

# Desafío STEM: Medición de la Densidad de un Líquido usando el Principio de Arquímedes

## Objetivos

- Determinar la densidad de un líquido usando dos métodos distintos basados en el principio de Arquímedes.
- Desarrollar la capacidad de derivar y comprender los modelos físicos utilizados.
- Analizar gráficamente los resultados y extraer parámetros físicos de las rectas obtenidas.
- Comparar ambos métodos y discutir sus resultados.

Número de sesiones 2 (cada una de 1.5 h)

## Conexiones STEM

- **Ciencia:** Aplicación del principio de Arquímedes para determinar densidades mediante condiciones de equilibrio.
- **Tecnología:** Uso de balanza digital, jeringas, tubos graduados y otros instrumentos de medición.
- **Ingeniería:** Validación de modelos físicos por análisis experimental y ajuste de datos.
- **Matemáticas:** Derivación de expresiones, linealización, ajuste de datos y extracción de pendientes.

## Preparación previa

El estudiante debe estudiar previamente:

- El principio de Arquímedes.
- Las condiciones de equilibrio de fuerzas.
- Cómo se deriva la relación lineal en cada método.
- Definición y significado de cada variable en los modelos.

## Método 1: Tubo de ensayo sumergido

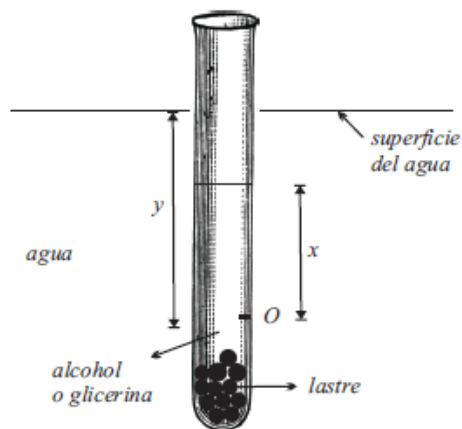


Figura 1: Método 1: Tubo de ensayo sumergido en agua destilada.

**Definición de variables:** Ver figura 1.

- $\rho_x$ : Densidad del líquido desconocido (alcohol/glicerina).
- $\rho_a$ : Densidad del agua destilada ( $1.0 \text{ g/cm}^3$ ).
- $g$ : Aceleración gravitacional.
- $d_e, d_i$ : Diámetros externo e interno del tubo de ensayo.
- $A_e = \frac{\pi d_e^2}{4}$ : Área de la sección transversal externa del tubo.
- $A_i = \frac{\pi d_i^2}{4}$ : Área interna.
- $m_t$ : Masa del tubo.
- $m_l$ : Masa del lastre (esferas metálicas).
- $x$ : Altura del líquido dentro del tubo.
- $y$ : Altura del nivel externo del agua desplazada.
- $V_0, V_{x0}$ : Volúmen del tubo y del líquido por debajo del punto de referencia.

### Modelo físico y derivación:

$$\begin{aligned}(m_t + m_l + m_x)g &= \rho_a g V \\ \text{donde } V &= V_0 + A_e y \\ \text{y } m_x &= \rho_x (V_{x0} + A_i x) \\ \Rightarrow m_t + m_l + \rho_x (V_{x0} + A_i x) &= \rho_a (V_0 + A_e y) \\ \Rightarrow y &= \frac{1}{\rho_a A_e} [\rho_x V_{x0} - \rho_a V_0 + m_t + m_l] + \frac{\rho_x A_i}{\rho_a A_e} x \\ \text{Definimos: } b_1 &= \frac{1}{\rho_a A_e} (\rho_x V_{x0} - \rho_a V_0 + m_t + m_l) \\ n &= \frac{\rho_x A_i}{\rho_a A_e} \\ \Rightarrow y &= b_1 + nx\end{aligned}$$

### Cálculo de densidad:

$$\rho_x = \rho_a \frac{A_e}{A_i} n = \rho_a \frac{d_e^2}{d_i^2} n$$

## Método 2: Barra cilíndrica suspendida

**Definición de variables:** Ver figura 2.

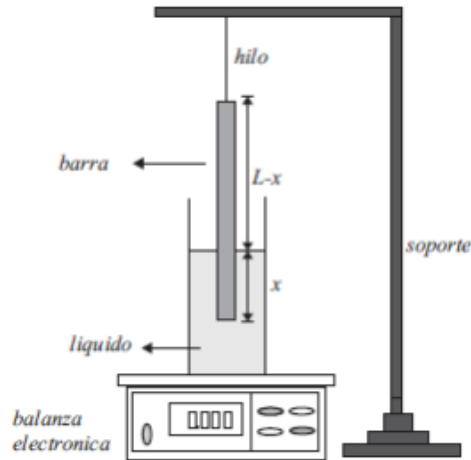


Figura 2: Método 2: Barra cilíndrica parcialmente sumergida en el líquido.

- $\rho_x$ : Densidad del líquido.
- $g$ : Aceleración gravitacional.
- $A$ : Área de la sección transversal de la barra.
- $x$ : Profundidad de inmersión de la barra.
- $N$ : Lectura de la balanza.

- $m_v$ : Masa del vaso.
- $m_x$ : Masa del líquido.

**Modelo físico y derivación:**

$$\begin{aligned}
 N &= m_v g + m_x g + \rho_x g A x \\
 &= b_2 + p x \\
 \text{donde } b_2 &= (m_v + m_x) g \\
 p &= \rho_x g A \\
 \Rightarrow \rho_x &= \frac{p}{g A}
 \end{aligned}$$

## Evaluación experimental y análisis

- Ajuste lineal  $y$  vs  $x$  para el Método 1.
- Ajuste lineal  $N$  vs  $x$  para el Método 2.
- Comparar los valores de  $\rho_x$  obtenidos.
- Discuta posibles errores y significado físico de  $b_1$  y  $b_2$ .

**Nota:** Todos los grupos deben realizar ambos métodos experimentales descritos en esta guía. Sin embargo, durante la sesión de sustentación, será el profesor quien asigne aleatoriamente a cada grupo cuál de los dos métodos deberá exponer y analizar en profundidad. Por tanto, es indispensable que todos los integrantes comprendan y dominen completamente ambos procedimientos.

## Evaluación

**Primera sesión:** Realización experimental.

**Segunda sesión:** Entrega de informe y exposición de 10 minutos por grupo.

### Rúbrica del informe escrito (2.5 puntos)

Criterio	Puntaje
Objetivo, materiales y método descritos con claridad	0.5
Derivación coherente de los modelos físicos	0.5
Gráficas bien presentadas con análisis adecuado	0.5
Discusión crítica de resultados y errores	0.5
Conclusiones comparativas bien argumentadas	0.5
<b>Total</b>	<b>2.5</b>

### Rúbrica de sustentación oral (2.5 puntos)

Criterio	Puntaje
Explicación clara del procedimiento experimental	0.5
Comprensión de los modelos físicos	0.5
Interpretación adecuada de gráficas y ecuaciones	0.5
Participación balanceada entre integrantes	0.5
Respuestas adecuadas al jurado	0.5
<b>Total</b>	<b>2.5</b>

**Nota final:** Suma de informe (2.5) + sustentación (2.5) = 5.0 puntos.