

FACULTAD DE INGENIERÍA



DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



**Actualización en Termodinámica 2015.
Un Enfoque Contemporáneo**

CENTRO DE DOCENCIA

“ Ing. Gilberto Borja Navarrete ”



“PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS”

Instructores: Ing. José Enrique Larios Canale y

Mariel Elena Hernández López

TEMARIO

1. Propiedades físicas de la mecánica de fluidos en el SI.
2. Densidad, volumen específico, densidad relativa y peso específico.
3. Fluidos. Líquidos y gases.
4. Principio de Arquímedes.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS EN EL SI.

MASA (m). Desde el punto de vista de la **mecánica**, se define que la masa que tiene un cuerpo es la oposición o resistencia que tiene éste a cambiar su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme.

Para cuantificar la masa, Newton se apoyó en los experimentos de Galileo, los cuales lo llevaron a atribuir a todos los cuerpos una propiedad llamada inercia (masa), entendida como la

oposición que presenta un cuerpo a cambiar su estado inicial de reposo o movimiento rectilíneo uniforme, con respecto a un sistema de referencia, al aplicársele una fuerza. A continuación se define la unidad de fuerza en el SI.

FUERZA (\vec{F}). Con base en la Primera Ley de Newton, la **fuerza** se concibe como la medida del poder o acción de un agente externo que causa un cambio en el estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo, con respecto a un sistema de referencia.

El vector fuerza (\vec{F}) es una cantidad física que representa la acción mecánica de un potencial energético sobre un sistema, generalmente un cuerpo rígido sobre el cual se actúa, como ya se expresó anteriormente.

La unidad de medida de la fuerza es el Newton [N] y es una unidad derivada en el SI, que se obtiene a partir de la Segunda Ley de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$1\text{Newton[N]} = [1\text{kg}][1\text{m/s}^2]$$

A partir de esta ecuación, a continuación se desarrolla la expresión dimensional de esta cantidad física, como ya se mencionó, con base en la Segunda Ley de Newton.

En el Sistema Internacional de Unidades, la expresión dimensional para la cantidad física fuerza (\vec{F}) es:

$$\left\{ F = M^1 L^1 T^{-2} \right\} \text{ (expresión breve)}$$

En donde el número de dimensiones es $n=3$
con $a_1=1$, $a_2=1$ y $a_3=-2$

La expresión dimensional completa de la fuerza
es:

$$\left\{ F = M^1 L^1 T^{-2} I^0 \Theta^0 I_L^0 N^0 \right\}$$

En donde:

M = masa

L = longitud

T = tiempo

I = corriente eléctrica

Θ = temperatura termodinámica

I_L = intensidad luminosa

N = cantidad de sustancia

DENSIDAD (ρ). Es la masa por unidad de volumen que tiene un sistema termodinámico que se encuentre en la fase sólida, líquida o gaseosa, cuya masa se considera que es un medio homogéneo, lineal e isotrópico, y cuya definición matemática se presenta a continuación:

$$\text{Densidad: } \rho = \frac{dm \text{ (kg)}}{dV \text{ (m}^3\text{)}}$$

VOLUMEN ESPECÍFICO (v). Es el inverso de la densidad:

$$v = \frac{dV \text{ (m}^3\text{)}}{dm \text{ (kg)}}$$

Se considera que los sólidos y los fluidos son un medio homogéneo, lineal e isotrópico al que se le denomina un medio continuo, que gráficamente se esquematiza a continuación con la siguiente diferencial de masa “dm” que ocupa una diferencial de volumen “dV”.

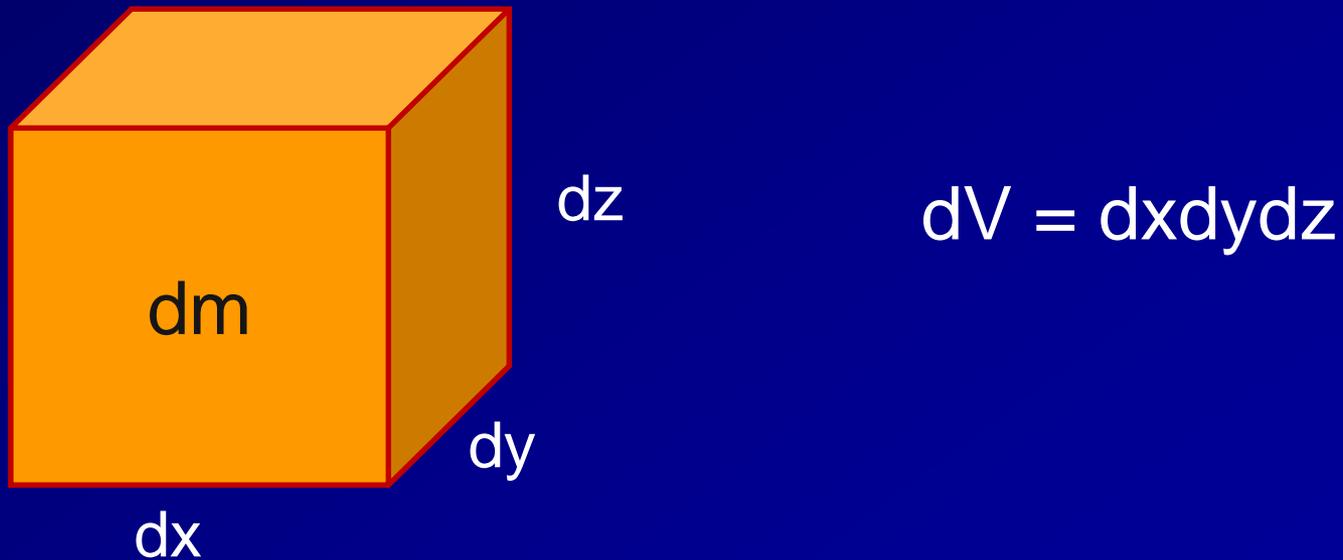


Fig. 1.4.1. Medio continuo.

DENSIDAD RELATIVA (δ). Es la densidad de una sustancia dividida entre la densidad estándar del agua ($\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1,000.0 \text{ (kg/m}^3\text{)}$), por lo tanto, la densidad relativa es adimensional.

$$\delta = \frac{\rho \text{ (sustancia)}}{\rho \text{ (H}_2\text{O)}} [1]$$

PESO ESPECÍFICO ($\vec{\gamma}$). Es el peso de un cuerpo o sistema termodinámico por unidad de volumen. Es una cantidad vectorial, cuya expresión matemática está dada por la siguiente ecuación:

$$\vec{\gamma} = \rho \vec{g} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$$

FLUIDO. Es el estado físico de la sustancia o materia cuya característica fundamental consiste en que adopta la forma del recipiente que lo contiene, debido a que sus moléculas no tienen una posición fija entre si, ya que la energía de enlace de las moléculas no es lo suficientemente grande y permite un movimiento relativo entre ellas.

Para llevar a cabo el estudio de la acción de las fuerzas de origen mecánico en los fluidos, es con-

veniente analizar las características de dos tipos de fluidos: líquidos y gases.

LÍQUIDO. En un líquido se considera que sus moléculas conservan, prácticamente, una distancia fija entre ellas, aunque la posición relativa de las moléculas sea variable, como en el caso de las moléculas del agua. Por lo anterior, la variación del volumen es despreciable en los líquidos aún cuando hay cambios de presión y temperatura, por lo cual se considera que su densidad es constante. En los líquidos consideramos que:

$$\rho = \text{constante} \quad (\text{incompresibles})$$

GAS. En un gas se considera que sus moléculas tienen una energía de enlace prácticamente nula, por lo cual la distancia entre ellas es variable, dependiendo de la temperatura y presión del gas. Para que el gas tenga la capacidad de variar su volumen, es necesario que el dispositivo que lo contiene tenga una superficie móvil, como es el caso de un sistema cilindro-émbolo.

Dado que en los gases la distancia molecular es variable:

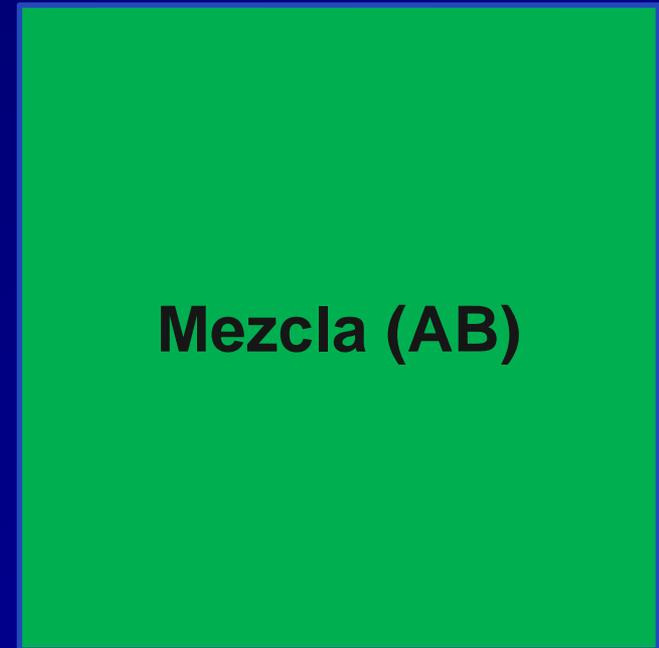
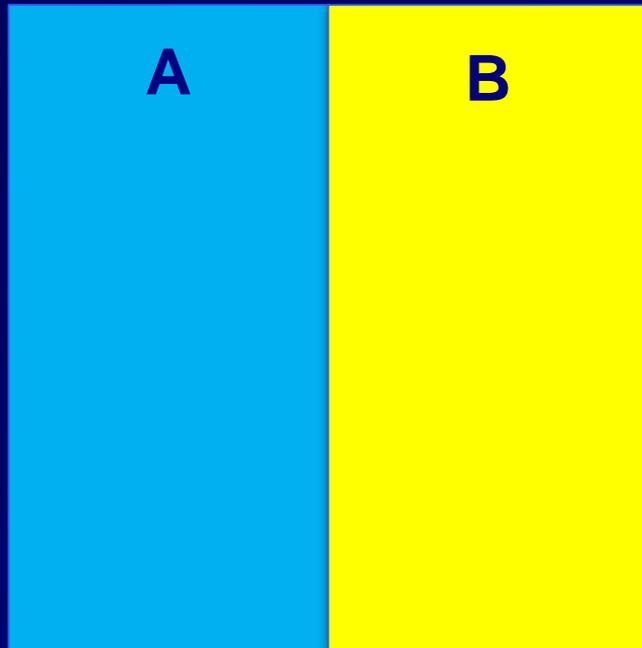
ρ = variable (compresibles)

EJERCICIO 1.4.1.

Un depósito de $0.8 \text{ (m}^3\text{)}$ está dividido por una membrana; en una parte «A» hay un gas con un volumen específico de $0.7200 \text{ (m}^3\text{/kg)}$ y en la otra parte «B» otro gas con un volumen específico de $0.3557 \text{ (m}^3\text{/kg)}$. Al romperse la membrana la densidad resultante del fluido es $1.8 \text{ (kg/m}^3\text{)}$.

Determine la masa en (kg) del gas en el compartimiento «B».

RESOLUCIÓN



$$v_A = 0.7200 \text{ (m}^3\text{/kg)}$$

$$v_B = 0.3557 \text{ (m}^3\text{/kg)}$$

$$V_{\text{Total}} = 0.8 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\rho_{\text{mezcla}} = 1.8 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$m_B = ? \text{ (kg)}$$

$$\rho_{\text{mezcla}} = \frac{m_{\text{total}}}{V_{\text{total}}} = \frac{m_A + m_B}{V_{\text{total}}} \dots (1)$$

$$v_A = V_A/m_A; \text{ despejando } m_A = V_A/v_A$$

$$V_{\text{total}} = V_A + V_B; \text{ despejando } V_A = V_{\text{total}} - V_B$$

$$\text{Sustituyendo } V_A \text{ en } m_A = \frac{V_{\text{total}} - V_B}{v_A} \dots (2)$$

$$v_B = V_B/m_B; \text{ despejando } V_B = m_B v_B$$

Sustituyendo V_B en la Ec. (2)

$$m_A = \frac{V_{\text{total}} - m_B v_B}{v_A}$$

Sustituyendo m_A en la Ec. (1)

$$\rho_{\text{mezcla}} = \frac{[V_{\text{total}} - (m_B)(v_B)]/(v_A) + m_B}{V_{\text{total}}}$$

$$\rho_{\text{mezcla}} V_{\text{total}} = \frac{V_{\text{total}}}{v_A} - \frac{(m_B)(v_B)}{v_A} + m_B$$

$$\rho_{\text{mezcla}} V_{\text{total}} - \frac{V_{\text{total}}}{v_A} = m_B \left(1 - \frac{v_B}{v_A} \right)$$

Despejando m_B de la ecuación anterior:

$$m_B = \frac{V_{\text{total}} (\rho_{\text{mezcla}} - 1/v_A)}{\left(1 - \frac{v_B}{v_A} \right)}$$

Sustituyendo datos:

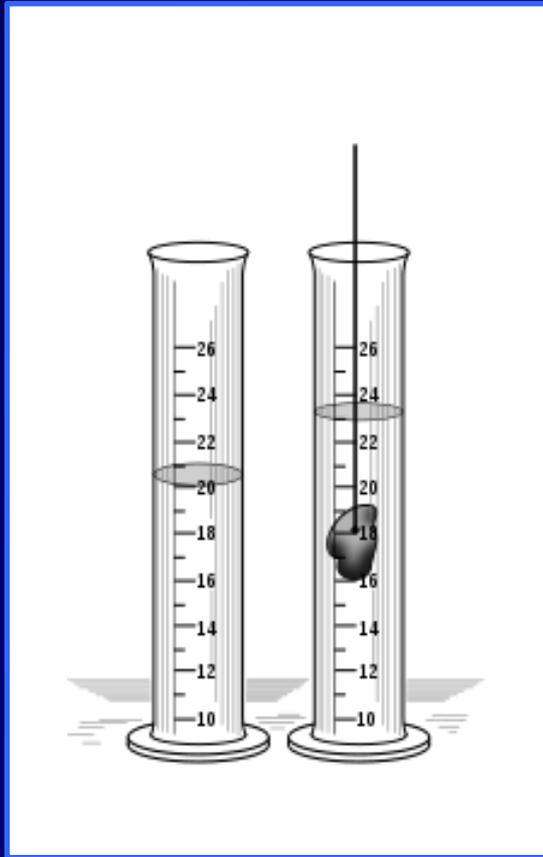
$$m_B = \frac{(0.8)(1.8 - 1/0.72)}{\left(1 - \frac{0.3557}{0.7200}\right)}$$

$$m_B = 0.65 \text{ (kg)}$$

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

El **Principio de Arquímedes** afirma que: «Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de abajo hacia arriba (ascendente) igual al peso del volumen del fluido que desaloja». Esta fuerza recibe el nombre de empuje hidrostático o de Arquímedes, y se mide en Newton (N) (en el SI). Dicho principio se formula así:

$$F_{Asc} = mg)_D = \rho Vg)_D$$



Donde $F_{Asc.}$ es la fuerza ascendente o empuje, ρ es la densidad del fluido, V el «volumen del fluido desplazado» por el cuerpo sumergido parcial o totalmente en el mismo, g la aceleración de la gravedad y m la masa. De este modo, la fuerza ascendente depende de la densidad del fluido, del volumen del cuerpo y de la gravedad existente en ese lugar.

Fig. 1.4.2. Empuje hidrostático.

La fuerza ascendente (*en condiciones normales y descrito de modo simplificado*) actúa verticalmente hacia arriba y está aplicada en el centro de gravedad del fluido desalojado por el cuerpo; este punto recibe el nombre de carena.

HISTORIA: La anécdota más conocida sobre Arquímedes, matemático griego, cuenta cómo inventó un método para determinar el volumen de un objeto con una forma irregular. De acuerdo a Vitruvio, arquitecto de la antigua Roma, una nueva corona con forma de corona triunfal había sido fabricada para Hierón II, tirano gobernador de Siracusa, el cual le pidió a Arquímedes determinar si

la corona estaba hecha de oro sólido o si un orfebre deshonesto le había agregado plata. Arquímedes tenía que resolver el problema sin dañar la corona, así que no podía fundirla y convertirla en un cuerpo regular para calcular su densidad.

Mientras tomaba un baño, notó que el nivel de agua subía en la tina cuando entraba, y así se dio cuenta de que ese efecto podría usarse para determinar el volumen de la corona. Debido a que no hay compresión del agua, la corona, al ser sumergida, desplazaría una cantidad de agua igual a su propio volumen.

Al dividir la masa de la corona por el volumen de agua desplazada, se podría obtener la densidad de la corona.

La densidad de la corona sería menor si otros metales más baratos y menos densos le hubieran sido añadidos. Entonces, Arquímedes salió corriendo desnudo por las calles, tan emocionado estaba por su descubrimiento para recordar vestirse, gritando "¡Eureka!" (en griego antiguo: "εὕρηκα" que significa "¡Lo he encontrado!")"

DATOS QUE PODEMOS CONOCER DEL CUERPO (EN EL VACÍO) ANTES DE SUMERGIRLO:
Por medidas directas podemos conocer: masa y volumen y a partir de estos datos su densidad:

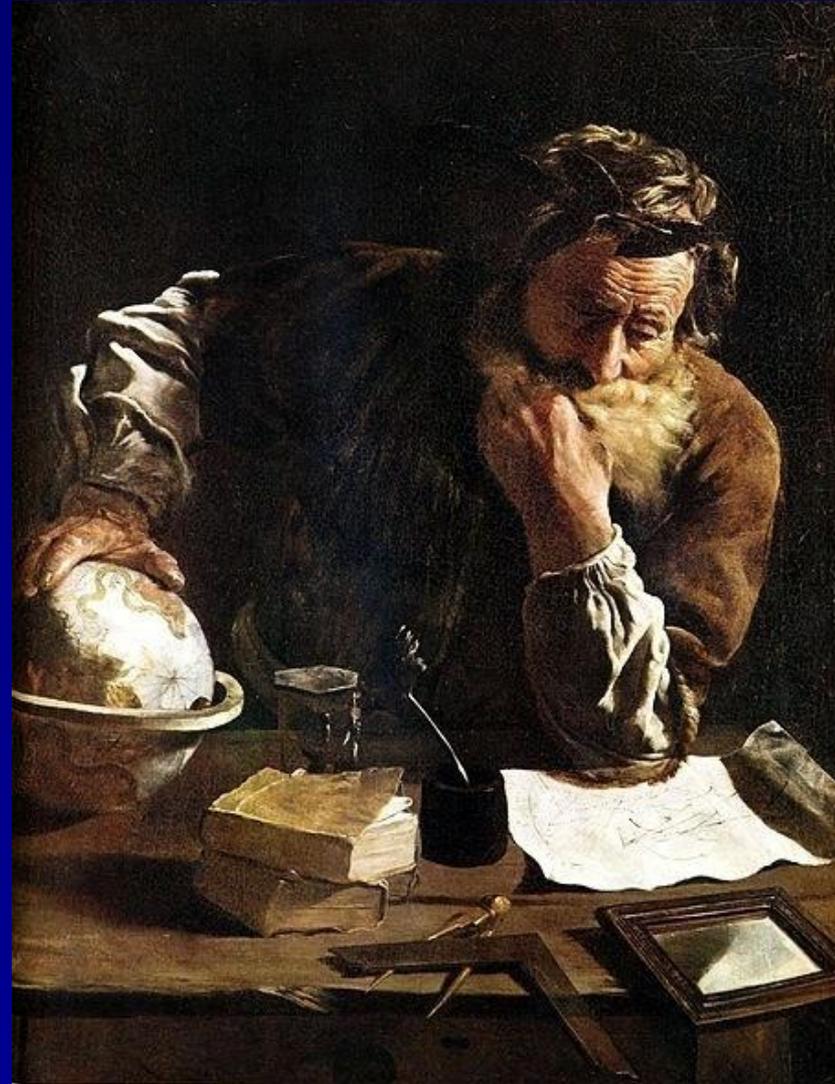
$$\rho = m/V$$

Conocida la masa se puede hallar el peso en el vacío: $\text{Peso} = m \cdot g$. La densidad nos da una idea de como están agrupados los átomos en el cuerpo. Cuanto más pesados sean los átomos y más juntos estén más denso será el cuerpo. Si la densidad del cuerpo es igual o mayor que la del líquido, el cuerpo quedará totalmente sumergido.

ARQUÍMEDES DE SIRACUSA

(287 a.C. - 212 a.C.)

Entre sus avances en física se encuentran sus fundamentos en hidrostática, estática y la explicación del principio de la palanca. Es reconocido por haber diseñado innovadoras máquinas, incluyendo armas de asedio y el tornillo de Arquímedes, que lleva su nombre.



EJERCICIO 1.4.2.

Una plataforma que flota en el agua tiene una inmersión de 8 (cm), la masa de la plataforma es de 575 (kg). El agua se encuentra en reposo (aguas tranquilas). Considere para el agua: $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1,000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$. Cuando un hombre se sube a la plataforma, la inmersión de la plataforma aumenta a 9.4 (cm).

¿Cuál es la masa del hombre en (kg)?

RESOLUCIÓN:

Principio de Arquímedes “La fuerza ascendente que actúa sobre un cuerpo sumergido en un fluido es igual al peso del volumen del líquido desalojado”



Masa del hombre: $m_h = ?$ (kg)

Del Principio de Arquímedes, el peso del hombre es igual al peso del agua desalojada:

$$\text{Peso})_h = \text{Fasc})_{H_2O)Dh}$$

$$m_h g = m_{H_2O)Dh} g = \rho_{H_2O} V_{H_2O)Dh} g \dots (1)$$

El volumen del agua desplazada por el hombre $V_{H_2O)Dh}$ es igual a:

$$V_{\text{H}_2\text{O})_{\text{Dh}}} = A_p h_{\text{H}_2\text{O})_{\text{Dh}}} \dots (2)$$

En donde: $h_{\text{H}_2\text{O})_{\text{Dh}}} = 9.4 - 8.0 = 1.4 \text{ (cm)}$

Para determinar el área de la plataforma se aplica el Principio de Arquímedes: el peso de la plataforma es igual al peso del agua desalojada:

$$\text{Peso})_p = F_{\text{asc})_{\text{H}_2\text{O})_{\text{Dp}}}$$

$$m_p g = m_{\text{H}_2\text{O})_{\text{Dp}}} g$$

$$m_p = \rho_{H_2O} V_{H_2O)Dp} = (\rho_{H_2O})(A_p)(h_{H_2O)Dp})$$

Despejando el área de la plataforma A_p se tiene:

$$A_p = \frac{m_p}{(\rho_{H_2O})(h_{H_2O)Dp})} = \frac{575}{(10^3)(0.08)} = 7.1875 \text{ (m}^2\text{)}$$

Sustituyendo datos en la ecuación (2)

$$V_{H_2O)Dh} = A_p h_{H_2O)Dh} = (7.1875)(1.4 \times 10^{-2})$$

$$V_{H_2O)Dh} = 10.06 \times 10^{-2} \text{ (m}^3\text{)}$$

Sustituyendo datos en la ecuación (1)

$$m_h = \rho_{H_2O)Dh} V_{H_2O)Dh} = (10^3)(10.06 \times 10^{-2})$$

$$m_h = 100.6 \text{ (kg)}$$