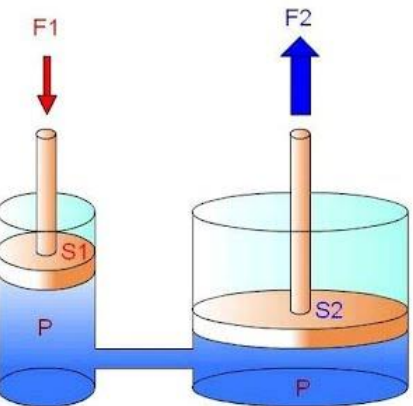


UNIDAD VI: Biorreología. Introducción.
Hidrostática. Densidad. Peso específico. Presiones.
Principio de Pascal y Arquímedes. Hidrodinámica:
Gasto o caudal. Volumen minuto. Ecuación de
continuidad. Viscosidad. Régimen laminar y
turbulento.



Biorreología

REOLOGÍA: parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir.

BIORREOLOGÍA: Aplicación de la reología al movimiento de los fluidos de los seres orgánicos.

La reología estudia el flujo y la deformación de la materia. La biorreología es la aplicación de la reología a los seres vivos.

Los fluidos pueden clasificarse en ideales y reales:

- **Líquidos IDEALES:** son incomprensibles (densidad constante), no poseen viscosidad, no se adhieren a las paredes del tubo que los contiene y las distintas capas que lo forman no se adhieren entre sí, no sufren pérdidas de energía ni presión, y su movimiento es tal que no forma torbellinos bajo ninguna circunstancia (movimiento, régimen o flujo laminar).

- **Líquidos REALES:** pueden ser incomprensibles o levemente compresibles, tienen viscosidad, se adhieren a las paredes y ofrecen resistencia al movimiento, sufren pérdidas de energía y presión, y su movimiento puede ser laminar o turbulento, dependiendo de la velocidad, la densidad, la viscosidad y la geometría por donde se muevan.

Líquidos

El estudio de los líquidos se separa en dos grandes ramas:

- **Líquidos en REPOSO (ESTÁTICOS)**
- **Líquidos en MOVIMIENTO (DINÁMICA)**

Presiones

Presión: es el módulo de la componente normal de la fuerza aplicada por unidad de superficie.
La presión es una magnitud escalar y no una vectorial.

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

P = Presión

F = Fuerza

S = Superficie

Unidades:

Suele expresarse con diferentes unidades tales como:

- Atmósferas (atm)
- milímetros de mercurio (mm Hg) o Torr
- bares (bar)
- Pascuales (N/m²)
- PSI (libra de fuerza por pulgada cuadrada (lbf/in² o lbf/in² ;«pounds-force per square inch»))

Equivalencias:

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 1013,25 \text{ hPa} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ Torr} = 1,01325 \text{ bar}$$



- 1 Torr = 0,999 999 857 533 699... mmHg
- 1 mmHg = 1,000 000 142 466 321... Torr



Presiones

DENSIDAD:

-Una propiedad importante de cualquier material es su densidad, que se define como su masa por unidad de volumen. Un material homogéneo, como el hielo o el hierro, tiene la misma densidad en todas sus partes.

-Usamos la letra griega ρ (rho) para denotar la densidad. Si una masa m de material homogéneo tiene un volumen V , la densidad ρ es:

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

Tabla 14.1 Densidades de algunas sustancias comunes

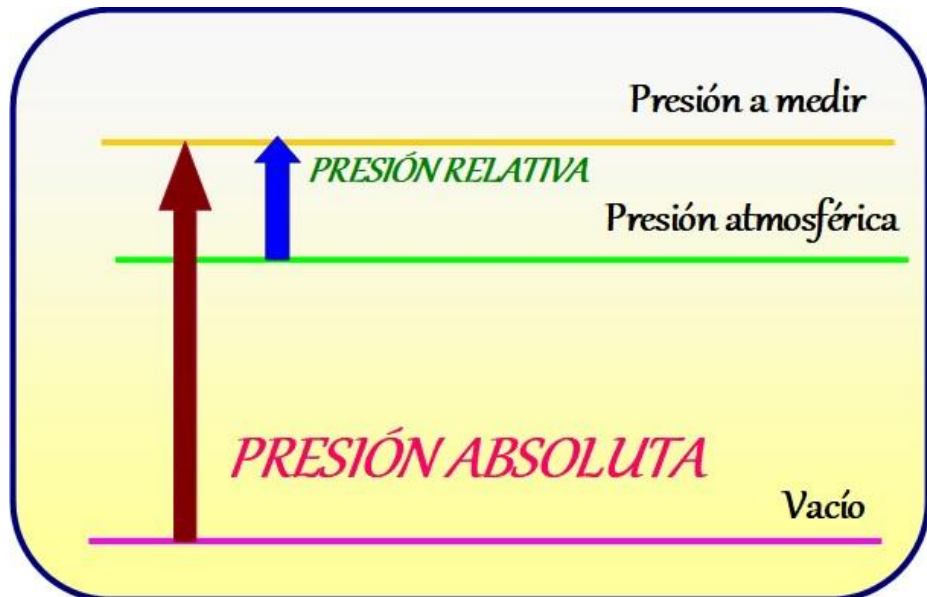
Material	Densidad (kg/m ³)*	Material	Densidad (kg/m ³)*
Aire (1 atm, 20°C)	1.20	Hierro, acero	7.8×10^3
Etanol	0.81×10^3	Latón	8.6×10^3
Benceno	0.90×10^3	Cobre	8.9×10^3
Hielo	0.92×10^3	Plata	10.5×10^3
Agua	1.00×10^3	Plomo	11.3×10^3
Agua de mar	1.03×10^3	Mercurio	13.6×10^3
Sangre	1.06×10^3	Oro	19.3×10^3
Glicerina	1.26×10^3	Platino	21.4×10^3
Concreto	2×10^3	Estrella enana blanca	10^{10}
Aluminio	2.7×10^3	Estrella de neutrones	10^{18}

*Para obtener las densidades en gramos por centímetro cúbico, divida entre 10^3 .

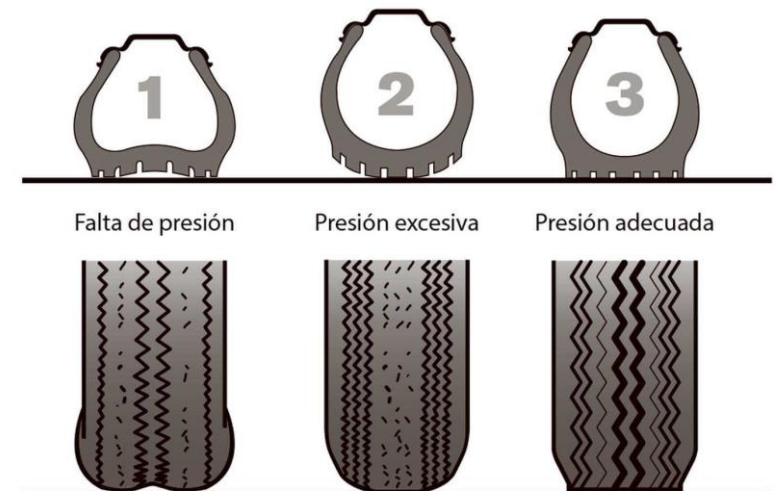
Presiones

Presión absoluta y presión manométrica

Si la presión dentro de un neumático es igual a la presión atmosférica, el neumático estará desinflado. La presión debe ser mayor que la atmosférica para poder sostener el vehículo, así que la cantidad significativa es la diferencia entre las presiones interior y exterior. Cuando decimos que la presión de un neumático es de “32 libras” (en realidad 32 lb/in^2 , igual a 220 kPa o $2.2 \times 10^5 \text{ Pa}$), queremos decir que es mayor que la presión atmosférica (14.7 lb/in^2 o $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) en esa cantidad. La presión total en el neumático es de 47 lb/in^2 , o 320 kPa . El exceso de presión más allá de la atmosférica suele llamarse presión manométrica, y la presión total se llama presión absoluta.



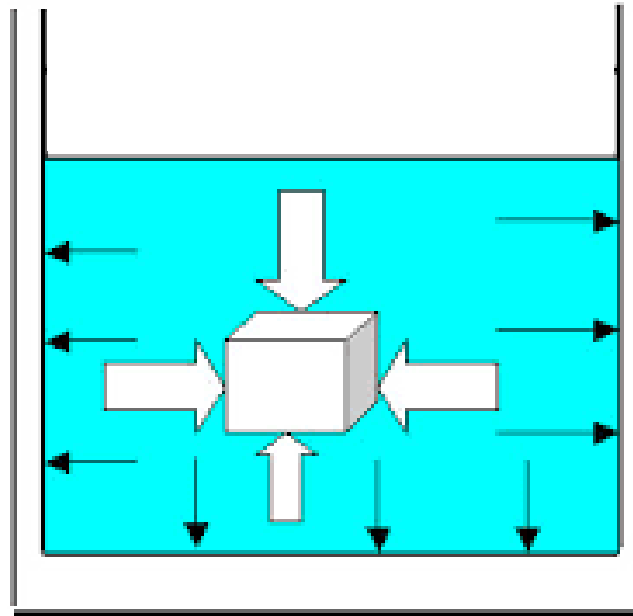
Efecto de la presión de inflado en el desgaste de los neumáticos



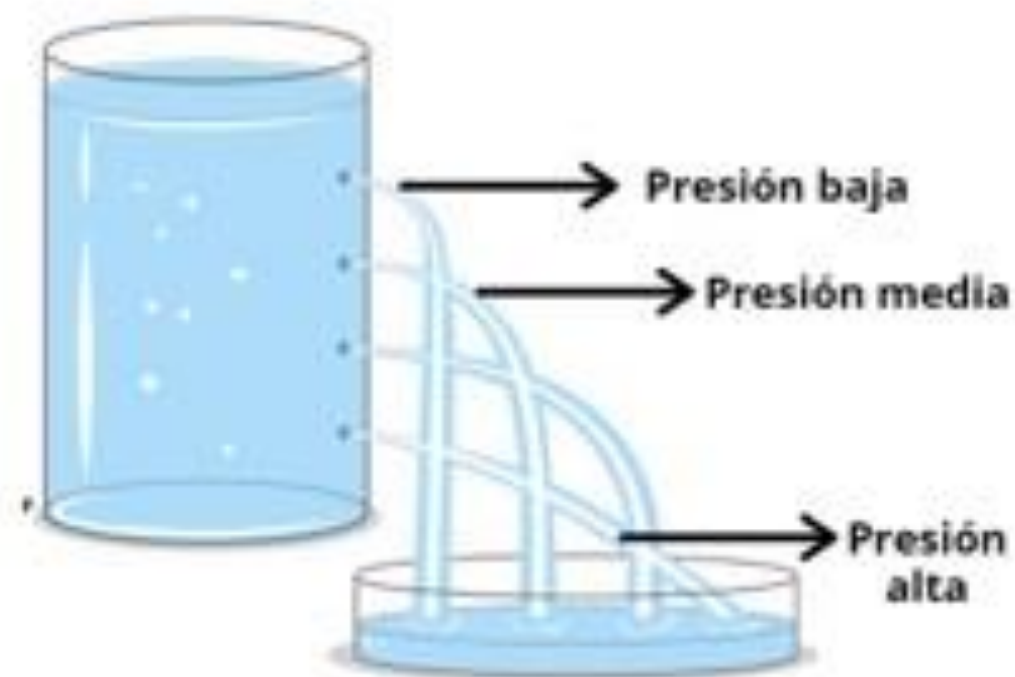
Presiones

Presión en un fluido:

- Cuando un fluido (ya sea líquido o gas) está en reposo, ejerce una fuerza perpendicular a cualquier superficie en contacto con él, como la pared de un recipiente o un cuerpo sumergido en el fluido. Ésta es la fuerza que sentimos en las piernas al meterlas en una piscina. Aunque el fluido considerado como un todo está en reposo, las moléculas que lo componen están en movimiento; la fuerza ejercida por el fluido se debe a los choques de las moléculas con su entorno.



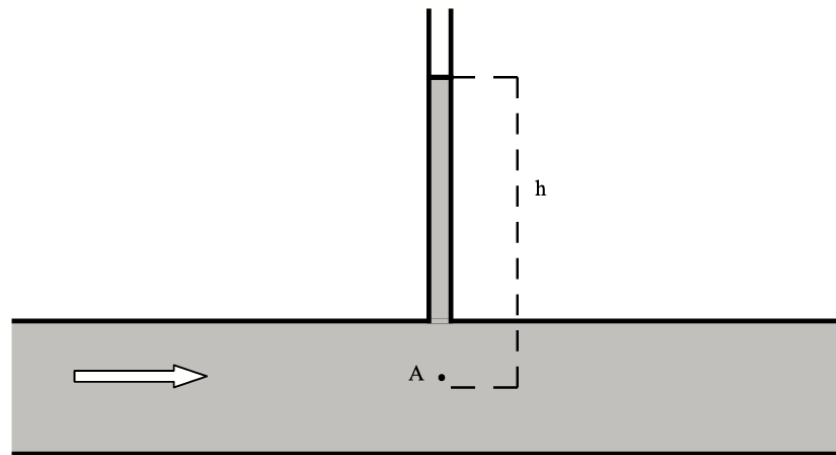
$$Presión_h = Peso_{Específico} * Altura$$



Como medir presiones en líquidos:

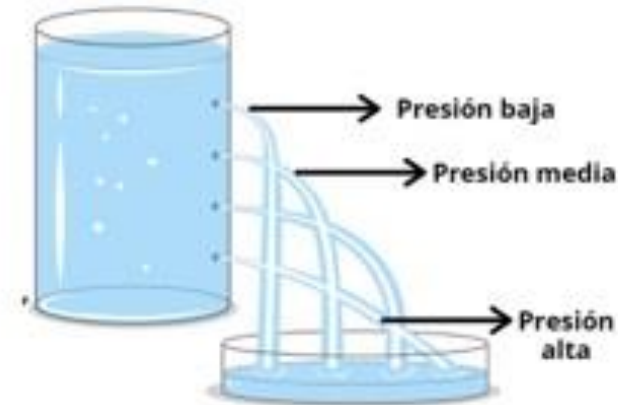
- Los instrumentos para medir presiones se denominan manómetros; existe gran diversidad de aparatos y métodos de medición. Sin embargo, no cualquier manómetro es adecuado para medir la presión hidroestática propia de un líquido en un punto debido a que incorporar un instrumento en el lecho de una vena modifica las condiciones dinámicas del sistema y, en consecuencia, los valores de presión y velocidad originales.

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$



Manómetro de columna

$$Presión_h = Peso_{Especifico} * Altura$$



El peso específico es la densidad multiplicada por la aceleración de la gravedad.

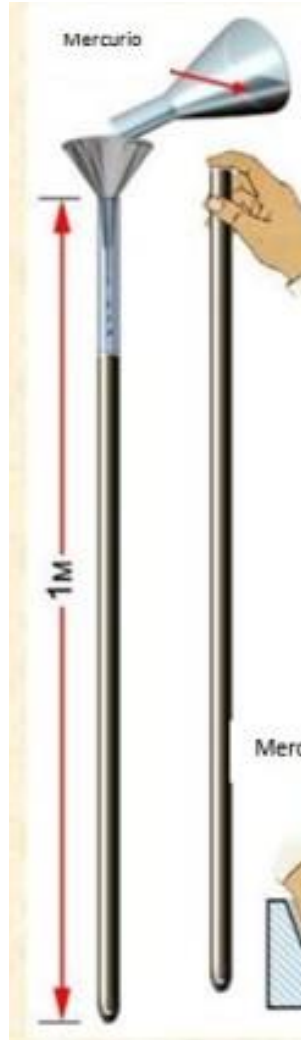
$$P_{es} = \rho \cdot g$$

Pes = Peso específico [N/m³]

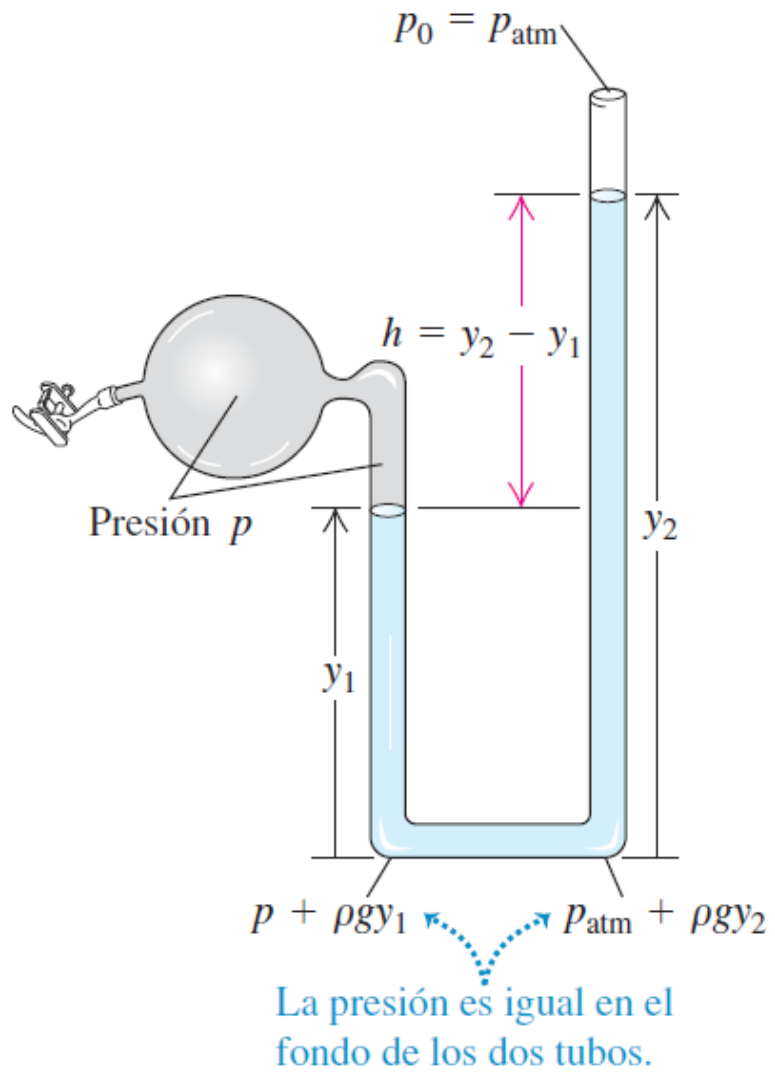
ρ = Densidad [kg/m³]

g = Aceleración de la gravedad [m/s²]

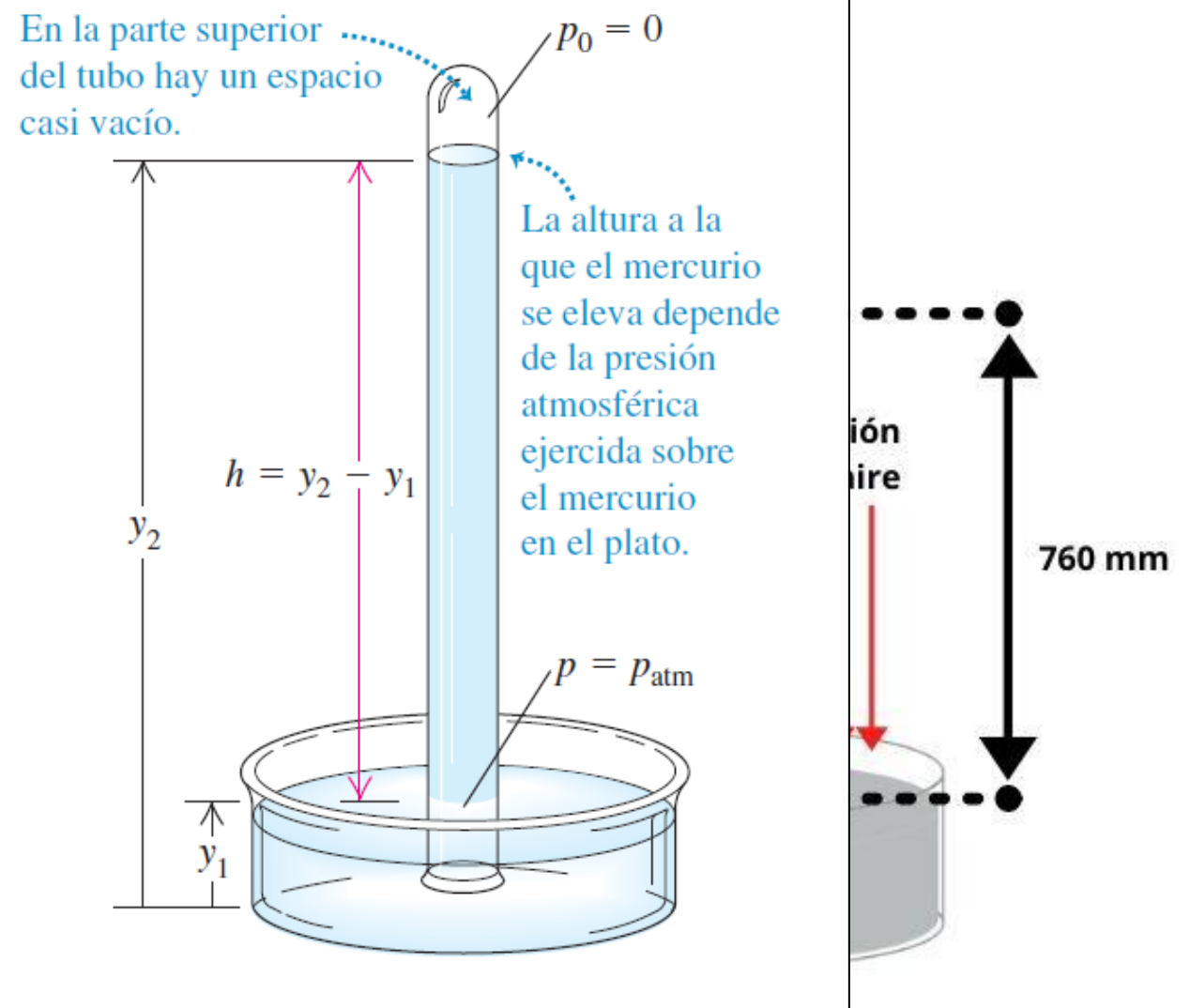
Hidrostatica



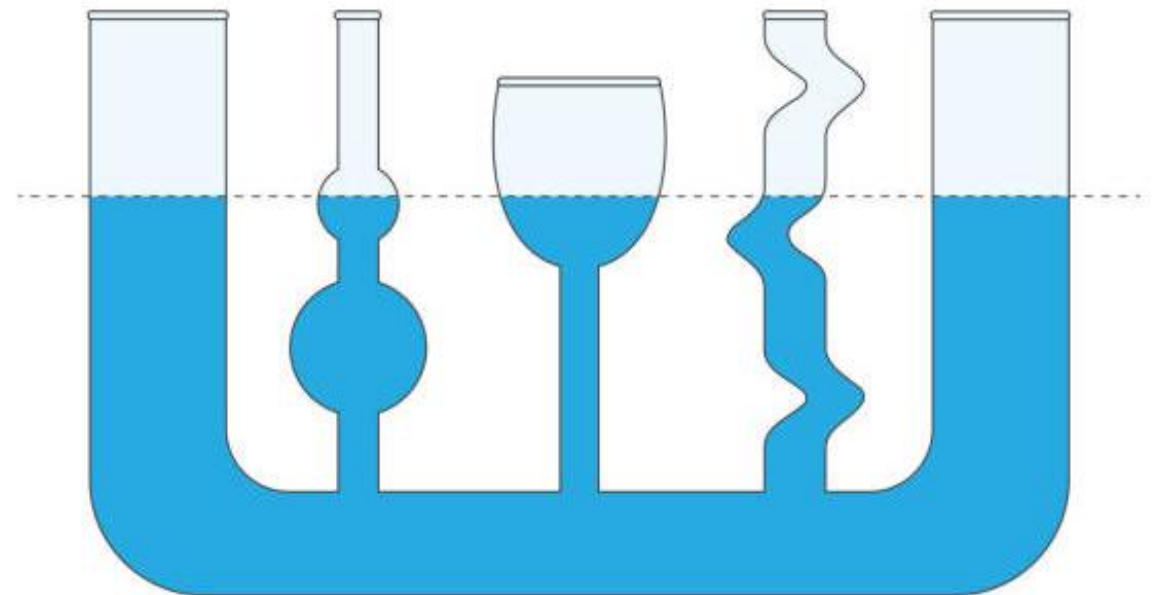
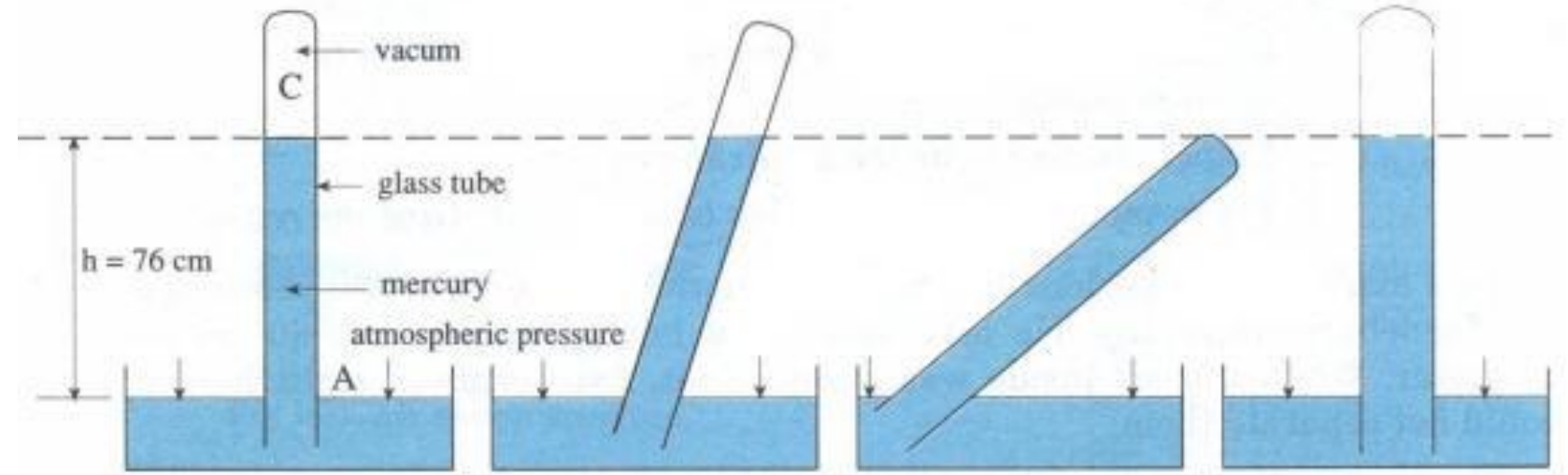
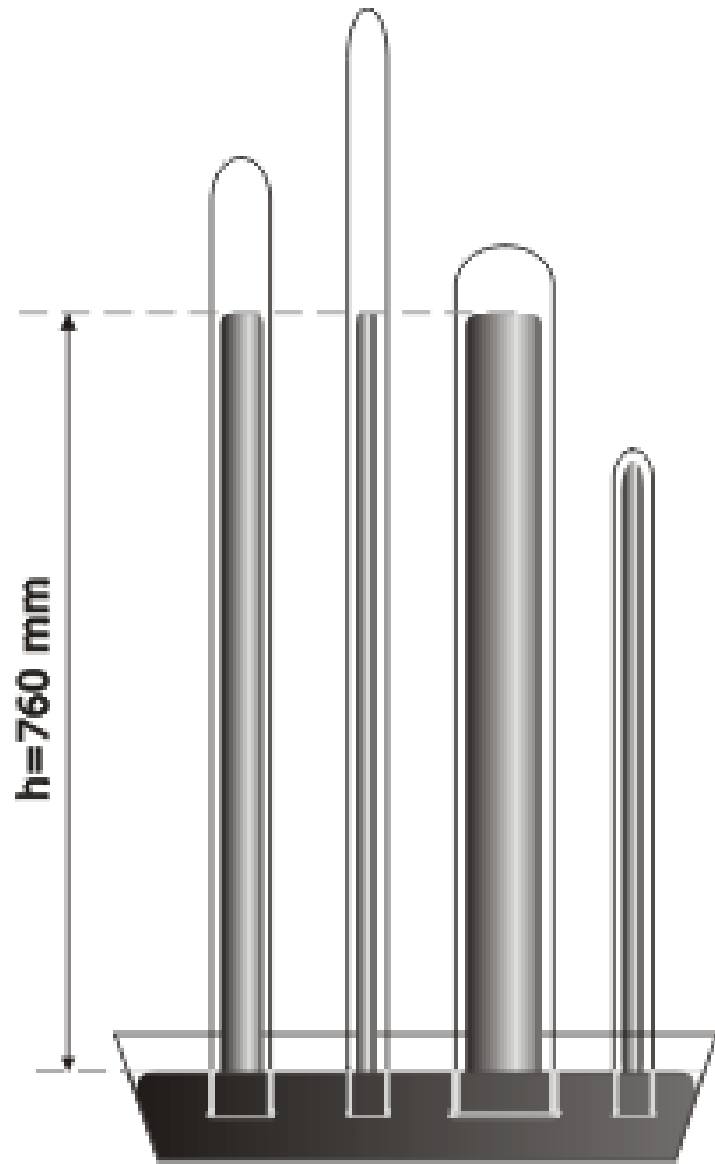
a) Manómetro de tubo abierto



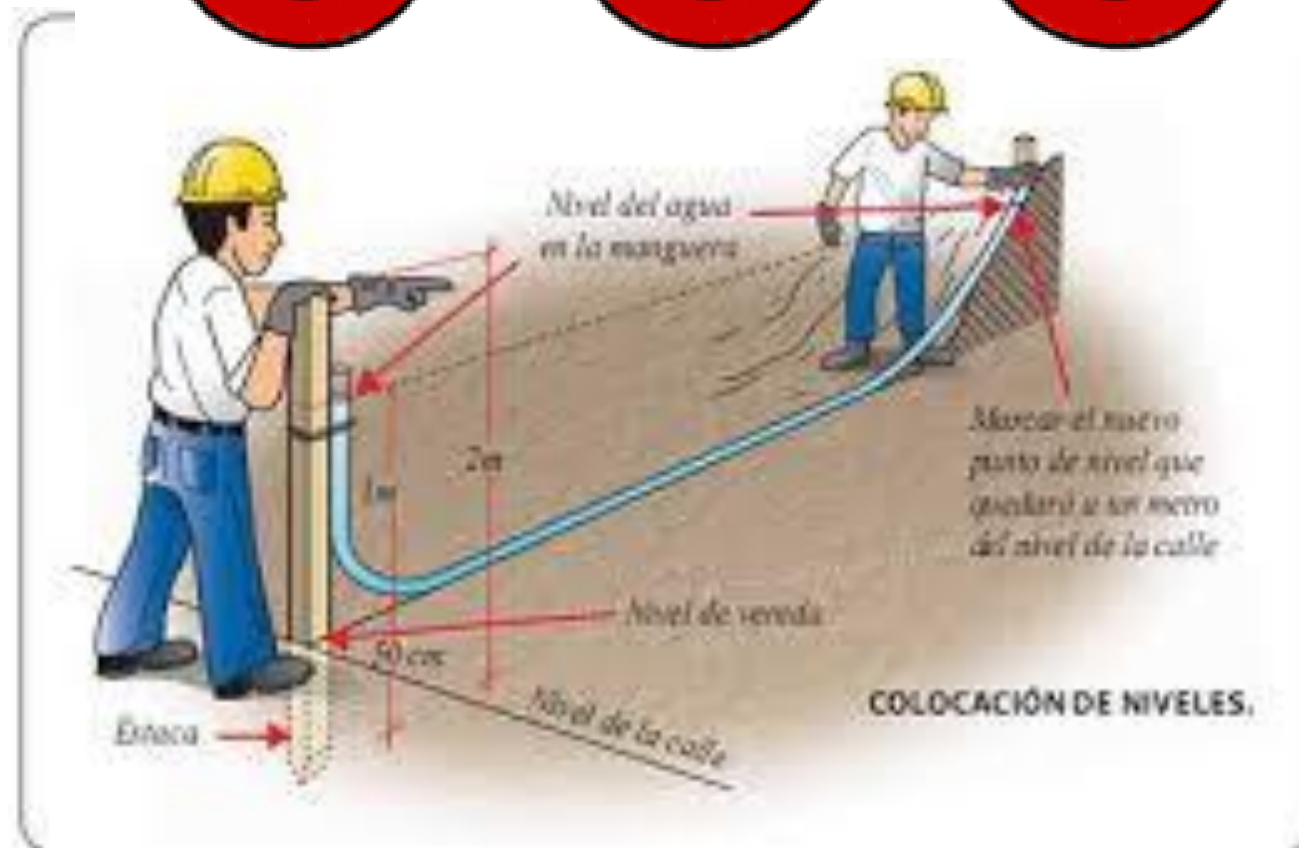
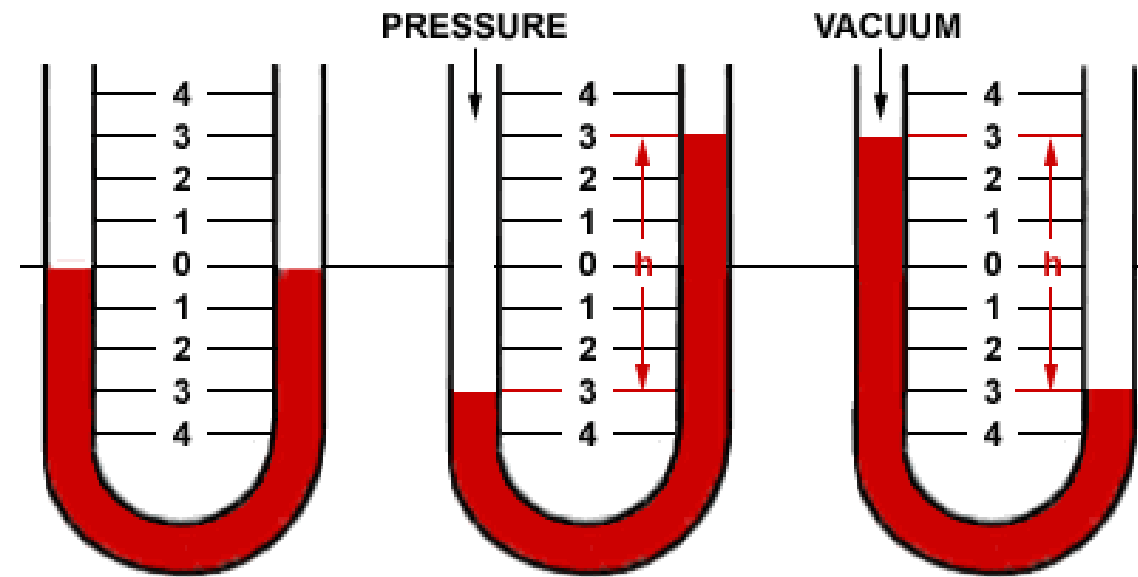
b) Barómetro de mercurio



Hidrostatica



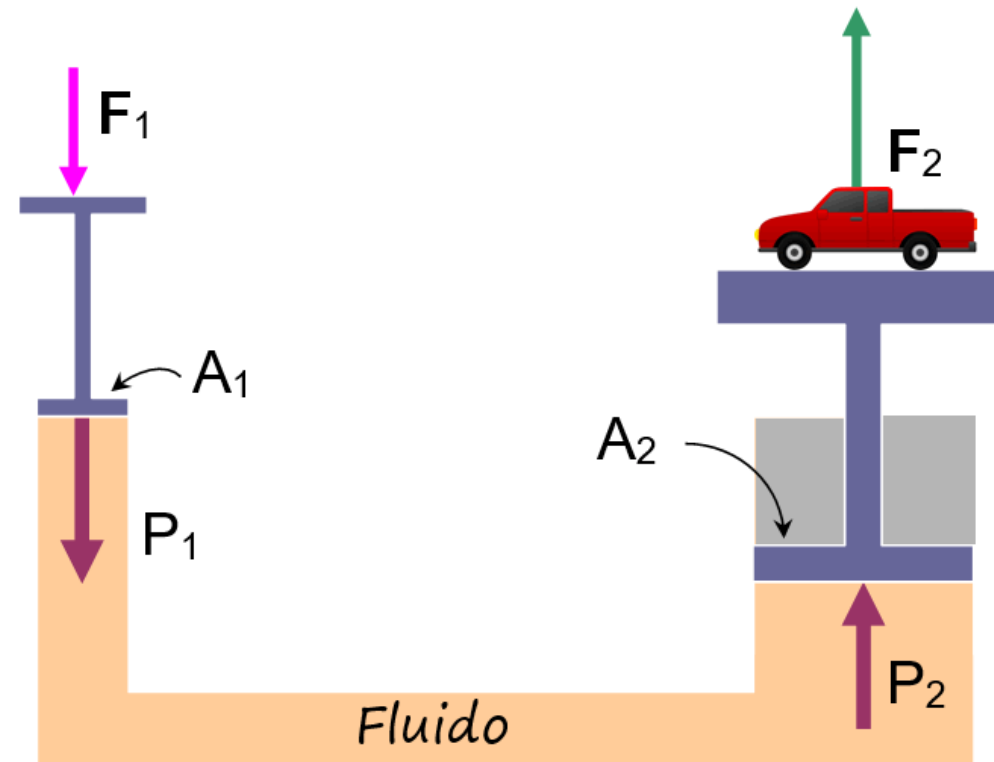
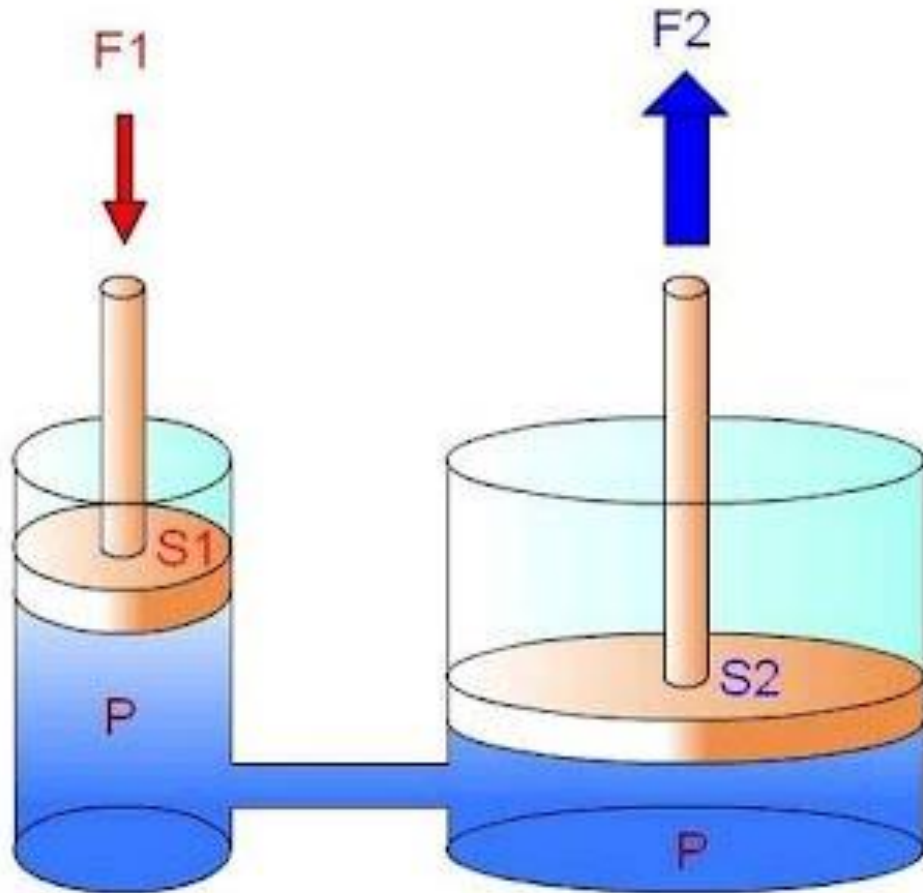
Hidrostatica



Principio de Pascal

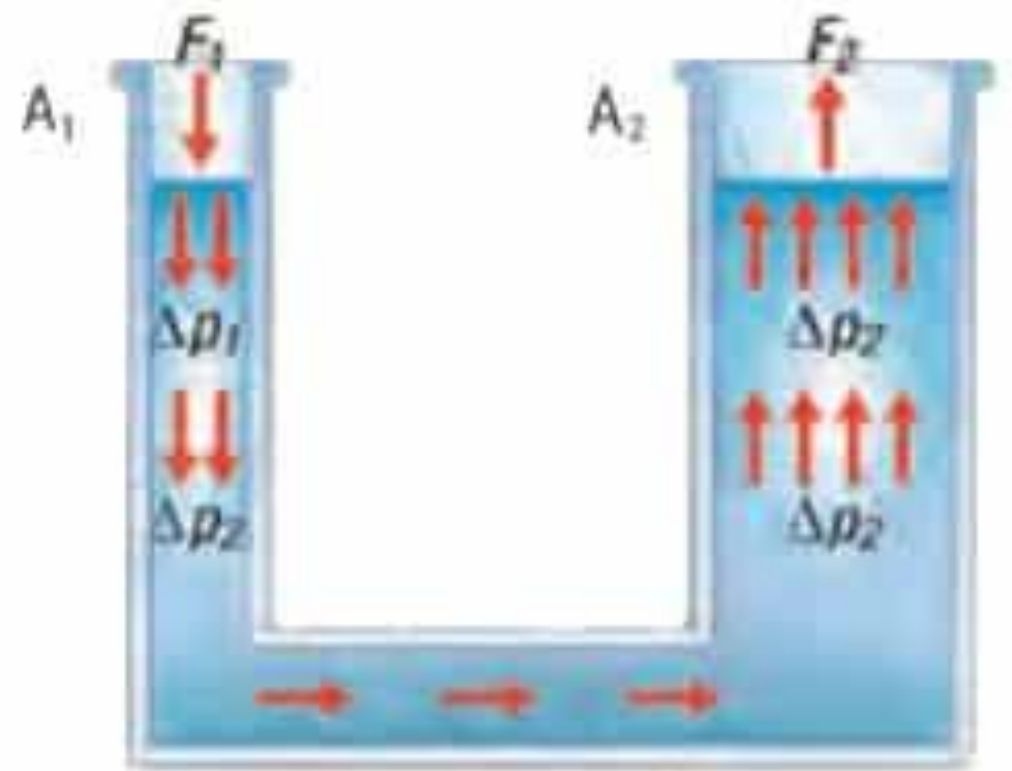
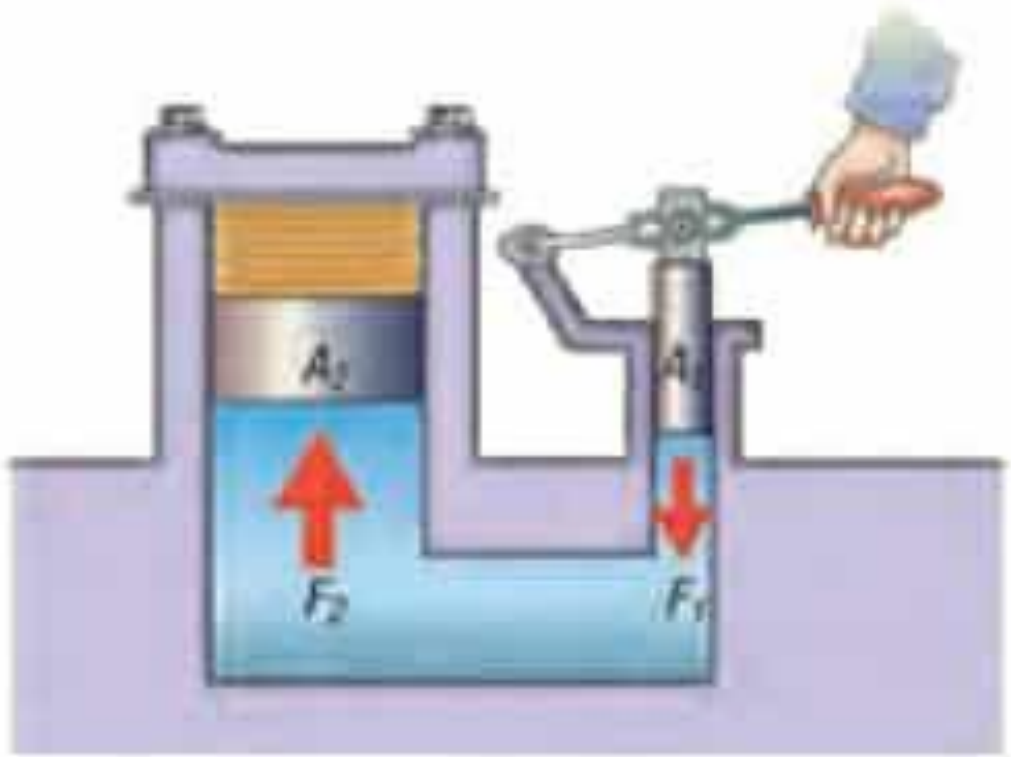
La presión ejercida sobre un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

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

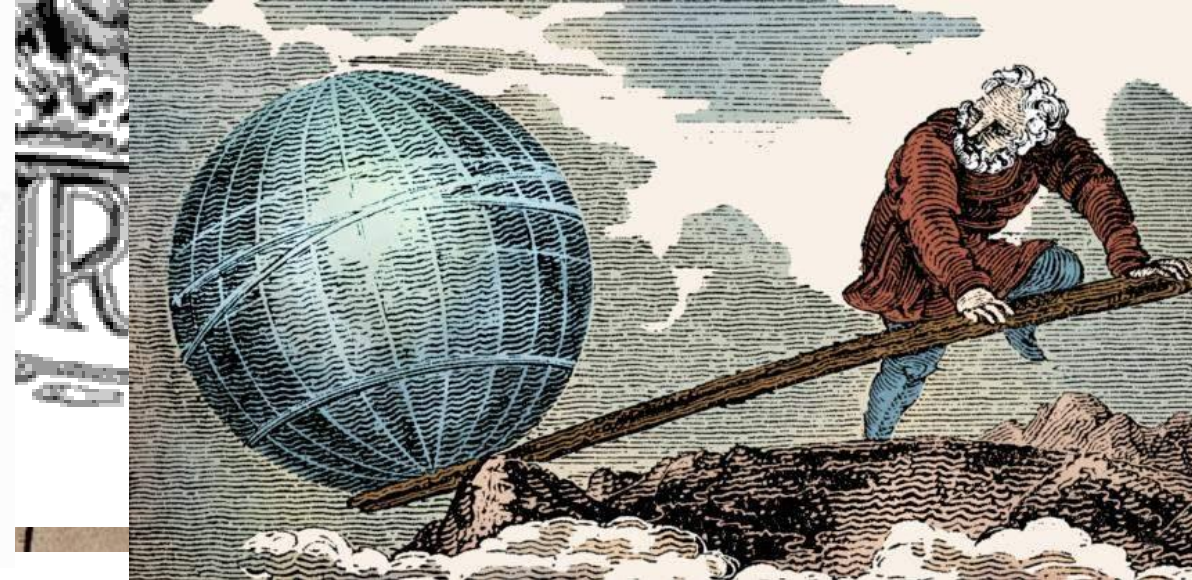
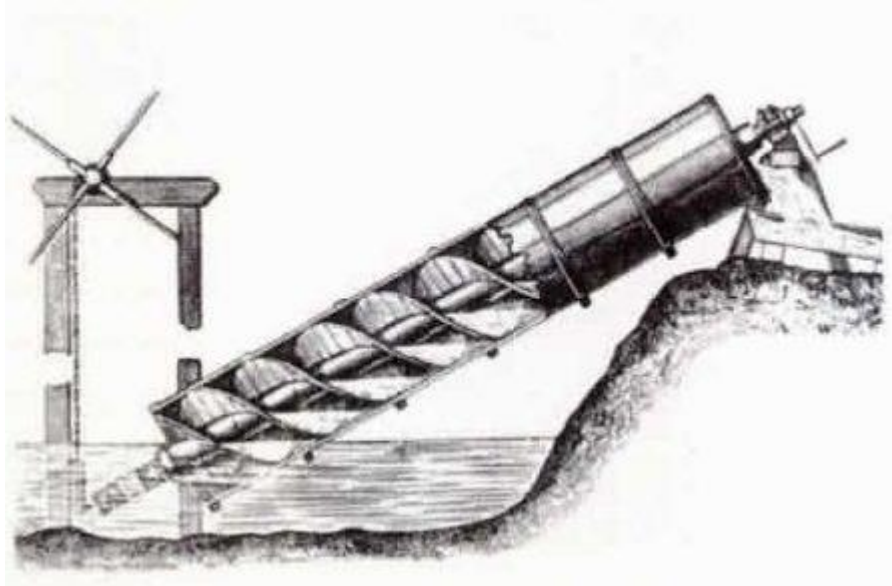


Principio de Pascal

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



Principio de Arquímedes



Principio de Arquímedes

El **principio de Arquímedes** es el principio físico que afirma: «Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo experimenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado».,



$$E = \delta \cdot V_s \cdot g$$

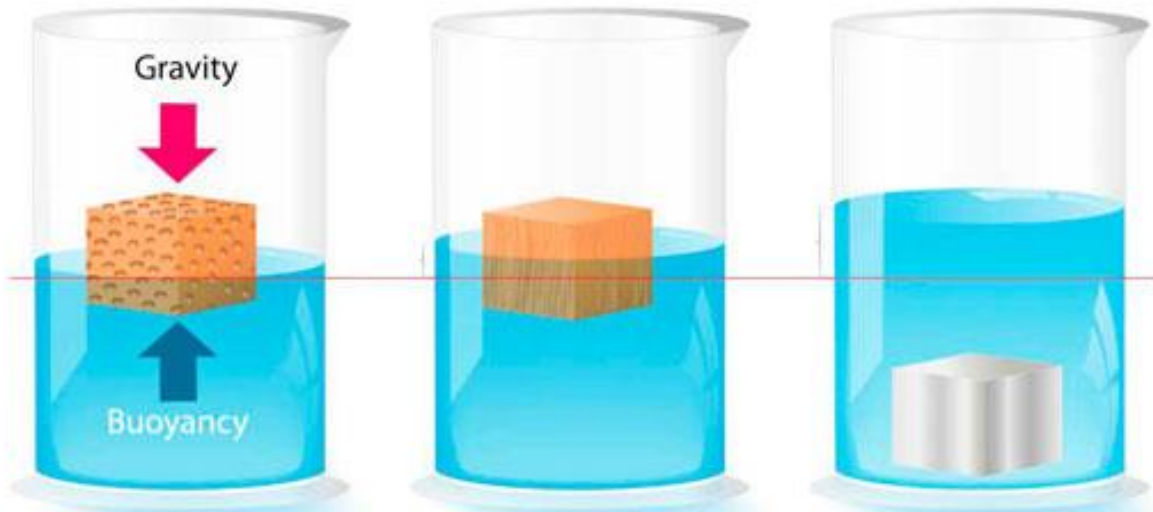
Donde:

$$E = \text{Empuje (N)}$$

$$\delta = \text{Densidad } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$V_s = \text{Volumen sumergido (m}^3\text{)}$$

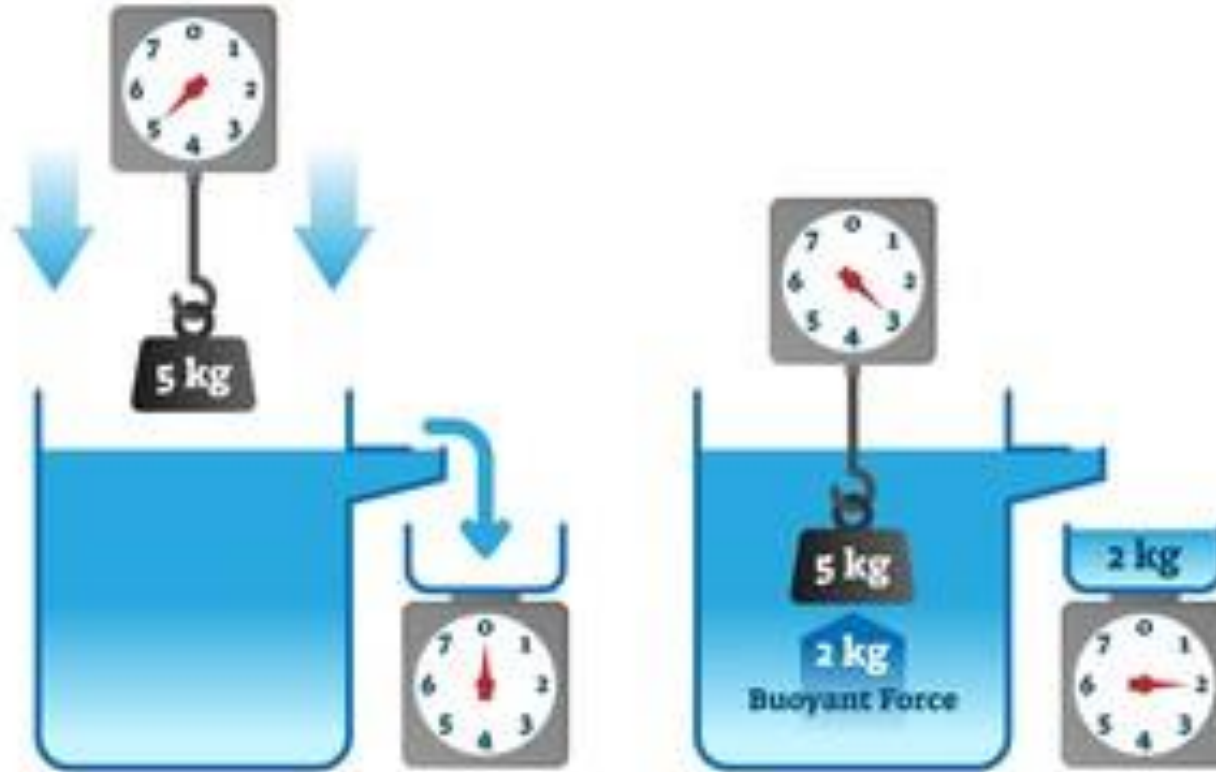
$$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



Principio de Arquímedes



ARCHIMEDES' PRINCIPLE



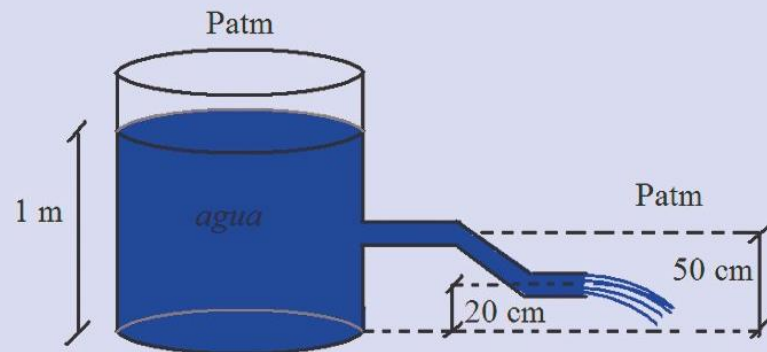
$$E = \delta \cdot V_s \cdot g$$

Hidrodinámica

Es la parte de la física que estudia los fluidos en movimiento. Vamos a decir que para que un fluido esté en movimiento debe existir una fuerza impulsora llamada diferencia de presión. Esta definición es útil a la hora de predecir hacia donde se dirigirá el mismo en un conducto que asciende, si hacia arriba o hacia abajo. Los fluidos siempre tratarán de ir hacia el lugar donde exista menor presión.

Es la parte de la hidráulica que estudia el comportamiento de los líquidos en movimiento.

Para ello considera entre otras cosas la **velocidad, la presión, el flujo y el caudal del líquido.**



CERHA

Caudal o gasto

El caudal o gasto es una de las magnitudes principales en el estudio de la hidrodinámica. Se define como el volumen de líquido que fluye por unidad de tiempo o alternativamente, la velocidad a la que fluye por unidad de área. Sus unidades en el Sistema Internacional son los m^3/s y su expresión matemática:

$$Q = \frac{Vol}{t} \qquad Q = Vel.A$$

Donde:

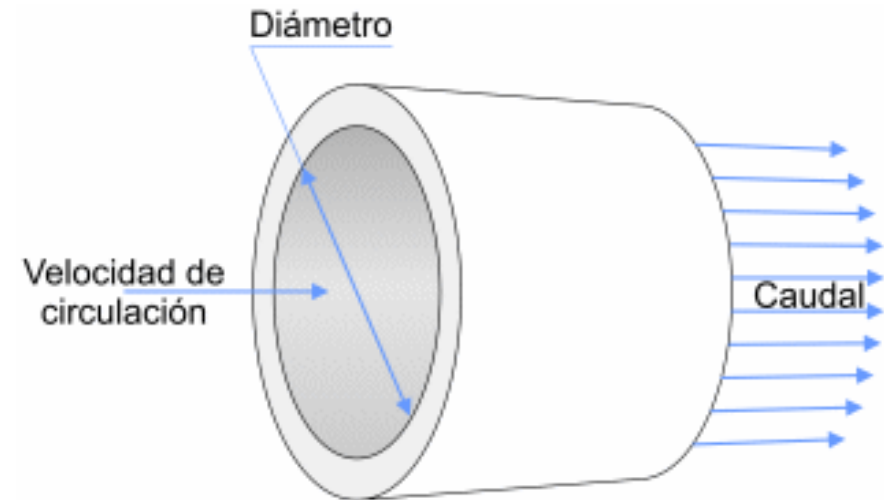
$$Q = \text{Caudal} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$Vel = \text{Velocidad del fluido} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$A = \text{Area o sección transversal del tubo} (m^2)$$

$$Vol = \text{Volumen} (m^3)$$

$$t = \text{Tiempo} (s)$$



Ecuación de continuidad

Si sobre un tubo que sólo dispone de una entrada y una salida y además, contiene un líquido que se considera incompresible, podemos enunciar, gracias al principio de conservación de masa, que el caudal de entrada SIEMPRE será igual al caudal de salida, de esta forma nos queda la siguiente ecuación:

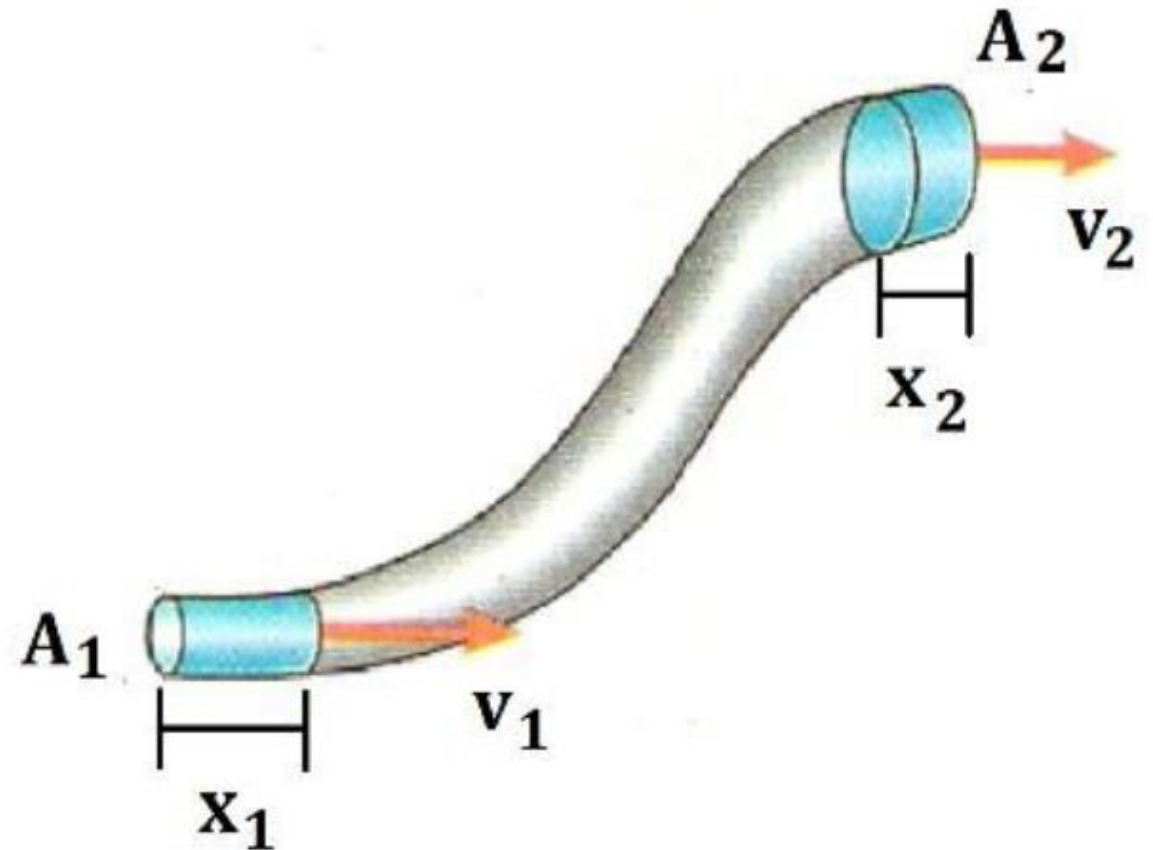
$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

$V_1 =$ Velocidad inicial $\left(\frac{m}{s}\right)$

$A_1 =$ Área inicial (m^2)

$V_2 =$ Velocidad final $\left(\frac{m}{s}\right)$

$A_2 =$ Área final (m^2)



Viscosidad

Los líquidos a diferencia de los sólidos tienen la capacidad de poder fluir, es decir, si se pone en movimiento a un líquido, éste al moverse trata de permanecer todo junto, y es precisamente atribuida su virtud de ser viscosos. La Viscosidad es la resistencia que tienen las moléculas que conforman un líquido para separarse unas de otras, es decir, es la oposición de un fluido a deformarse y esta oposición es debida a las fuerzas de adherencia que tienen unas moléculas de un líquido o fluido con respecto a las otras moléculas del mismo líquido.

$$\eta = \frac{F \cdot d}{S \cdot v}$$

Donde:

η = Viscosidad ($P_a \cdot s$)

F = Fuerza (N)

d = Distancia entre placas (m)

S = Superficie de placa (m^2)

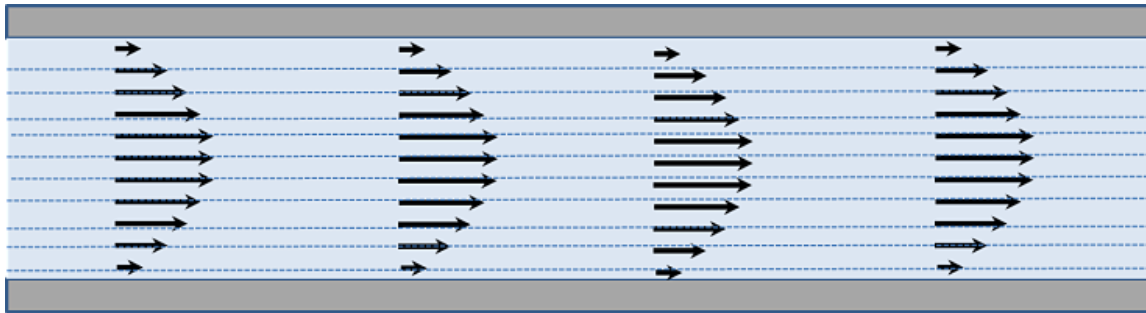
v = Velocidad ($\frac{m}{s}$)



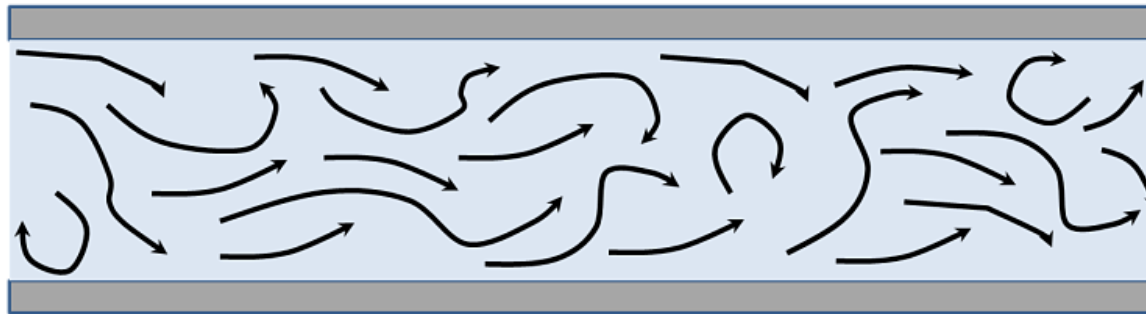
Régimen laminar o turbulento

Laminar: Se llama flujos laminar, al movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado y suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria llamada línea de corriente.

Turbulento: En el régimen turbulento las partículas presentan un movimiento caótico sin que existan unas líneas de corriente ni trayectorias definidas.



Laminar



Turbulento

Número de Reynolds

Es un número adimensional que relaciona las variables de densidad del flujo, viscosidad, velocidad y diámetro del tubo.

El número de Reynolds nos sirve para determinar la naturaleza del flujo, si es muy grande será turbulento o si es pequeño será laminar.

Turbulento quiere decir que las líneas de flujo están todas desordenadas y laminar que las mismas siguen un orden específico.

Si el número de Reynolds supera el valor de 3000 el flujo será turbulento, y si no supera los 2000 será laminar.

$$N_R = \frac{\delta \cdot V \cdot D}{\eta}$$

Donde:

N_R = Número de reynolds (Adimensional)

δ = Densidad ($\frac{kg}{m^3}$)

V = Velocidad ($\frac{m}{s}$)

D = Diámetro (m)

η = Viscosidad ($P_A \cdot s$)

$$0 < N_R < 2000$$

FLUJO LAMINAR

$$2000 < N_R < 3000$$

FLUJO DE TRANSICIÓN

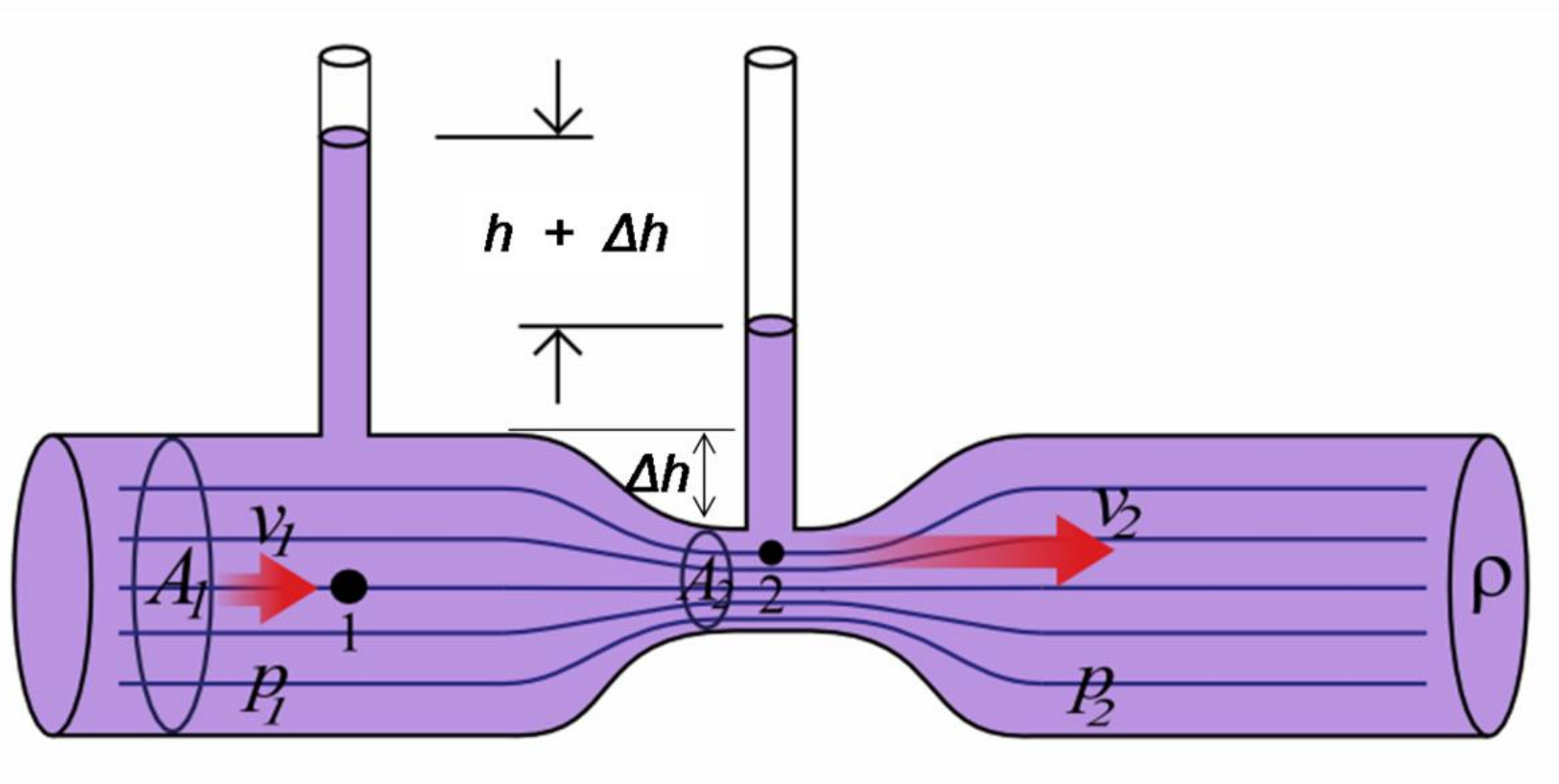
$$3000 < N_R$$

FLUJO TURBULENTO

Efecto Venturi

<https://www.youtube.com/watch?v=OKzimK0HaAk>

El efecto Venturi se explica por el principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta tras atravesar esta sección. Por el teorema de la conservación de la energía mecánica, si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente.





UNIDAD VII: Biofísica de la respiración. Leyes fundamentales de los gases: Boyle y Mariotte. Gay Lussac. Ecuación general de los gases ideales. Ley de Dalton de las presiones parciales. Ley de la difusión de los gases. Mecánica respiratoria. Intercambio de gases en los pulmones. Transporte de oxígeno y anhídrido carbónico. Anoxias.

Gases

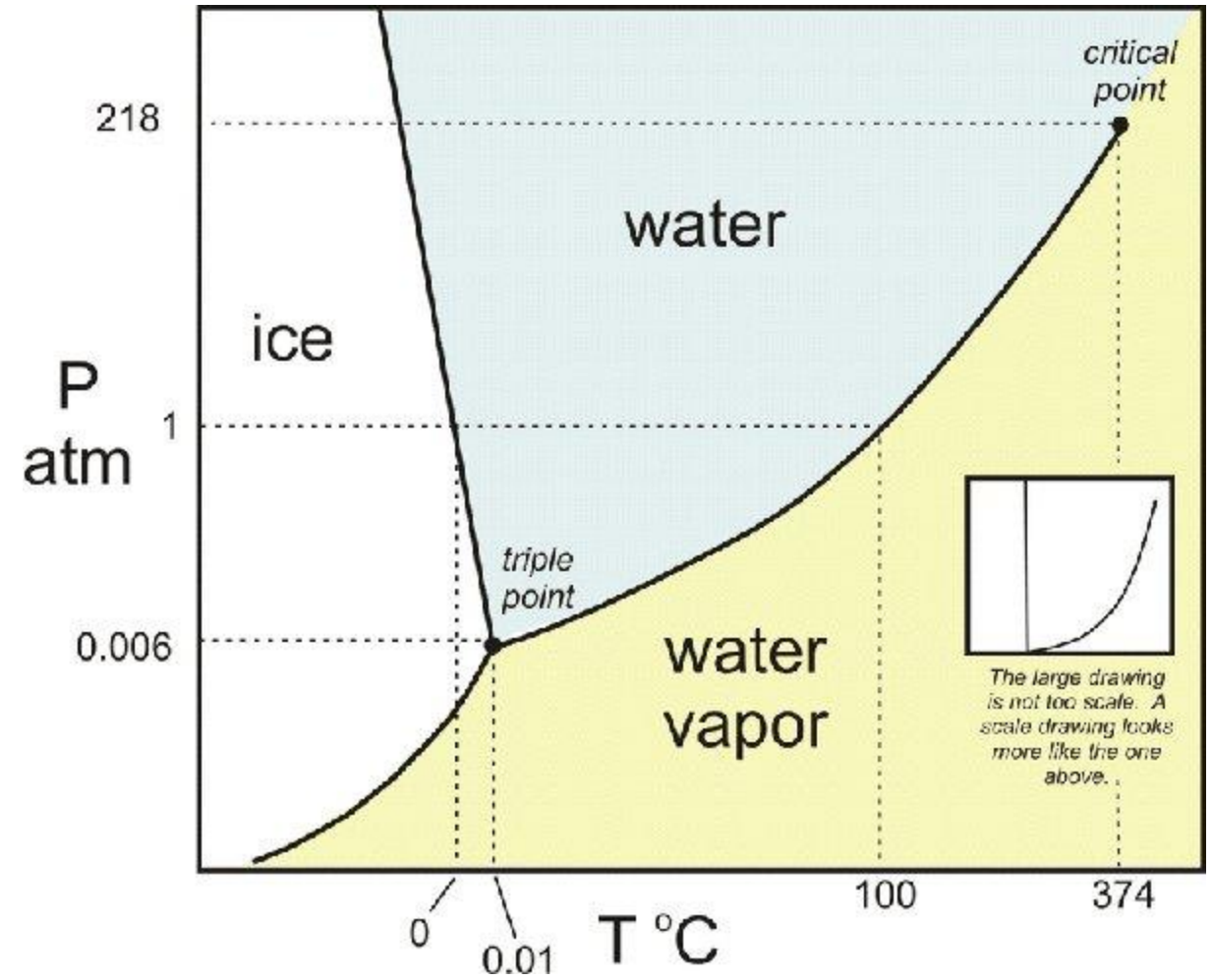
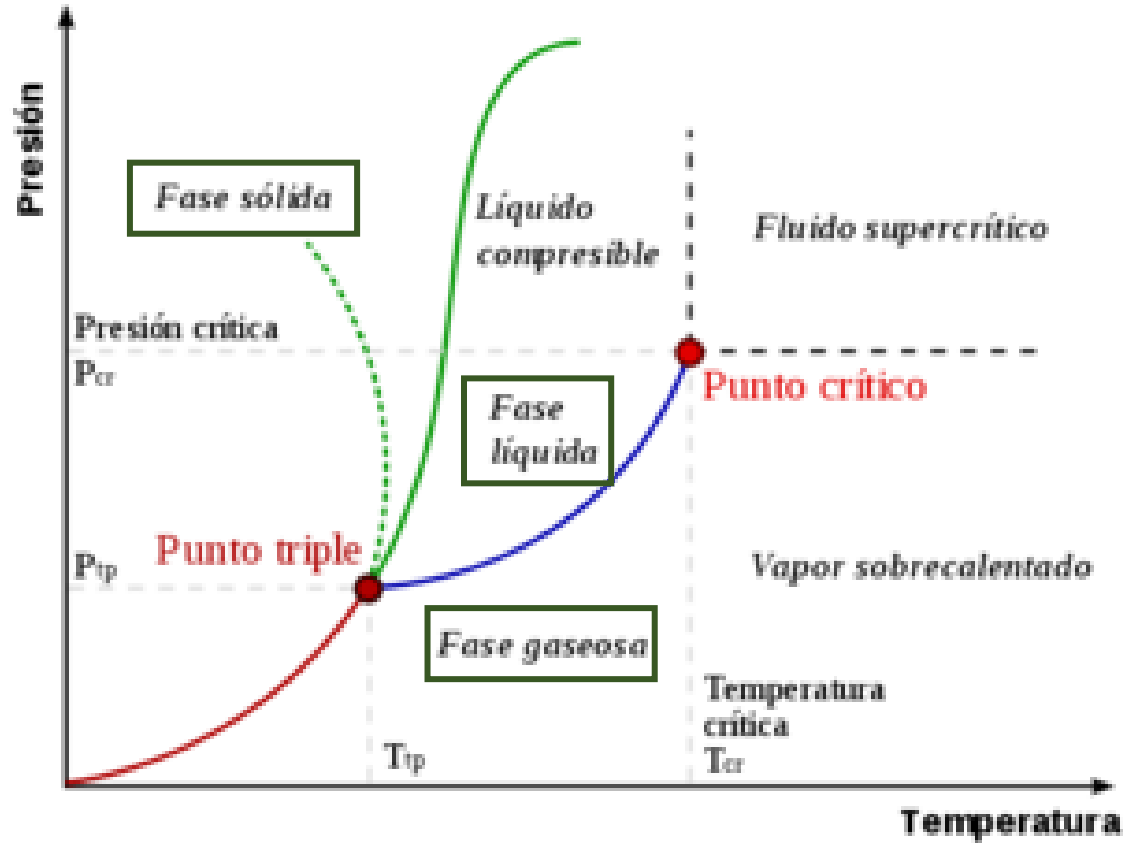
Generalidades: Estado gaseoso

Dependiendo de las condiciones de presión y temperatura todas las sustancias pueden presentarse en alguno de los estados de agregación de la materia: sólido, líquido o gaseoso. Dadas las condiciones existentes en la superficie terrestre, sólo algunos compuestos pueden hallarse de modo natural en los tres estados, tal es el caso del agua. La mayoría de las sustancias se presentan en un solo estado.

Así, por ejemplo, los metales o los elementos que constituyen los minerales se encuentran en estado sólido y el oxígeno o el CO_2 en estado gaseoso.

Particularmente el estado gaseoso, es en diversos aspectos más sencillo que el líquido y el sólido. Las moléculas que constituyen un gas están muy separadas entre ellas con lo cual casi no son atraídas unas por otras, por lo que se mueven de manera aleatoria a gran velocidad, se encuentran prácticamente libres, de modo que son capaces de distribuirse por todo el espacio en el cual son contenidos. Las fuerzas gravitatorias y de atracción entre las moléculas son despreciables, en comparación con la velocidad a que se mueven.

Gases



Gases

Características/propiedades de los gases en general:

- Estado más simple en que se encuentra la materia.
- No tienen ni volumen ni forma definido, ocupan completamente el volumen del recipiente que los contiene adoptando su forma.
- Son fácilmente compresibles (debido a que existen enormes espacios vacíos entre unas moléculas y otras).
- Los gases ejercen presión sobre cualquier superficie que entren en contacto ya que están en continuo movimiento.
- Difunden fácilmente.
- Fuerza de cohesión es nula.

Cinética Molecular

La **teoría cinética de los gases** se enuncia en los siguientes postulados, y representa la interpretación molecular del comportamiento del **gas ideal**:

1. Un gas está constituido por moléculas pequeñísimas ubicadas a gran distancia entre sí; su tamaño (volumen) se considera despreciable en comparación con los espacios vacíos que hay entre ellas.
2. Las moléculas de un gas son totalmente independientes unas de otras, de modo que no existe atracción ni repulsión intermolecular alguna. Con lo cual las moléculas se desplazan en línea recta hasta que colisionan.
3. Las moléculas de un gas se encuentran en movimiento continuo, en forma desordenada; chocan entre sí y contra las paredes del recipiente, dando lugar a la presión del gas.
4. Los choques de las moléculas son elásticos, no hay pérdida ni ganancia de energía cinética, aunque puede existir transferencia de energía entre las moléculas que chocan.
5. La energía cinética media de las moléculas, es directamente proporcional a la temperatura absoluta del gas; se considera nula en el cero absoluto.

Desviaciones a la idealidad. Gases reales

Se establece que los gases se comportan de manera ideal sólo en determinadas condiciones, estas son: temperaturas altas y presiones muy bajas. Al alejarnos de dichas condiciones presentan un comportamiento real, con lo cual las suposiciones realizadas para la idealidad no son válidas, debido a esto, un gas real presenta las siguientes características:

- El tamaño de sus moléculas no es despreciable.
- Los choques entre las moléculas y con la pared del recipiente hacen que se pierda energía cinética.
- Debido a que las moléculas interactúan unas con otras, actuando fuerzas atractivas o repulsivas, dependiendo de las distancias entre las moléculas, las trayectorias de desplazamiento ya no suponen líneas rectas.
- No se rigen por las Leyes de los gases ideales, sino por la Ecuación de Van der Waals, la cual considera el covolumen (volumen ocupado por las moléculas) y la presión interna (producida por las interacciones entre las moléculas).

Ecuación de van der Waals

La ecuación de van der Waals es una modificación de la ley de gas ideal con el fin de tener en cuenta el tamaño molecular y las fuerzas de interacción moleculares, permitiendo describir de forma más satisfactoria el comportamiento de los gases al alejarse de las condiciones de alta temperatura y baja presión. Su expresión es la siguiente:

$$\left(P + a \frac{n^2}{V^2}\right) (V - nb) = nRT$$

Donde:

P: presión del gas,

V: volumen del gas,

T: temperatura absoluta del gas,

R: constante universal de los gases,

n: número de moles del gas,

b: constante que tiene en cuenta el volumen de las moléculas o covolumen,

a: constante que tiene en cuenta las interacciones entre las moléculas.

a y b son valores particulares para cada gas.

Leyes de los gases ideales

Estas leyes describen el comportamiento de los gases en condiciones de idealidad (altas temperaturas y bajas presiones).

$$PV = nRT$$

Ley de Boyle y Mariotte

Esta ley relaciona el volumen y la presión de una cierta masa de gas cuando su temperatura no varía (proceso isotérmico). El postulado dice: El volumen de una masa de gas determinada a temperatura constante es inversamente proporcional a la presión.

Matemáticamente esto queda expresado como:

$$P \cdot V = K_1$$

Donde:

P: presión del gas,

V: volumen del gas,

K_1 : constante de proporcionalidad que depende de la temperatura, de la masa y naturaleza del gas.

Ley de Boyle y Mariotte

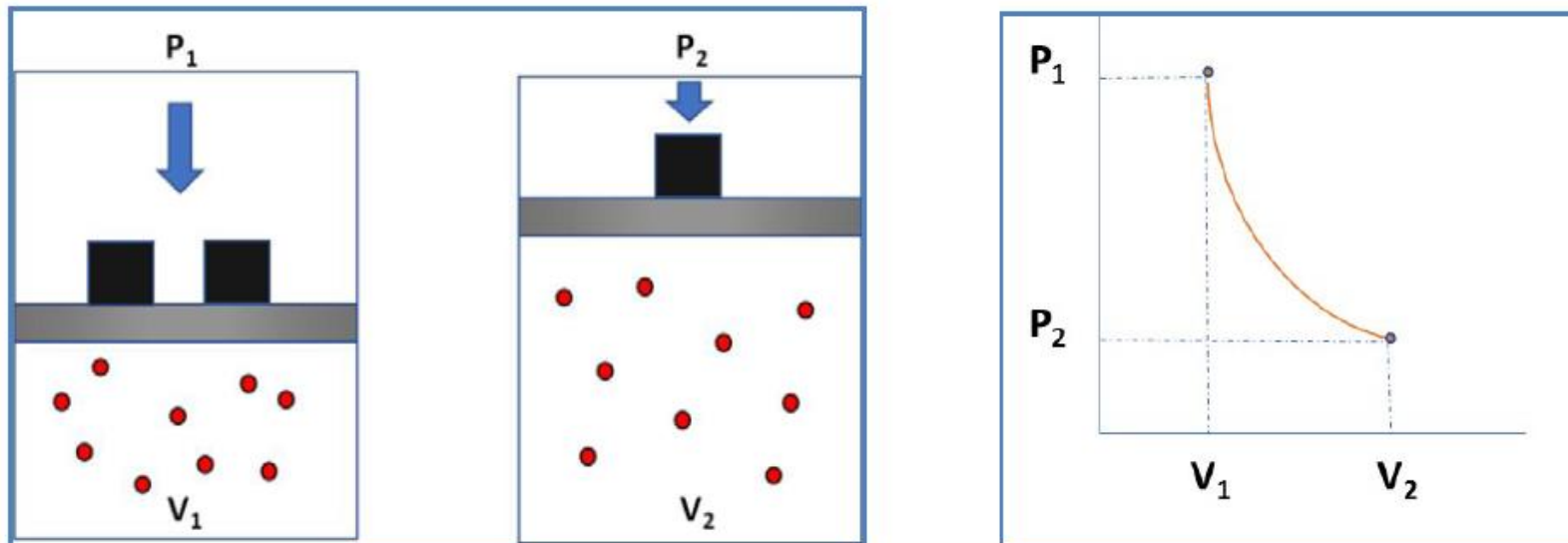
Si consideramos que una cierta masa de un gas cambia de un estado inicial 1 a un estado final 2, esta ley puede expresarse como:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

Dónde:

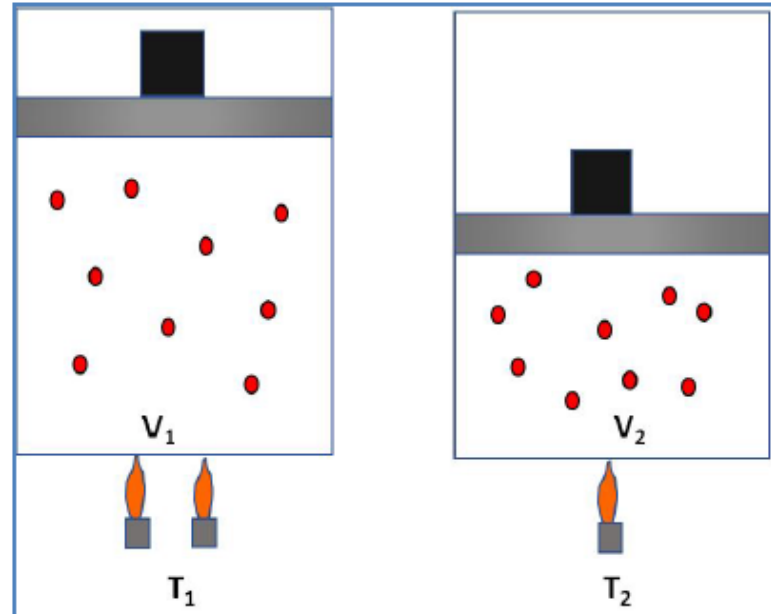
- P1: presión del gas en el estado 1,
- V1: volumen del gas en el estado 1,
- P2: presión del gas en el estado 2,
- V2: volumen del gas en el estado 2.

En la figura A se representa mediante un esquema la aplicación de esta ley. En este ejemplo, el gas se encuentra en un recipiente a temperatura constante y experimenta un cambio de presión, de P1 a P2 (disminución), con lo cual el volumen que ocupa cambia, aumentando de V1 a V2, verificándose la ley mencionada. La figura B grafica cómo es la evolución de ambas variables, presión y volumen, a temperatura constante.



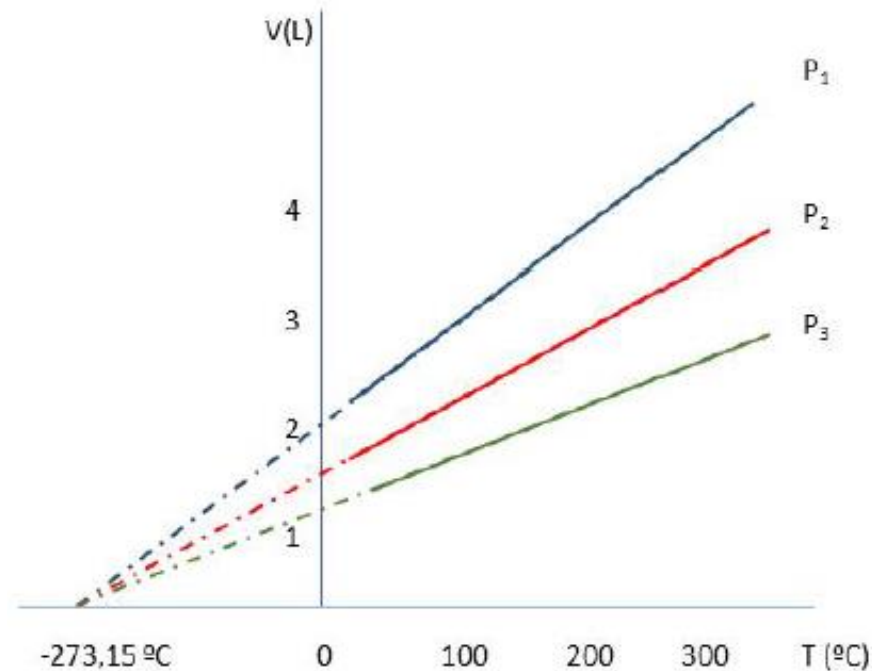
Ley de Charles-Gay Lussac

Esta ley enunciada por ambos científicos, parte de la base experimental que cuando una cierta masa de gas se calienta a presión constante, ésta presenta un aumento de volumen, se expande, en cambio cuando se enfría, se contrae.



Ley de Charles-Gay Lussac

Entonces, para una presión determinada, si graficamos los cambios de volumen que experimenta una masa de gas al variar su temperatura resulta una línea recta como se muestra en la figura. Las líneas llenas representan este comportamiento en la práctica ya que por debajo de cierta temperatura, los gases se convierten en líquidos (líneas punteadas). Se puede ver también en este gráfico que todas las líneas llegan a un mismo valor, $273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, el cual corresponde al cero absoluto o cero Kelvin:



Ley de Charles-Gay Lussac

Estas experiencias dieron lugar al postulado de la Ley Charles-Gay Lussac: El volumen de una determinada masa de gas, a presión constante, es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

Matemáticamente esta ley queda expresada como:

$$\frac{V}{T} = K_2$$

Donde

V: volumen del gas,

T: temperatura absoluta del gas (Temperatura en °C +273,15)

K₂: constante de proporcionalidad que depende de la masa y naturaleza del gas y de la presión a la que se encuentra.

Por lo tanto, si tenemos una masa de gas que se encuentra en un estado inicial 1 (P1,V1,T1) y pasa a un estado final 2 donde se mantiene constante la presión (P1, V2,T2), la expresión de la Ley de Charles-Gay Lussac resulta:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Donde

V1= volumen ocupado por el gas en el estado inicial,

T1 = temperatura absoluta del gas en el estado inicial,

V2= volumen ocupado por el gas en el estado final,

T2= temperatura absoluta del gas en el estado final.

Ley de Charles-Gay Lussac

Análogamente, dichos investigadores postularon que, a volumen constante, la presión de una determinada masa de gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

Esto matemáticamente es:

$$\frac{P}{T} = K_3$$

Donde

P: presión del gas,

T: temperatura absoluta del gas (Temperatura en °C +273,15) como:

K_3 : constante de proporcionalidad que depende de la masa y naturaleza del gas y del volumen que ocupa.

Ecuación de Estado. Ecuación de los Gases Ideales

De la combinación de las leyes enunciadas anteriormente, podemos llegar a una expresión general donde ninguna variable se mantiene constante, si una cierta masa de gas varía su condición desde un estado inicial 1, hasta un estado final 2, al aplicar la ecuación de estado resulta:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Dicha ecuación también la podemos expresar como:

$$P \cdot V = \text{constante} \cdot T$$

Considerando a R como la constante universal de los gases, a partir de esta última fórmula surge la Ecuación de los gases ideales: $P \cdot V = R \cdot T$ (Ecuación para 1 mol de gas); en tanto considerando n moles:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Donde

P: presión del gas

V: volumen del gas

n: número de moles de gas

R: constante universal de los gases ideales

T: temperatura absoluta del gas en Kelvin.

Determinación de R

La constante R, o constante universal de los gases ideales se obtiene despejándola de la Ecuación de los gases ideales, considerando 1 mol de gas en condiciones estándar de presión y temperatura, esto es a 0 °C (273,15 K) y a 1 atm de presión. En estas condiciones, un mol de cualquier gas ocupa 22,4 Litros, con lo cual reemplazando estos valores en la ecuación resulta:

$$R = \frac{P \cdot V}{n \cdot T}$$

Mezcla de gases. Ley de Dalton

La mayoría de los gases que encontramos en la vida diaria son mezclas de gases como es el caso del aire que inhalamos y que exhalamos. En condiciones de baja presión y alta temperatura y si los gases de la mezcla no reaccionan entre sí, podemos suponer que estos tienen un comportamiento ideal, con lo cual la ecuación general de los gases ideales es válida. En ese sentido, John Dalton describió mediante el siguiente postulado que: la presión total en una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales de cada gas en la mezcla.

Entonces la presión total P_T de una mezcla de gases es:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$$

Donde

P_p : presión parcial del gas

n : número de gases en la mezcla

Mezcla de gases. Ley de Dalton

Siendo la presión parcial de un gas en una mezcla gaseosa, la presión que éste tendría si dicho gas se encontrase solo ocupando el total del volumen a igual temperatura.

Matemáticamente la presión parcial de un gas se expresa como:

$$P_{Pi} = X_i \cdot P_T$$

Donde:

P_{Pi} : presión parcial del gas i

X_i : fracción molar del gas i

P_T : presión total de la mezcla de gases

Mezcla de gases. Ley de Dalton

La fracción molar de un gas (X) se obtiene a partir del número de moles del gas y de los moles totales de los gases que forman la mezcla, mediante la siguiente expresión:

$$X_i = \frac{n_i}{n_T}$$

Donde

n_i : número de moles de i en la mezcla

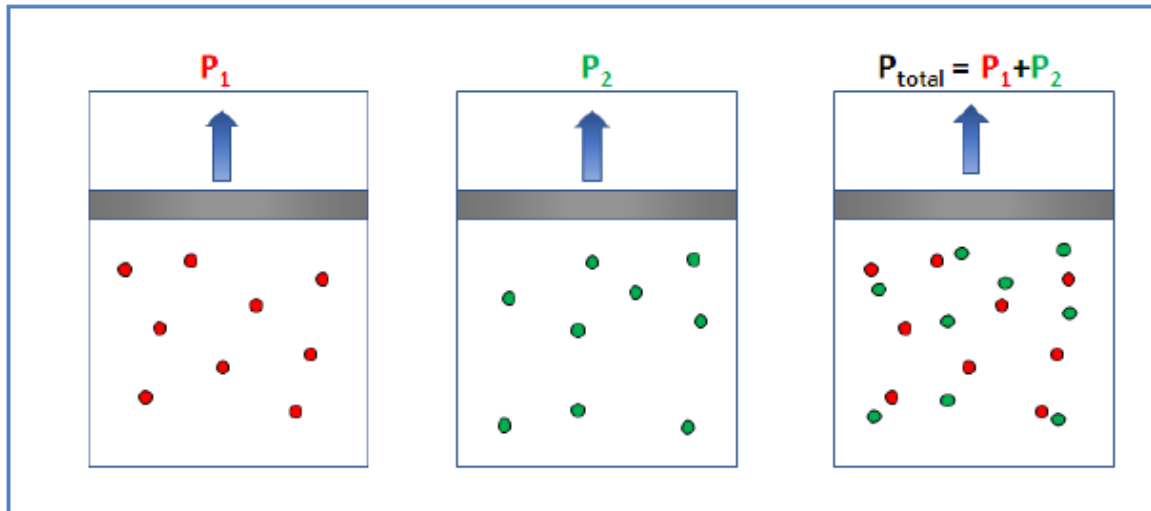
n_T : número de moles totales.

En la figura se esquematiza la aplicación de esta ley en una mezcla de dos gases, 1 y 2, con lo cual la presión total y las presiones parciales se expresarían como:

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$P_1 = X_1 \cdot P_T$$

$$P_2 = X_2 \cdot P_T$$



LEER APUNTE-GASES