el dibujo puedo hacer esta deducción. El líquido al moverse dentro del caño recorre una cierta distancia d. Entonces al volumen que circula lo puedo poner como Volumen = Superficie del caño x distancia recorrida. Pero, la distancia recorrida por el líquido dividido el tiempo, es la velocidad con que se mueve el mismo, entonces podemos escribir:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{S \cdot d}{t} = S \cdot v$$



Que es la ecuación que presentamos en el título.

Ejemplo de resolución:

Una canilla llena un balde de agua en 2 minutos. Calcular:

a) El caudal que sale por la canilla

b) La velocidad con que sale el líquido, sabiendo que la sección de la canilla es de 1 cm².

Datos: V = 10 l ; t = 2 min

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{10 l}{2 min} = 5 \frac{l}{min}$$

b) Para calcular la velocidad con que sale el agua planteo que el caudal es la velocidad por la sección. La superficie de la canilla es 1 cm². Hay que homogenizar las unidades litros y cm² y pasamos el tiempo a segundos.

$$Q = v \cdot S \rightarrow v = \frac{Q}{S}$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{5 \frac{l}{min}}{1 cm^2} * \left[\frac{1000 cm^3}{1 l} \right] \left[\frac{1 min}{60 s} \right] = 83,33 \frac{cm}{s}$$

Ejemplo de resolución:

Cuál será el gasto del problema anterior si el líquido tienen una densidad de $\delta = 1,15 \frac{g}{cm^3}$

Ejemplo de resolución:

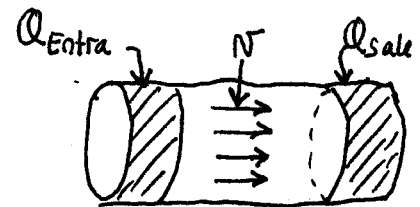
Datos: $Q = 5 \frac{l}{min}$; $\delta = 1,15 \frac{g}{cm^3}$

$$G = Q * \delta = 5 \frac{l}{min} * 1,15 \frac{g}{cm^3} * \left[\frac{1000 cm^3}{1 l} \right] = 5750 \frac{g}{min}$$

Ecuación de la continuidad.

Pensemos en lo siguiente: un caño que tiene un diámetro de 10 cm. Supongamos que por el caño están entrando 5 litros por minuto. Pregunta: ¿ qué cantidad de líquido está saliendo por la otra punta del caño ?

Para la respuesta no hay que pensar mucho. Es lo que te imaginas. Todo lo que entra, tiene que salir. Si entran 5 litros por minuto, tiene que estar saliendo 5 litros por minuto. Dicho de otra manera, el caudal que entra es igual al caudal que sale. Si entran 5, salen 5. Si entran 10, salen 10. Es decir:



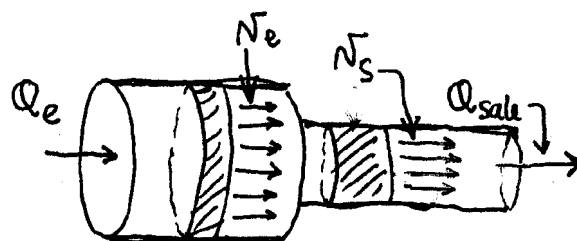
$$Q_{ent} = Q_{sal}$$

Como al caudal se lo puede expresar como Velocidad x Superficie, la fórmula anterior se puede escribir:

$$v_e * S_e = v_s * S_s$$

En esta fórmula V_e es la velocidad del líquido a la entrada y S_e es la sección (= superficie) del caño a la entrada. Lo mismo con V_s y S_s para la salida.

A esta fórmula se la llama comúnmente " ecuación de continuidad". Sigue siendo válida aunque la sección del caño cambie, como lo indica el dibujo.



LA ECUACION DE CONTINUIDAD TAMBIEN SE USA SI EL TUBO CAMBIA SU DIÁMETRO.

Ejercicios:

1. Se debe llenar un tanque cilíndrico de 2000 litros en 12 minutos. Calcular el caudal.
2. Que caudal entrega una boquilla si tiene un diámetro de 19 mm y fluye líquido a 6 m/s.
3. Qué caudal tiene al circular un fluido, si 2000 litros pasan en 15 minutos.Cuál será el gasto si su peso específico es de 1,25 kg/dm³.
4. Cuánto tardará en llenarse un depósito de 3 m³ si el caudal de la bomba es de 120 l/h. Cuál es la velocidad del fluido al circular por una tubería de 15mm de diámetro interno.
5. Cuánto tardará en llenarse un tanque con 400 dm³, si por una cañería de 1" circula un fluido cuya velocidad es de 2,5 m/s.

