

Mecánica de Fluidos I

SEMANA 1

Henry R. Moncada

Universidad Nacional del Callao
Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía

7 de abril de 2025

Contenido

- 1 Dimensiones y Unidades
- 2 Peso y Masa
- 3 Principio de Homogeneidad
- 4 El fluido como medio continuo
- 5 Reconocimiento de Equipos
- 6 Conclusiones

Dimensiones y Unidades

- Las dimensiones representan propiedades físicas fundamentales.
- Las unidades son las **medidas** asignadas a cada dimensión, como metros (m), kilogramos (kg), segundos (s), etc.
- Ejemplos de **dimensiones**: longitud (L), masa (M), tiempo (T).
- El análisis dimensional ayuda a verificar la consistencia de ecuaciones físicas.
- Sistemas de unidades comunes: SI (Sistema Internacional), Sistema Inglés.

Ejemplos:

- **Ejemplo 1: Conversión de unidades Problema:** Convertir 5 pies a metros.

Solución:

$$1 \text{ pie} = 0,3048 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad 5 \text{ pies} = 5 \times 0,3048 = 1,524 \text{ m}$$

- **Ejemplo 2: Verificación Dimensional** Verifica si la fórmula de la velocidad media:

$$v = \frac{d}{t}$$

es dimensionalmente correcta.

Solución:

$$[v] = \frac{[L]}{[T]} = LT^{-1}$$

Resultado: La ecuación es dimensionalmente coherente.

Ejemplos

- **Ejemplo 3: Conversión de Unidades** Convierte 5 m/s a km/h.

Solución:

$$5 \text{ m/s} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 18 \text{ km/h}$$

Resultado: 5 m/s = 18 km/h

- **Ejemplo 4: Análisis Dimensional** Determina si la fórmula del caudal $Q = A \cdot v$ es correcta.

Solución:

$$[Q] = [A][v] = L^2 \cdot LT^{-1} = L^3T^{-1}$$

Dimensión de caudal es L^3T^{-1} , coherente con volumen por unidad de tiempo.

- **Ejemplo 5: Cambio de Sistema de Unidades** Convierte una densidad de 1000 kg/m³ al sistema inglés (slug/ft³).

Solución:

$$1000 \text{ kg/m}^3 \times \frac{1 \text{ slug}}{14,5939 \text{ kg}} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{3,28084 \text{ ft}} \right)^3 \approx 1,94 \text{ slug/ft}^3$$

Resultado: 1000 kg/m³ \approx 1,94 slug/ft³

Resumen

- Las dimensiones permiten verificar la coherencia física de las fórmulas.
- Las unidades deben mantenerse consistentes en cálculos y conversiones.
- El análisis dimensional es útil tanto en teoría como en la práctica.
- Convertir correctamente entre unidades es esencial en la Mecánica de Fluidos.

Peso y Masa

- La masa es una propiedad escalar que mide la cantidad de materia en un objeto. Se mide en kilogramos (kg).
- El peso es una fuerza vectorial que resulta de la acción de la gravedad sobre la masa:

$$W = mg$$

donde W es el peso en Newtons (N), m es la masa en kg y $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ es la aceleración gravitacional.

- Mientras que la masa es constante, el peso varía con la gravedad. Se diferencian en que el peso depende del campo gravitacional.

Aplicación

- En Mecánica de Fluidos, es importante distinguir entre masa (cantidad de fluido) y peso (fuerza ejercida sobre superficies o estructuras).
- El peso de un volumen de fluido puede calcularse como:

$$W = \rho V g$$

donde ρ es la densidad del fluido y V el volumen.

Ejemplos

- **Ejemplo 1: Masa y peso de un objeto** Un objeto tiene una masa de 10 kg. ¿Cuál es su peso en la Tierra?

$$W = mg = 10 \times 9,81 = \boxed{98,1 \text{ N}}$$

- **Ejemplo 2: Peso de un volumen de agua** Un recipiente contiene 0.5 m^3 de agua ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$). ¿Cuál es el peso del agua?

$$W = \rho Vg = 1000 \times 0,5 \times 9,81 = \boxed{4905 \text{ N}}$$

- **Ejemplo 3: Masa de un fluido con peso conocido** Si el peso de un fluido es 196.2 N, ¿cuál es su masa?

$$m = \frac{W}{g} = \frac{196,2}{9,81} = \boxed{20 \text{ kg}}$$

- **Ejemplo 4: Comparación de pesos en diferentes planetas** Un objeto de 5 kg tiene diferente peso en la Tierra y la Luna.
 - En la Tierra: $W = 5 \times 9,81 = 49,05 \text{ N}$
 - En la Luna: $W = 5 \times 1,62 = \boxed{8,1 \text{ N}}$

Principio de Homogeneidad

■ ¿Qué es el Principio de Homogeneidad?

- El principio de homogeneidad establece que en una ecuación física todos los términos deben tener las mismas dimensiones o unidades físicas.
- Es una herramienta útil para verificar la validez dimensional de una ecuación.
- No garantiza que una ecuación sea correcta, pero sí ayuda a detectar errores.

■ Importancia en Mecánica de Fluidos

- Permite comprobar consistencia en fórmulas de velocidad, presión, caudal, etc.
- Es fundamental al deducir o proponer nuevas ecuaciones en dinámica de fluidos.
- Se usa en análisis dimensional, como en el Teorema de Buckingham.

Ejemplos

■ Ejemplo 1

Ecuación: $Q = A \cdot v$

Donde:

Q es el caudal volumétrico [m^3/s]

A es el área [m^2]

v es la velocidad [m/s]

Verificación: $[Q] = [A][v] = \text{m}^2 \cdot \text{m}/\text{s} = \text{m}^3/\text{s}$ [U+2705]

■ Ejemplo 2

Ecuación: $P = \rho gh$

Donde:

P es presión [$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$]

ρ es densidad [kg/m^3]

g es aceleración [m/s^2]

h es altura [m]

Verificación:

$$[\rho gh] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Ejemplo

■ Ejemplo 3

Ecuación: $F = \mu A \frac{du}{dy}$ (Fuerza viscosa)

Donde:

F : fuerza [N],

μ : viscosidad dinámica [Pa·s],

A : área [m²],

$\frac{du}{dy}$: gradiente de velocidad [1/s]

Verificación:

$$[F] = [\mu][A][1/s] = \text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = \text{Pa} \cdot \text{m}^2 = N$$

■ Ejemplo 4

Ecuación: $E_k = \frac{1}{2} \rho v^2$ (energía cinética por unidad de volumen)

Unidades:

ρ : [kg/m³], v : [m/s]

Verificación:

$$[E_k] = \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^3} = \frac{J}{\text{m}^3} = \text{Pa}$$

■ Ejemplo 5: Verificación de homogeneidad Ecuación: $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

Análisis dimensional:

$$[s] = L, \quad [ut] = (LT^{-1})(T) = L, \quad [\frac{1}{2}at^2] = (LT^{-2})(T^2) = L$$

Conclusión: Todos los términos tienen dimensión L , la ecuación es homogénea.

Conclusiones

- El principio de homogeneidad es esencial para validar expresiones físicas.
- Sirve como filtro para detectar errores dimensionales antes de experimentación.
- En mecánica de fluidos, asegura que nuestras ecuaciones representen fenómenos reales de forma coherente.

El fluido como medio continuo: Teoría

■ ¿Qué es un medio continuo?

- Un fluido se modela como un medio continuo cuando se considera que sus propiedades (densidad, presión, velocidad, etc.) están definidas en todos los puntos del espacio.
- Se ignoran los efectos moleculares y se usa una descripción macroscópica.
- Esta aproximación es válida cuando el volumen de control es mucho mayor que la escala molecular.
- Se considera que las propiedades (densidad, presión, temperatura) varían suavemente en el espacio.
- Válido siempre que el volumen de análisis contenga suficientes moléculas para el promedio.

■ Aplicaciones de la hipótesis del medio continuo

- Cálculo de campos escalares y vectoriales como presión y velocidad.
- Formulación de las ecuaciones de conservación: masa, momento y energía.
- Permite el uso de métodos numéricos como CFD (Computational Fluid Dynamics).

Ejemplos

■ Ejemplo 1: Flujo en una tubería

- Se asume el fluido como medio continuo para calcular la velocidad del flujo.
- Aplicamos la ecuación de continuidad: $A_1 v_1 = A_2 v_2$.
- Dado: $A_1 = 5 \text{ cm}^2$, $v_1 = 2 \text{ m/s}$, $A_2 = 2 \text{ cm}^2$. ¿Cuál es v_2 ?
- Solución: $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{5}{2} \cdot 2 = 5 \text{ m/s}$.

■ Ejemplo 2: Distribución de presión en un tanque

- Un tanque contiene agua en reposo. Se desea conocer la presión a 3 m de profundidad.
- Se usa la ecuación: $P = P_0 + \rho gh$.
- Con $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $h = 3 \text{ m}$.
- Solución: $P = 101325 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 3 = 130755 \text{ Pa}$.

■ Ejemplo 3: Cálculo de densidad local

- Se analiza una pequeña región en un flujo para determinar si la aproximación de medio continuo es válida.
- Si el número de moléculas por volumen es muy alto, se justifica la hipótesis.
- En condiciones estándar: $1 \text{ mol} \approx 6,022 \times 10^{23}$ moléculas en 22,4 L.
- Densidad local muy alta \rightarrow medio continuo válido.

Ejemplos

■ Ejemplo 4: Perfil de velocidad en flujo laminar

- Se estudia el flujo entre dos placas paralelas (flujo de Couette).
- Una placa se mueve con velocidad U , la otra está fija.
- Velocidad varía linealmente: $v(y) = \frac{U}{h}y$, donde h es la distancia entre placas.
- Propiedades del fluido (viscosidad, densidad) se suponen continuas.

■ Ejemplo 5: Aplicación del modelo continuo Caso: Cálculo de la densidad del aire en una habitación.

Datos: Volumen = 20 m^3 , masa de aire = 24 kg

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{24 \text{ kg}}{20 \text{ m}^3} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

Se aplica el modelo continuo para describir propiedades macroscópicas.

Conclusión

- El modelo de medio continuo es una idealización poderosa para estudiar fluidos.
- Nos permite aplicar leyes físicas en forma de ecuaciones diferenciales.
- Su validez depende de la escala del problema.

Teoría: Reconocimiento de Equipos

- **¿Qué es el reconocimiento de equipos?**
 - Identificación y clasificación de los equipos utilizados en laboratorios o instalaciones hidráulicas.
 - Comprensión del principio de funcionamiento de cada equipo.
 - Relevancia de cada instrumento en el análisis de flujo y medición de variables.
- **Equipos comunes en Mecánica de Fluidos** A continuación se listan los equipos más utilizados en prácticas y laboratorios de mecánica de fluidos:
 - **Manómetros:** Instrumentos que miden la presión de los fluidos en sistemas cerrados o abiertos.
 - **Venturímetros:** Dispositivos que utilizan el principio de Bernoulli para medir el caudal de un fluido.
 - **Bombas:** Máquinas diseñadas para mover fluidos desde un punto a otro, aumentando su presión.
 - **Bombas centrífugas:** Tipo de bomba que utiliza la fuerza centrífuga generada por un impulsor rotativo para transportar el fluido.
 - **Tanques y tubos:** Elementos básicos para la conducción, almacenamiento y distribución de fluidos en sistemas hidráulicos.
 - **Túneles de viento:** Instalaciones diseñadas para estudiar el comportamiento del flujo de aire alrededor de objetos, comúnmente en aerodinámica.
 - **Rotámetros:** Medidores de caudal de área variable, que indican el caudal mediante el ascenso de un flotador dentro de un tubo cónico.
 - **Bancos de pruebas hidráulicas:** Sistemas experimentales para estudiar fenómenos como pérdida de carga, flujo laminar/turbulento y eficiencia de bombas.

Ejemplos

■ Ejemplo 1: Manómetro de Tubo en U

Objetivo

Medir la presión manométrica de un fluido utilizando un manómetro de tubo en U.

- Equipos: manómetro, fluido manométrico (agua o mercurio), recipiente presurizado.
- Lectura: diferencia de altura entre las columnas.
- Aplicación: determinar presión en sistemas cerrados.

■ Ejemplo 2: Venturímetro

Objetivo

Determinar el caudal a través de un conducto por diferencia de presión.

- Equipos: venturímetro, manómetro diferencial, tubería de prueba.
- Principio: ecuación de Bernoulli.
- Aplicación: control de flujo en redes hidráulicas.

Ejemplos

■ Ejemplo 3: Bomba Centrífuga

Objetivo

Analizar el funcionamiento y características de operación de una bomba centrífuga.

- Equipos: bomba, motor eléctrico, manómetros, caudalímetro.
- Variables: altura manométrica, eficiencia, potencia consumida.
- Aplicación: transporte de líquidos en sistemas presurizados.

■ Ejemplo 4: Túnel de Viento

Objetivo

Observar la interacción entre el flujo de aire y cuerpos sólidos.

- Equipos: túnel de viento, modelo de prueba, sensores de presión.
- Observaciones: líneas de corriente, presión diferencial, sustentación.
- Aplicación: diseño aerodinámico en ingeniería mecánica y civil.

■ Ejemplo 5: Observación de un manómetro

Objetivo

Medir la presión manométrica de un fluido.

- Se conecta a una tubería y se observa la altura de la columna de fluido.
- Relación con la presión:

$$P = \rho gh$$

Conclusiones

- El reconocimiento de equipos es fundamental para aplicar correctamente los principios de la mecánica de fluidos.
- La práctica permite asociar teoría con situaciones reales de ingeniería.
- La familiarización con instrumentos mejora la precisión y seguridad en el trabajo experimental.

Gracias por su atención

¿Preguntas?