

# Mecánica de fluidos

- 6.1. Características de los fluidos
- 6.2. Presión atmosférica
- 6.3. Presión manométrica
- 6.4. Presión absoluta
- 6.5. Unidades de presión
- 6.6. Principio de Pascal
- 6.7. Principio de Arquímedes
- 6.8. Tensión superficial, capilaridad, difusión y ósmosis

## Características de los fluidos.

Los fluidos son aquellos estados de la materia en los que existe una atracción débil entre sus partículas, de manera que no tiene la capacidad de sostener su forma concreta, sino que adquiere la del recipiente en donde esté contenida. En esto se distingue de los sólidos.

En principio, tanto los gases como los líquidos pueden catalogarse como fluidos, ya que ninguno conserva su forma específica. Pero existen entre ellos diferencias, ya que los gases tienen todavía menor atracción entre sus partículas, lo cual les permite ser comprimidos, cosa que con los líquidos no puede hacerse. A pesar de ello, los principios de la fluidez (estáticos y dinámicos) aplican tanto para unos como para otros.

- El término hidrostática se refiere al estudio de los fluidos en reposo.
- El término hidrodinámica se refiere al estudio de los fluidos en reposo.

Esta demostrado que los principios importantes de la hidrostática son: el principio de Pascal y el principio de Arquímedes. A diferencia de la Hidrostática en la que se han podido establecer leyes bien definidas y rigurosamente comprobadas aún en el caso de líquidos reales, la Hidrodinámica, si bien ha podido establecer algunas leyes para definir las particularidades de un líquido perfecto en movimiento, no ha conseguido aún establecer expresiones matemáticas rigurosas para muchos problemas, los que se pueden resolver de forma aproximada combinando teorías matemáticas con desarrollos y resultados experimentales obteniéndose así las denominadas Fórmulas Prácticas de la Hidráulica.

Las características de los fluidos son ampliamente cerradas, pues entre los líquidos y los gases su diferencia puede cambiar por la presión y por la temperatura.

Aunque analizaremos sus propiedades principales, se distingue a la **Viscosidad** como la más destacable, ya que también ayuda a definir los tipos de fluidos existentes.

**Viscosidad:** Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. A mayor viscosidad menor flujo del fluido.

La viscosidad se puede definir como:

La viscosidad es la medida de la resistencia interna de un fluido a desplazarse o moverse.

En los líquidos la viscosidad se debe a la fuerza de cohesión entre sus moléculas. La viscosidad mide cuánta fuerza se requiere para deslizar una capa del fluido sobre otra, los fluidos tienden a seguir la ley de la gravedad, pero no todos se trasladan con la misma facilidad.

Si no fuera por la viscosidad, un líquido podría desplazarse a través de un tubo por su propia inercia sin que ninguna diferencia de presiones tuviera que empujarlo entre los extremos del conducto. La unidad de medición de la viscosidad en el sistema internacional es el "poiseville", que se define como:

"La viscosidad que tiene un fluido cuando su movimiento rectilíneo uniforme sobre una superficie plana es retardado por una fuerza de un newton por metro cuadrado de superficie de contacto con el fluido y la velocidad de éste, respecto a la superficie es de un metro por segundo".

De acuerdo con la definición anterior la unidad de viscosidad en el sistema internacional es el  $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ , la cual recibe el nombre de Pascal-seg, y esta última recibe el nombre especial de poiseville (PI).

Al valor de la viscosidad de un fluido se le llama coeficiente de viscosidad y depende de la temperatura. En los líquidos, el coeficiente de la viscosidad disminuye si la temperatura aumenta y en los gases aumenta al aumentar la temperatura.

Categorías de los fluidos:

- Fluidos newtonianos o de viscosidad constante.
- Fluidos no newtonianos, cuya viscosidad depende de su temperatura y la tensión cortante que se les aplique.
- Fluidos perfectos o superfluidos, que presentan una aparente ausencia de viscosidad.

## Características de los Fluidos

- Deformabilidad infinita. Ya que sus moléculas siguen movimientos no acotados y no tienen una posición de equilibrio.
- Compresibilidad. Hasta cierto grado, se puede comprimir los fluidos, o sea, hacerlos ocupar un volumen inferior al dado. Sin embargo, los gases son más comprimibles que los líquidos.
- Ausencia de memoria de forma. O sea, que ocupan la forma del recipiente que los contenga, y carecen totalmente de elasticidad.

## Propiedades de los fluidos.

Presión. Medida en pascales en el Sistema Internacional (SI), la presión no es más que la proyección de la fuerza aplicada perpendicularmente por unidad de superficie de un fluido, es decir, la fuerza que ejerce en todas las direcciones al mismo tiempo sobre lo que esté en contacto con él. Ejemplos de ello son la presión atmosférica o la presión del agua en el fondo oceánico.

Presión atmosférica. La tierra está rodeada por una capa de aire llamada atmósfera. El aire, que es una mezcla de 20% de oxígeno, 79% de nitrógeno y 1% de gases raros, debido a su peso ejerce una presión sobre todos los cuerpos que están en contacto con él, llamada presión atmosférica. La presión atmosférica se mide con un barómetro. La presión atmosférica varía con la altura con respecto al nivel del mar, por lo cual, al nivel del mar se tiene el máximo valor de ella, llamada presión normal y que equivale a:

$$1.013 \times 10^5 \text{ N}/\text{m}^2 = 760 \text{ mm de Hg} = 1 \text{ atmósfera (atm)}$$

Presión Hidrostática. La presión hidrostática es aquella presión que ejerce un líquido debido a su peso, sobre todo cuerpo que se encuentre sumergido dentro de él. Todo líquido contenido en un recipiente origina una presión sobre el fondo y las paredes del recipiente que lo contiene, sin tener en cuenta las presiones que se ejercen sobre su superficie, como la atmosférica o la que se ejercería con un pistón colocado sobre la superficie del líquido. Esta presión recibe el nombre de presión hidrostática, la cual aumenta conforme mayor es la profundidad.

Todo cuerpo sumergido dentro de un líquido se encuentra sometido a dicha presión hidrostática. La presión hidrostática en cualquier punto puede ser calculada multiplicando el peso específico del líquido por la altura que hay desde la superficie libre del líquido hasta el punto considerado. Su expresión matemática es:

$$P_h = (\rho) (h) = \rho g h$$

En donde:

$P_h$  = presión hidrostática, en  $N/m^2$

$\rho$  = peso específico del líquido, en  $N/m^3$ ;

$h$  = distancia desde la superficie libre del líquido hasta el punto considerado (altura de la columna de líquido), dada en metros.

$\rho$  = densidad del líquido.

$g$  = aceleración de la gravedad ( $9.81 m/s^2$ ).

**Energía interna.** Se trata de la sumatoria de la energía cinética total de las partículas que componen una sustancia, junto con la energía potencial asociada a sus interacciones.

**Entalpía.** Simbolizada en física con la letra  $H$ , se define como la cantidad de energía que un sistema termodinámico determinado intercambia con su entorno, ya sea perdiendo o ganando calor a través de diferentes mecanismos.

**Entropía.** Simbolizada con la letra  $S$ , consiste en el grado de desorden de los sistemas termodinámicos en equilibrio, ya que describe el carácter irreversible de los mismos. A mayor entropía, mayor tendencia al caos, y a mayor tiempo de vida, mayor entropía.

**Calor específico.** Mide la cantidad de calor que una sustancia requiere para incrementar su temperatura en una unidad calórica determinada. Se representa con la letra  $c$ .

**Conductividad térmica.** Representa la capacidad de transmisión del calor de los fluidos, o sea, de transferir la energía cinética de las partículas a otras adyacentes con las que está en contacto.

**Tensión superficial.** Se entiende como la cantidad de energía necesaria para aumentar la superficie de un líquido por unidad de área, pero puede entenderse como la resistencia que presentan los fluidos, sobre todo los líquidos, al aumentar su superficie. La tensión superficial hace que la superficie libre de un líquido se comporte como una fina membrana elástica. Esto es lo que permite que algunos insectos y reptiles “caminen” sobre el agua. La tensión superficial de un líquido disminuye con el aumento de temperatura. Esto debido a que, a mayor movimiento molecular, disminuyen las fuerzas de cohesión. Sus unidades en el SI son  $N/m^2$ .

**Cohesión.** La cohesión es la fuerza de atracción que mantiene unidas a las moléculas de una misma sustancia. Ésta fuerza da origen a la cohesión, o sea, a la tendencia de un líquido a permanecer como un conjunto de partículas. La falta de fuerzas cohesivas entre las moléculas de un gas le permite llenar todo el recipiente donde se encuentre un gas encerrado.

Estas fuerzas son más intensas en los sólidos, más laxas en los líquidos y casi inexistentes en los gases.

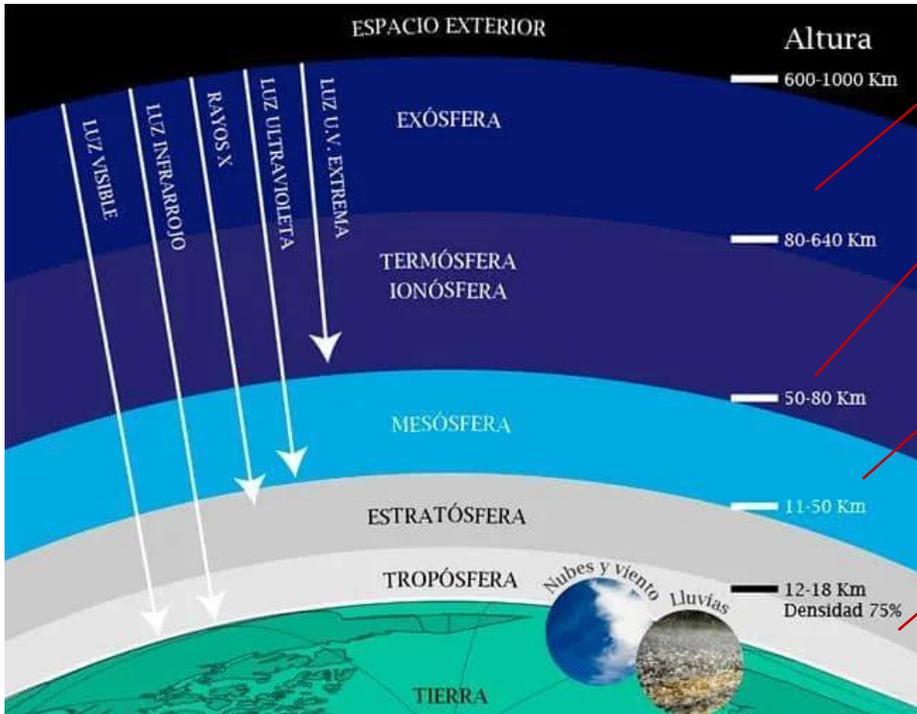
**Compresibilidad.** La medida de qué tanto puede disminuirse el volumen de un fluido al someterlos a una presión o compresión constante, como se hace con los gases hasta llevarlos a estado líquido.

**Capilaridad.** Vinculada con la tensión superficial de los fluidos, y por lo tanto de su cohesión, es la capacidad de un fluido de subir o bajar por un tubo (menor a 1mm de diámetro). Esto puede verse fácilmente cuando sumergimos en un líquido papel, y observamos qué tan arriba se extiende, contra la fuerza de gravedad, la mancha de líquido indica por así decirlo que tan rápido o que tanto se extiende dicho líquido.

**Coefficiente de difusión.** Este valor representa la facilidad con que un soluto específico se mueve en un disolvente dado, dependiendo del tamaño del soluto, la viscosidad del solvente, la temperatura de la mezcla y la naturaleza de las sustancias.

# Presión atmosférica

La presión barométrica es la fuerza que ejerce el peso (masa de aire x gravedad) en una columna de aire que hay sobre cualquier punto o lugar de la tierra y es por tanto el peso por unidad de superficie. Recordemos que la atmósfera es una capa gaseosa de aproximadamente 100 km de espesor que envuelve a la Tierra. Cualquier objeto cercano a la superficie terrestre vive inmerso en ella y por tanto estará sometido a su presión, tal y como lo está cualquier objeto dentro de un fluido.



En esta capa se producen las auroras boreales. Tiene temperaturas por encima de los 1000 °C

En esta capa se desintegran la mayor parte de los meteoritos. En la parte alta las temperaturas se encuentran a -100 °C

Los aviones vuelan en la zona baja. La capa de ozono esta en los niveles altos y absorbe la radiación.

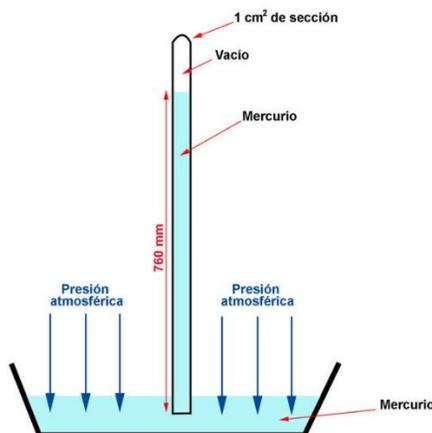
Es donde se produce el clima. En lo alto de esta capa, la temperatura es aproximada a los -50°C.

Cuanto mayor es la altura (altitud), menor es la presión atmosférica y cuanto menor es la altura y más se acerque a nivel del mar, mayor será la presión. De forma teórica, se considera que el valor máximo de la presión atmosférica se consigue a nivel del mar, aunque en algunos puntos de la tierra existen zonas por debajo de dicho nivel. Su valor en este punto corresponde con los 1013 mbar o 760 mm Hg. También se usa comúnmente el valor de 1 atmósfera (atm) como unidad de referencia, pero no está incluida en el Sistema Internacional de Unidades.

Se calcula por medio del Principio Fundamental de la Hidrostática:

$$P = d_{\text{gases}} \cdot g \cdot h$$

Debido al instrumento que se usa para su medición también se conoce como presión barométrica. Fue Evangelista Torricelli quien en 1643 inventó el primer barómetro.



$$P_a = \rho g h$$

- $\rho$  es la densidad del mercurio  $\rho = 13550 \text{ kg/m}^3$
- $g$  es la aceleración de la gravedad  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- $h$  es la altura de la columna de mercurio  $h = 0.76 \text{ m}$  al nivel del mar.

$$P_a = 101023 \text{ Pa}$$

# Unidades de medida de presión.

Como presión que es, en la S.I. la presión atmosférica se mide en Pascales (Pa), aunque se suelen emplear otras medidas como: atmósferas (atm), bares (b), milibares (mb), hecto pascales (hPa), pulgadas de agua (in H<sub>2</sub>O), metros de columna de agua (mca ó mc H<sub>2</sub>O) o milímetros de mercurio (mmHg) que a su vez es llamada torr.

Una atmósfera es la presión que se necesita para equilibrar una columna de 760 mm de mercurio.

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa o redondear a } 1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ atm} = 29.92 \text{ in Hg}$$

$$1 \text{ atm} = 1.01325 \text{ bar}$$

$$1 \text{ atm} = 101.3 \text{ KPa}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013.2 \text{ mb}$$

$$1 \text{ atm} = 1013.2 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ bar} = 100,000 \text{ Pa o } 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ milibares}$$

$$1 \text{ mb} = 100 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.3 \text{ Pa.}$$

$$760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$$

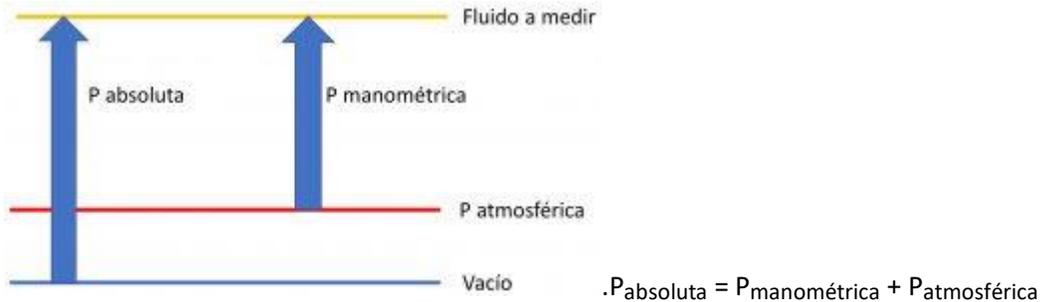
Considerando la presión atmosférica, que en promedio vale: 10.333 kg/m<sup>2</sup> (Pa), la altura representativa de esta presión en metros de columna de agua vale: 10.333 m.c.a.

Se considera que la presión atmosférica disminuye de media en 1 hPa por cada 8 metros de altura. Por tanto, cuando se habla de la presión atmosférica, la altitud siempre debe ser tenida en cuenta.

Unidades de presión y sus factores de conversión							
	Pascal	bar	N/mm <sup>2</sup>	kp/m <sup>2</sup>	kp/cm <sup>2</sup>	atm	Torr
<b>1 Pa (N/m<sup>2</sup>)=</b>	1	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	0.102	0.102×10 <sup>-4</sup>	0.987×10 <sup>-5</sup>	0.0075
<b>1 bar (daN/cm<sup>2</sup>) =</b>	100000	1	0.1	10200	1.02	0.987	750
<b>1 N/mm<sup>2</sup> =</b>	106	10	1	1.02×10 <sup>5</sup>	10.2	9.87	7500
<b>1 kp/m<sup>2</sup> =</b>	9.81	9.81×10 <sup>-5</sup>	9.81×10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-4</sup>	0.968×10 <sup>-4</sup>	0.0736
<b>1 kp/cm<sup>2</sup> =</b>	98100	0.981	0.0981	10000	1	0.968	736
<b>1 atm (760 Torr) =</b>	101325	1.013	0.1013	10330	1.033	1	760
<b>1 Torr (mmHg) =</b>	133	0.00133	1.33×10 <sup>-4</sup>	13.6	0.00132	0.00132	1

## Presión absoluta.

La presión absoluta se aplica al valor de presión referido al cero absoluto o vacío, sin presión atmosférica. Es la presión respecto al vacío total. Se denota con el subíndice "abs":  $P_{abs}$ .



## Presión manométrica o relativa.

Es 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; cuando esta cantidad es negativa se llama presión de vacío.

La presión manométrica se mide en relación con la presión atmosférica, se define como la diferencia entre presión absoluta ( $P_{abs}$ ) y presión atmosférica predominante ( $P_{amb}$  ó  $P_{atm}$ ). Se denota con el subíndice "e":  $P_e$  ó  $P_{man}$  (Presión manométrica) y se calcula de la siguiente manera:  $P_e = P_{abs} - P_{amb}$  ....  $P_{man} = P_{abs} - P_{atm}$

## Presión negativa del manómetro – Presión de vacío.

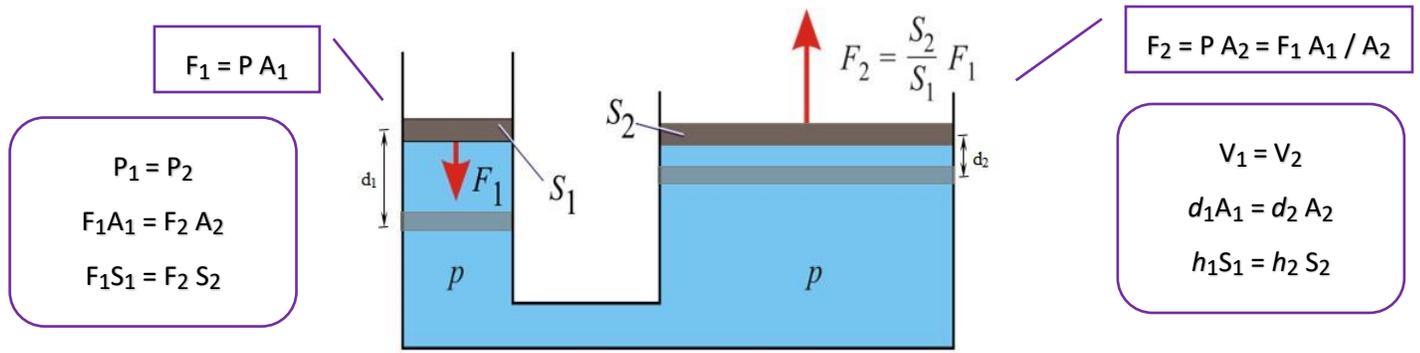
Cuando la presión atmosférica local es mayor que la presión en el sistema, se utiliza el término presión de vacío  $P_{vac}$ . Un vacío perfecto correspondería a la presión cero absolutos. Ciertamente es posible tener una presión manométrica negativa, pero no es posible tener una presión absoluta negativa. Se calcula.  $P_{vac} = P_{amb} - P_{abs}$  ó  $P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$

## Principio ó Ley de Pascal

Hace referencia a que la presión que ejerce un fluido que está en equilibrio y que no puede comprimirse (fluido incompresible), alojado en un envase cuyas paredes no se deforman, se transmite con idéntica intensidad en todos los puntos de dicho fluido y hacia cualquier dirección.

"... la presión ejercida en cualquier lugar de un fluido encerrado e incompresible se transmite por igual en todas las direcciones en todo el fluido, es decir, la presión en todo el fluido es constante..."

Mediante esta propiedad, es posible multiplicar la fuerza  $F_1$  aplicada al émbolo pequeño de la izquierda, y obtener  $F_2$  en el de la derecha.



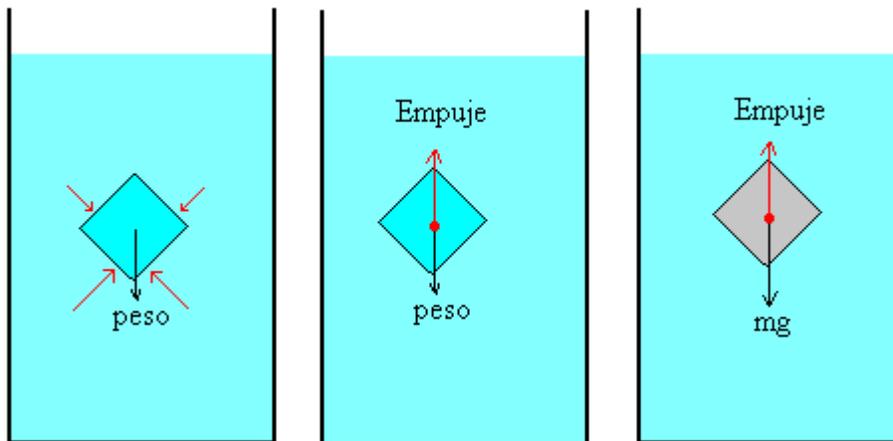
La prensa hidráulica es una máquina compleja basada en el principio de Pascal, que permite amplificar las fuerzas y constituye el fundamento de elevadores, prensas hidráulicas, frenos y muchos otros dispositivos hidráulicos.

## Principio de Arquímedes

Afirma que:

“... todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascendente (empuje vertical) equivalente (igual) al peso del fluido desalojado por el cuerpo...”

La explicación del principio de Arquímedes consta de dos partes como se indica en las figuras:



- El estudio de las fuerzas sobre una porción de fluido en equilibrio con el resto del fluido.
- La sustitución de dicha porción de fluido por un cuerpo sólido de la misma forma y dimensiones.

Puesto que la porción de fluido se encuentra en equilibrio, la resultante de las fuerzas debidas a la presión se debe anular con el peso de dicha porción de fluido. A esta resultante la denominamos empuje y su punto de aplicación es el centro de masa de la porción de fluido, denominado centro de empuje. De este modo, para una porción de fluido en equilibrio con el resto, se cumple:

$$\text{Empuje ó fuerza de empuje} = \text{peso} = \rho_f \cdot g \cdot v$$

$$E = \rho_f \cdot g \cdot v$$

- $\rho_f$  = densidad del fluido
- $g$  = aceleración de la gravedad
- $v$  = volumen de dicha porción.

Es importante hacer notar que la fuerza de empuje no depende del peso del objeto sumergido, sino solamente del peso del fluido desalojado, es decir, si tenemos diferentes materiales (acero, aluminio, bronce), todos de igual volumen, todos

experimentan la misma fuerza de empuje. Como la densidad del agua es de  $1 \text{ g/cm}^3$  ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ), el número de gramos de masa del agua corresponde al número de centímetros cúbicos de volumen del objeto.

Debido al efecto del empuje, los cuerpos sumergidos en un fluido tienen un peso aparentemente menor a su verdadero peso, y le llamamos peso aparente. El valor de la fuerza de empuje se determina mediante la diferencia del peso real y la del peso aparente, es decir:

$$\text{Empuje} = \text{peso real} - \text{peso aparente}$$

Como todo cuerpo que sea sumergido en un líquido se ajustará a una profundidad a la cual su peso sea igual al del agua desplazada, el peso del cuerpo está dado por la expresión:

Como el peso específico ( $P_e$ ) de la sustancia está dado por:

$$P_e = \rho_{\text{liq}} g$$

- $\rho_{\text{liq}}$  = densidad del líquido (ó fluido  $\rho_f$ )
- $g$  = aceleración de la gravedad

Entonces también podemos escribir la expresión:

$$E = P_e v$$

- $P_e$  = Peso específico
- $v$  = volumen del cuerpo sumergido

El producto del volumen del cuerpo por la densidad del fluido es igual a la masa del fluido desalojado. El producto de dicha masa por la aceleración de la gravedad nos da su peso. Por lo tanto. También podemos calcular el empuje que sufren los cuerpos que están sumergidos en un fluido usando la expresión:

$$E = m_{\text{liq}} g$$

- $m_{\text{liq}}$  = masa del líquido
- $g$  = aceleración de la gravedad

El concepto de empuje nos puede ayudar a determinar la densidad de un cuerpo sólido ( $\rho_{\text{cpo}}$ ). Para ello determinamos primero la masa real  $m_r$  del cuerpo con ayuda de una balanza. Después, sumergimos el objeto en un líquido de densidad conocida ( $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ ), por ejemplo, el agua y determinamos la masa aparente del objeto  $m_a$  la cual será menor que la anterior. De acuerdo con el principio de Arquímedes, esta diferencia se debe al empuje del agua, y por lo tanto la diferencia  $m_r - m_a$  es igual a la masa del agua desalojada por el cuerpo. La densidad del cuerpo está dada por la expresión:

$$\rho_{\text{cpo}} = \frac{m_r}{(m_r - m_a)} \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

También podemos determinar la densidad de un líquido. Para ello, primero obtenemos la masa aparente  $m_a$  de un cuerpo de masa  $m_r$  sumergido en un líquido de densidad conocida ( $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ ). La diferencia de masa ( $m_r - m_a$ ) es igual a la masa del volumen de líquido desalojado, por lo tanto:

$$V = \frac{m_r - m_a}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Después se introduce el mismo cuerpo en el líquido problema y hallamos su masa aparente  $m_{a2}$ . De nuevo la diferencia de masa  $m_r - m_{a2}$  es igual a la masa del volumen de líquido desalojado, por tanto:

$$V = \frac{m_r - m_{a2}}{\rho_{H2O}}$$

# Tensión superficial, capilaridad, difusión y ósmosis

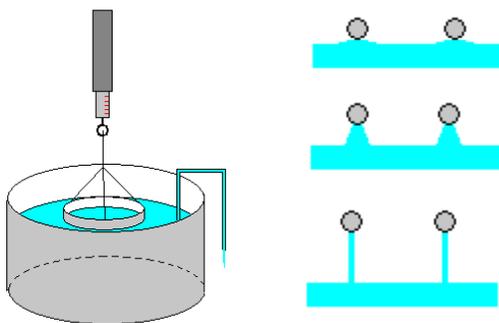
## Tensión Superficial.

La superficie de cualquier líquido se comporta como si sobre esta existe una membrana a tensión. A este fenómeno se le conoce como tensión superficial. La tensión superficial de un líquido está asociada a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área.

La tensión superficial surge por las fuerzas que actúan cohesionando las moléculas de los líquidos. Dichas fuerzas no son iguales en la superficie y en el interior del líquido, aunque en promedio terminan anulándose.



La tensión superficial puede ser cuantificada y evaluada como una magnitud constante para un líquido determinado. Una forma de ponerla en evidencia es por medio de un dispositivo en forma de arco como muestra la figura.



La tensión superficial del líquido se calcula a partir del diámetro  $2R$  del anillo y del valor de la fuerza  $\Delta F$  que mide el dinamómetro.

$$\gamma = \frac{\Delta F}{2 \cdot 2\pi R} \quad 2 \pi \cdot D \cdot \sigma = F$$

Donde:

$\gamma$ ,  $\sigma$  ó  $\lambda$  = tensión superficial. Unidades SI en N/m ó dyn/cm donde 1dyn/cm = 0.001 N/m

F = fuerza

D = diámetro del arco

r = radio del arco

Si lo sumergimos el arco en un líquido, se observará la formación de una doble película de líquido sobre el arco, que al estirarla cuasiestáticamente (es decir, muy lentamente) aplicando una fuerza (F) al arco observaremos que esta fuerza resulta ser constante, independientemente del estiramiento o deformación producida. Otro método es:

Métodos  $\xrightarrow{\text{Basados en}}$  La ley de TATE  $\xrightarrow{\text{Desprendimiento de una gota de un tubo capilar}}$

$P = \text{Fuerza de la Tensión Superficial}$

$P = m \times g = k \times \sigma$  Donde,  $k = 2\pi r$

$$p = 2\pi r \sigma$$

$$k \equiv \frac{r}{R}$$

$$p = 2\pi k R \sigma$$

$$\frac{\rho V g}{n} = 2\pi k R \sigma$$

$$\sigma_{\text{Liq}} = \sigma_{\text{H}_2\text{O}} \times \frac{D_{\text{Liq}} \times n_{\text{H}_2\text{O}}}{D_{\text{H}_2\text{O}} \times n_{\text{Liq}}}$$

## Capilaridad

La acción capilar (a veces capilaridad, movimiento capilar, efecto capilar o mecha) es la capacidad de un líquido para fluir en espacios estrechos sin la ayuda de, o incluso en oposición a, fuerzas externas como la gravedad. Es resultado de dos tipos de fuerzas. Elevada fuera de adhesión y fuerza de cohesión.

El efecto se puede ver en la extracción de líquidos entre los pelos de una brocha, en un tubo delgado, en materiales porosos como papel y yeso, en algunos materiales no porosos como arena y fibra de carbono licuada, o en una célula biológica. por un tubo estrecho en contra de la fuerza de gravedad.

capilaridad

Peso de la columna de agua

- $\longleftrightarrow$  Fuerza de cohesión agua
- $\longleftrightarrow$  Fuerza de cohesión agua superficie
- $\longleftrightarrow$  Fuerzas de adhesión agua-pared capilar
- $\bullet$  Moléculas de agua

Corresponde a la fuerza o **atracción** intermolecular entre moléculas semejantes.

Corresponde a la fuerza o **atracción** intermolecular entre moléculas distintas.

La ley de Jurin define la altura que se alcanza cuando se equilibra el peso de la columna de líquido y la fuerza de ascensión por capilaridad. La altura  $h$  en metros de una columna líquida está dada por la ecuación:

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r} \quad \gamma = \frac{r h (\Delta \rho) g}{2 \cos \theta} \quad \gamma = \frac{\rho g \pi D^2 h}{4}$$

Donde:

$\gamma$  = tensión superficial interfacial (N/m)

$\theta$  = ángulo de contacto

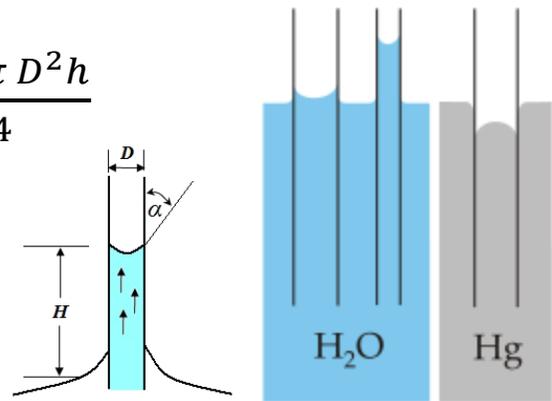
$\rho$  = densidad del líquido  $h$  (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = aceleración debida a la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$r$  = radio del tubo (m)

$h$  = es la altura del líquido que asciende

$D$  = diámetro del tubo



Entre algunos materiales, como el mercurio y el vidrio, las fuerzas intermoleculares del líquido exceden a las existentes entre el líquido y el sólido, por lo que se forma un menisco convexo y la capilaridad trabaja en sentido inverso. En el caso de otros líquidos como el agua la muesca es cóncava y se considera el sentido correcto.

## Difusión

La difusión (molecular) es un proceso físico irreversible, consiste en el flujo neto de átomos, iones u otra especie dentro de un material (proceso por el cual las moléculas se entremezclan), como consecuencia del movimiento aleatorio que le impulsa su energía cinética, las partículas se mueven de una región de alta concentración a un área de baja concentración hasta obtener una distribución uniforme. Inducido por la temperatura y el gradiente de concentración. Normalmente los procesos de difusión están sujetos a la Ley de Fick. Los diferentes factores que influyen en este fenómeno expresan que:

“...la velocidad de difusión por unidad de superficie en dirección perpendicular a ésta es proporcional al gradiente de la concentración de soluto en esa misma dirección...”

La difusión es un proceso que no requiere aporte energético, generalmente ocurre en gases y líquidos, presenta una forma de intercambio celular en el que partículas materiales se introducen en un medio en el que inicialmente estaban ausente, aumentando la Entropía (desorden molecular) del sistema.

$$V = K \frac{A (C_1 - C_2)}{d}$$

Donde:

$V$  = velocidad de difusión

$K$  = constante de difusión

$A$  = superficie de absorción

$C_1 - C_2$  = gradiente de concentración

$d$  = diámetro de la membrana

La constante de difusión " $K$ ", depende a su vez de varios factores:

$$K = \frac{kT}{6\pi a \eta}$$

k es la constante de Boltzmann

T es la temperatura absoluta

a es el radio de la partícula en solución

$\eta$  es la viscosidad del medio.

Es importante comprender los mecanismos que determinan la velocidad de difusión de una sustancia debido a que este mecanismo de transporte está presente en una gran cantidad de funciones que se realizan en el ser humano. Como ejemplo se puede mencionar lo que ocurre con el oxígeno, el cual se introduce al organismo por la respiración y llega a la sangre por difusión a través de la membrana alveolocapilar, se introduce al eritrocito también por difusión, y de nuevo por difusión llega a los tejidos periféricos para su uso.

## Velocidad de Difusión.

Puesto que la energía cinética media de los diferentes tipos de moléculas (masas diferentes) que están en equilibrio térmico es la misma, entonces sus velocidades medias son diferentes. Su velocidad de difusión media, se espera que dependa de esa velocidad media, la cual le da una velocidad de difusión relativa.

$$\text{tasa de difusión} = K \sqrt{\frac{T}{m}}$$

Donde:

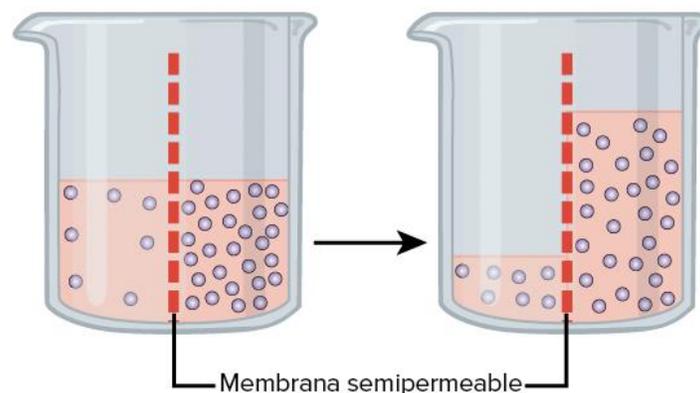
k es la constante de difusión

T es la temperatura absoluta

M es la masa de la molécula

## Ósmosis

Fenómeno físico relacionado con el movimiento de un disolvente a través de una membrana semipermeable. Tal comportamiento supone una difusión simple a través de la membrana, sin gasto de energía. La ósmosis del agua es un fenómeno biológico importante para el metabolismo celular de los seres vivos. Se denomina membrana semipermeable a aquella estructura que contiene poros o agujeros, al igual que cualquier filtro, de tamaño molecular. El tamaño de los poros es tan minúsculo que deja pasar las moléculas pequeñas, pero no las grandes, normalmente del tamaño de micrómetros. Por ejemplo, deja pasar las moléculas de agua, que son pequeñas, pero no las de azúcar, que son más grandes.



# Tonicidad

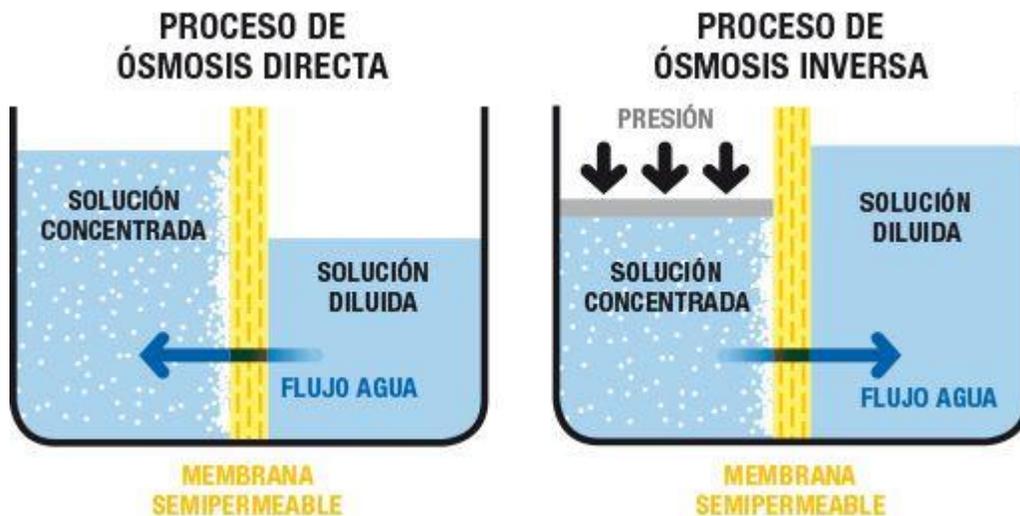
La capacidad de una solución extracelular de mover el agua hacia adentro o hacia afuera de una célula por ósmosis se conoce como su tonicidad. La tonicidad de una solución está relacionada con su osmolaridad, que es la concentración total de todos los solutos en la solución. Una solución con osmolaridad baja tiene pocas partículas de soluto por litro de solución, mientras que una solución con alta osmolaridad tiene muchas partículas de soluto por litro de solución.

Según la concentración de solventes y solutos (por ejemplo, el agua sería el solvente y la sal el soluto en el ejemplo anterior) se pueden clasificar los medios en:

- **Hipotónicos:** cuando la concentración de soluto es menor respecto al medio con el que se compara. Si el líquido extracelular tiene una menor osmolaridad que el líquido al interior de la célula, se dice que es hipotónico (hypo = menos que) con respecto a la célula, y el flujo neto de agua será hacia el interior de esta.
- **Hipertónico:** cuando la concentración de soluto es mayor respecto al medio con el que se compara. En el caso contrario, si el líquido extracelular tiene una mayor osmolaridad que el citoplasma de la célula, se dice que es hipertónico (hyper = mayor que) con respecto a ella y el agua saldrá de la célula a la región de mayor concentración de soluto.
- **Isotónico:** cuando ambos medios tienen la misma concentración. En una solución isotónica (iso = igual), el líquido extracelular tiene la misma osmolaridad que la célula y no habrá ningún movimiento neto de agua hacia adentro o hacia afuera de esta.

A la presión que ejerce el solvente (agua) sobre la cara de la membrana donde hay menor concentración hacia el compartimento de mayor concentración se le denomina presión osmótica.

En el otro sentido, se encuentra la ósmosis inversa que sí necesita aporte de energía: se obliga a pasar el solvente de la solución de mayor concentración al de menor concentración aumentando la presión en la zona donde la solución está más concentrada. De este modo, el resultado que se obtiene es muy diferente de la ósmosis directa donde se obtienen dos soluciones de igual concentración. El resultado la ósmosis inversa es una solución muy concentrada y otra más diluida, dependiendo de la presión aplicada.



La ósmosis inversa tiene muchas utilidades diferentes como la desalinización, el tratamiento de aguas residuales o la potabilización de agua entre otras muchas aplicaciones.

## Presión osmótica.

Puede definirse como la presión que se debe aplicar a una solución para detener el flujo neto de disolvente a través de una membrana semipermeable. La presión osmótica es una de las cuatro propiedades coligativas de las soluciones (dependen del número de partículas en disolución, sin importar su naturaleza). Se trata de una de las características principales para tener en cuenta en las relaciones de los líquidos que constituyen el medio interno de los seres vivos, ya que la membrana plasmática regula la entrada y salida de soluto al medio extracelular que la rodea, ejerciendo como barrera de control.

La presión osmótica (propiedad coligativa) depende de la concentración en mol/L del número total de partículas dispersas del soluto (M) y de la temperatura en kelvin de la solución (T).

$$\pi = c R T$$

$\pi$ , es la presión osmótica, en atmósferas (atm).

R, es la constante universal de los gases ideales (aunque a pesar de su nombre no sólo se aplica a gases, como es el caso).

Su valor es de  $0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  ó  $8.314 \text{ J/mol K}$

T, es la temperatura absoluta, en kelvin (K).

c, es la concentración molar o molaridad de la disolución, medida en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### Guía 2021

7. Según la expresión matemática  $P = W/t$ , a mayor trabajo corresponde:

- a) mayor potencia
- b) mayor tiempo
- c) menor tiempo
- d) menor potencia

8. El gas dentro de un cilindro, se dilata a una presión constante de  $2 \times 10^3 \text{ Pa}$ , su volumen inicial es de  $2 \times 10^3 \text{ m}^3$ . Ordenar en forma ascendente el trabajo que realiza el gas considerando el volumen final como se indica en cada caso a continuación:

- 1.  $5 \times 10^3 \text{ m}^3$
- 2.  $4 \times 10^3 \text{ m}^3$
- 3.  $2 \times 10^3 \text{ m}^3$
- 4.  $6 \times 10^3 \text{ m}^3$
- 5.  $7 \times 10^3 \text{ m}^3$

a) 2, 4, 3, 1, 5

b) 3, 2, 1, 4, 5

c) 2, 3, 4, 5, 1

d) 3, 5, 2, 4, 1

12. Al colocar sobre el mar una piedra de 5 g, ésta se hunde; pero si se coloca una lancha de madera de 100 kg, ésta flota en el mar. Este comportamiento diferente se debe a que estos cuerpos poseen diferente:

- a) densidad
- b) gravedad
- c) peso
- d) masa

14. En los vasos comunicantes se demuestra que la presión hidrostática en el fondo de los recipientes, no depende del volumen del líquido de cada recipiente sino únicamente de la \_\_\_\_\_ del líquido.

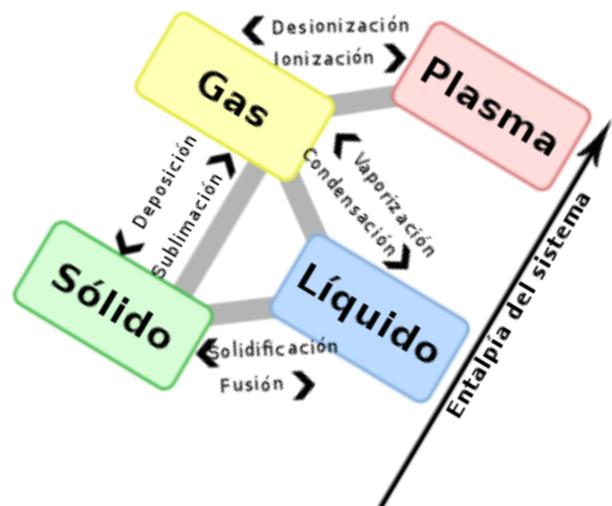
- a) altura
- b) densidad
- c) gravedad
- d) temperatura

16. Se arroja al agua una piedra pómez que tiene un área aproximada de 10 cm<sup>2</sup> y la parte de la piedra que flota tiene una altura de 3 cm. Calcular el empuje hidrostático si la densidad del agua es  $\rho_{H_2O}=1,000\text{kg/m}^3$ .

- a) 294.3 N
- b) 29.43 N
- c) 2.943 N
- d) 0.2943 N

17. Se le llama \_\_\_\_\_ al proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida al estado gaseoso. El proceso ocurre por la acción de las presiones superiores y temperaturas inferiores a las que se produce dicha transición.

- a) sublimación
- b) cristalización
- c) solidificación
- d) condensación



18. Relacionar los conceptos con su expresión matemática.

- a) 1D, 2C, 3A, 4B
- b) 1C, 2A, 3D, 4B
- c) 1C, 2D, 3B, 4A
- d) 1D, 2C, 3B, 4A

Concepto	Expresión matemática
1. Presión	A. $\rho gh$
2. Presión absoluta	B. $P_{abs} - P_{atm}$
3. Presión manométrica	C. $P_{atm} + \rho gh$
4. Presión hidrostática	D. $\frac{F}{A}$

19. Un objeto no poroso que flota, desplaza un peso de fluido \_\_\_\_\_ que su propio peso.

- a) ligeramente mayor
- b) mayor
- c) menor
- d) igual

Guía 2020

13. Relacionar cada concepto con su correspondiente significado.

Concepto	Significado
1. Presión hidrostática	A. La presión ejercida sobre un fluido confinado se transmite íntegramente a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente que las contiene.
2. Principio de Pascal	B. Presión que ejerce el peso de una columna de fluido en el área de su base.
3. Principio de Arquímedes	C. Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje ascendente igual al peso del fluido desalojado.
4. Presión manométrica	D. Es la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica.

6. Un buzo para realizar un rescate submarino se tiene que sumergir a diferentes profundidades. Si la densidad del agua de mar es de  $1033 \text{ kg/m}^3$ , ordenar de menor a mayor la presión hidrostática que experimenta el buzo cuando se encuentra a las profundidades de:

- 1. 35 m
- 2. 60 m
- 3. 40 m
- 4. 50 m

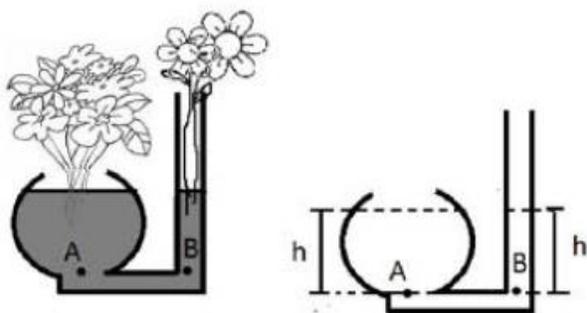
- a) 1B, 2A, 3C, 4D
- b) 1A, 2C, 3D, 4B
- c) 1B, 2D, 3A, 4C
- d) 1A, 2B, 3C, 4D

- a) 2, 4, 3, 1
- b) 2, 1, 4, 3
- c) 1, 3, 4, 2
- d) 1, 3, 2, 4

21. Los insectos que caminan en el agua se sostienen debido a una propiedad llamada:

- a) capilaridad
- b) cohesión
- c) adhesión
- d) tensión superficial

9. Un florero que contiene agua está formado por dos vasos comunicantes como se ilustran en la figura, en donde los puntos A y B se encuentran a la misma profundidad  $h$ . Identificar cómo son las presiones hidrostáticas  $P_A$  y  $P_B$  entre sí en esos puntos.



- a)  $P_A \leq P_B$
- b)  $P_A < P_B$
- c)  $P_A > P_B$
- d)  $P_A = P_B$

12. En lugares donde se alcanzan temperaturas congelantes, los tubos metálicos usados para transportar agua en la red metropolitana algunas veces se revientan durante el invierno porque:

- a) el agua se expande al congelarse
- b) el metal se vuelve frágil al congelarse
- c) el metal se contrae más que el agua al enfriarse
- d) en su exterior el tubo se contrae más que en su interior

14. La escala Kelvin de temperatura se dice que es una escala:

- a) absoluta
- b) práctica
- c) energética
- d) dinámica

32. La \_\_\_\_\_ estudia los líquidos en reposo.

- a) hidráulica
- b) hidrostática
- c) hidrodinámica
- d) hidromecánica

10. Es la fuerza de ligadura que se presenta entre moléculas de diferente tipo de sustancias, por ejemplo, agua con un vaso de vidrio.

- a) Cohesión
- b) Capilaridad
- c) Viscosidad
- d) Tensión superficial

13. Se define como el cociente entre la componente normal de la fuerza sobre una superficie y el área de dicha superficie.

- a) Flujo
- b) Presión
- c) Fuerza
- d) Energía

16. En el Sistema Internacional de Unidades, el pascal es equivalente a:

- a) newton por metro
- b) newton entre metro
- c) metro entre newton
- d) newton entre metro cuadrado



