Sociedad Guatemalteca de Docentes de Ciencias

Olimpiada Guatemalteca de Física

Prueba Experimental

Etapa Nacional

Primera OLGUAFI

Diciembre 2025

OLGUAFI
Olimpiada Guatemalteca de Física

Presión y volumen

Materiales

- Agua
- Recipiente para el agua
- Probeta de 50 mL
- Pajilla jumbo
- Pie de rey o vernier
- Regla de 30 cm

Introducción

Cuando se sumerge un objeto dentro de un líquido, normalmente se espera que el líquido ocupe cualquier espacio vacío dentro del mismo. Sin embargo, esto no siempre ocurre si hay aire atrapado. En este experimento, se utilizará una pajilla tapada en su extremo superior, la cual se introducirá verticalmente dentro de una probeta con agua.

El aire contenido dentro de la pajilla no permite el ingreso del agua debido a la parte sellada y la presión interna del mismo. En consecuencia, el nivel aparente del agua que rodea la pajilla en la probeta no corresponde exactamente al volumen que ocuparía si ésta estuviera abierta.

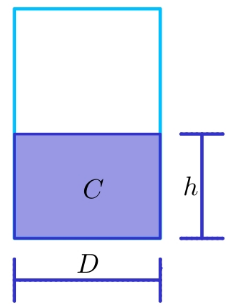
Este fenómeno puede explicarse mediante el principio de Pascal, el cual establece que un cambio de presión, aplicado a un fluido encerrado, se transmite de manera uniforme en todas las direcciones. En este caso, se observa cómo la presión del aire atrapado, dentro de la pajilla, se equilibra con la presión ejercida por el agua desde el exterior, generando una condición de equilibrio que impide que el líquido suba dentro del tubo.

Este equilibrio entre las presiones del aire y del agua permite analizar cómo se comportan los fluidos y los gases encerrados cuando están sometidos a condiciones específicas. A través de esta actividad, se busca observar cómo el aire puede “soportar” al agua e impedir que ocupe su espacio, lo que lleva a una diferencia entre el volumen real y el volumen aparente observado.

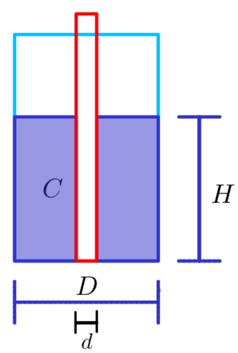
Diseño experimental

Se busca obtener la medida del diámetro externo de una pajilla de forma directa y de forma experimental.

Primero, si coloca cierta cantidad C de agua en la probeta. El volumen de la cantidad de agua se puede calcular a partir de la expresión $\frac{\pi}{4}D^2h$, donde D es el diámetro interno de la probeta y h es la altura que alcanza el agua.



Al ingresar la pajilla, debe estar tapada con un dedo en la parte superior para que el aire no permita el ingreso del agua. Por lo que el volumen del agua ahora viene dado por $\frac{\pi}{4}H(D^2-d^2)$, donde d es el diámetro externo de la pajilla y H es la altura que alcanza el agua.



Dado que la cantidad C de agua es la misma, se tiene que:

$$\frac{\pi}{4}D^2h = \frac{\pi}{4}H(D^2-d^2)$$
$$D^2h = H(D^2-d^2)$$

En este caso, se usará las marcas de la probeta para comparar las alturas, es decir que:

$$\frac{H}{h} = \frac{V_2}{V_1}$$

Donde V_1 es el volumen de agua sin la pajilla y V_2 es el volumen que alcanza el agua cuando se ingresa la pajilla. Por lo que:

$$V_1D^2 = V_2(D^2-d^2) \qquad \text{Ecuación 1}$$

Dejando d^2 de un lado de la ecuación

$$\begin{aligned} V_1 D^2 &= V_2 D^2 - V_2 d^2 \\ V_1 D^2 + V_2 d^2 &= V_2 D^2 \\ V_2 d^2 &= V_2 D^2 - V_1 D^2 \\ V_2 d^2 &= D^2 (V_2 - V_1) \end{aligned}$$

Si se considera $\Delta V = V_2 - V_1$, entonces:

$$V_2 d^2 = D^2 \Delta V \qquad \text{Ecuación 2}$$

Por lo que se busca medir el diámetro externo de la pajilla de dos formas, primero de forma directa y luego de forma experimental utilizando el principio de Pascal. Para analizar los datos experimentales, se plantearán tres modelos matemáticos a ser comprobados.

IMPORTANTE: Recuerde utilizar el número de cifras significativas según los instrumentos e indicar las incertezas y dimensionales para todas las medidas.

Parte 1. Mediciones

Primero, con ayuda del vernier, mida de forma directa el diámetro interno D de la probeta y el diámetro externo d de la pajilla, debe colocar estos datos en cm. Estos valores se considerarán como los valores teóricos.

1.a. Indique la medida del diámetro interno D de la probeta. **[1 p]**

1.b. Indique la medida del diámetro externo d de la pajilla. **[1 p]**

Luego coloque diferentes cantidades de agua V_1 en la probeta, de forma que pueda realizar diferentes mediciones de V_2.

Nota: V_1 debe ser un múltiplo de 5 mL.

1.c. Realice y complete una tabla como la siguiente, con 6 medidas distintas de agua V_1. **[8 p]**

V_1	V_2	ΔV	$\sqrt{V_2}$	$\sqrt{\Delta V}$

Parte 2. Modelo A

2.a. Realice una gráfica V_2 vrs V_1. **[6 p]**

2.b. Calcule la pendiente de la gráfica V_2 vrs V_1 a partir de dos puntos. **[1 p]**

2.c. De la ecuación 1, si se considera $y = V_2$, indique una expresión para la pendiente en función de D y d. **[1 p]**

2.d. A partir de la pendiente del inciso b y la expresión del inciso c, determine el valor experimental de d. **[1 p]**

2.e. Indique el error porcentual de la medida d obtenida en el inciso anterior. **[1 p]**

Parte 3. Modelo B

3.a. Realice una gráfica V_2 vrs ΔV. **[6 p]**

3.b. Calcule la pendiente de la gráfica V_2 vrs ΔV a partir de dos puntos. **[1 p]**

3.c. De la ecuación 2, si se considera $y = V_2$, indique una expresión para la pendiente en función de D y d. **[1 p]**

3.d. A partir de la pendiente del inciso b y la expresión del inciso c, determine el valor experimental de d **[1 p]**

3.e. Indique el error porcentual de la medida d obtenida en el inciso anterior. **[1 p]**

Parte 4. Modelo C

4.a. Realice una gráfica $\sqrt{V_2}$ vrs $\sqrt{\Delta V}$. **[6 p]**

4.b. Calcule la pendiente de la gráfica $\sqrt{V_2}$ vrs $\sqrt{\Delta V}$ a partir de dos puntos. **[1 p]**

4.c. De la ecuación 2, si se considera $y = \sqrt{V_2}$, indique una expresión para la pendiente en función de D y d. **[1 p]**

4.d. A partir de la pendiente del inciso b y la expresión del inciso c, determine el valor experimental de d. **[1 p]**

4.e. Indique el error porcentual de la medida d obtenida en el inciso anterior. **[1 p]**

Solución

Parte 1. Mediciones

1.a.

(1.025 ± 0.005) cm

1.b.

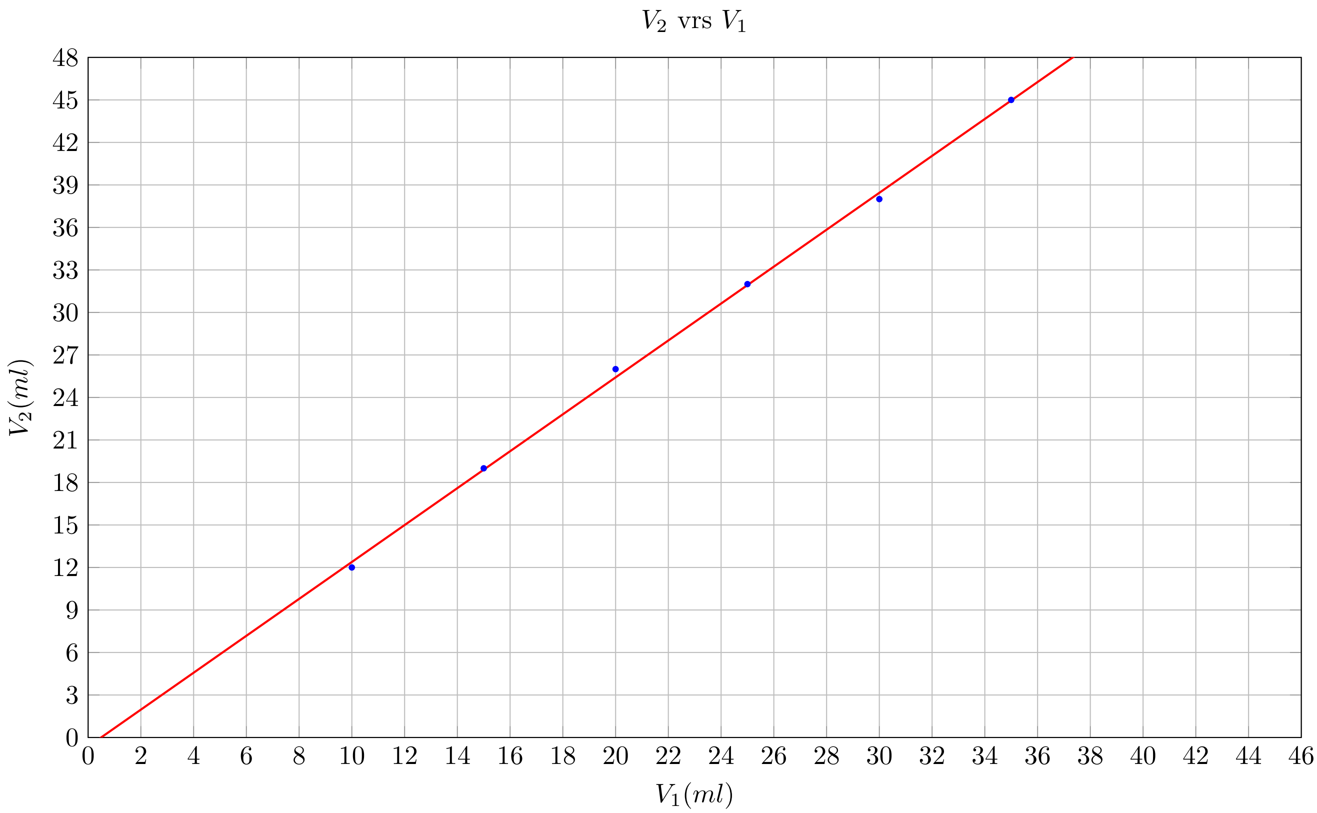
(2.200 ± 0.005) cm

1.c.

$(V_1 \pm 1)mL$	$(V_2 \pm 1)mL$	$(\Delta V)ml$	$(\sqrt{V_2})\sqrt{mL}$	$(\sqrt{\Delta V})\sqrt{mL}$
10	12	2	3.4641	1.4142
15	19	4	4.3589	2.0000
20	26	6	5.0990	2.4495
25	32	7	5.6569	2.6458
30	38	8	6.1644	2.8284
35	45	10	6.7082	3.1623

Parte 2. Modelo A

(2.a) Gráfica V_2 vrs V_1



(2.b) Aplicando $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ respecto al segundo punto (15 ml, 19 ml) y el cuarto punto (25 ml, 32 ml), se obtiene $m = \frac{32-19}{25-15} = 1.30$

(2.c) Despejamos V_2

$$V_1 D^2 = V_2(D^2 - d^2) \qquad \rightarrow \qquad V_2 = \frac{D^2}{D^2 - d^2} V_1 \qquad \rightarrow \qquad \underbrace{V_2}_{\text{Eje y}} = \underbrace{\frac{D^2}{D^2 - d^2}}_{\text{Pendiente}} \underbrace{V_1}_{\text{Eje x}} + \underbrace{0}_{\text{Punto de Corte}}$$

Por lo que:

$$\boxed{\mathrm{m} = \frac{D^2}{D^2 - d^2}}$$

(2.d) Despejando d

$$\mathrm{m} = \frac{D^2}{D^2 - d^2} \qquad \rightarrow \qquad d = D\sqrt{\frac{(\mathrm{m}-1)}{\mathrm{m}}}$$

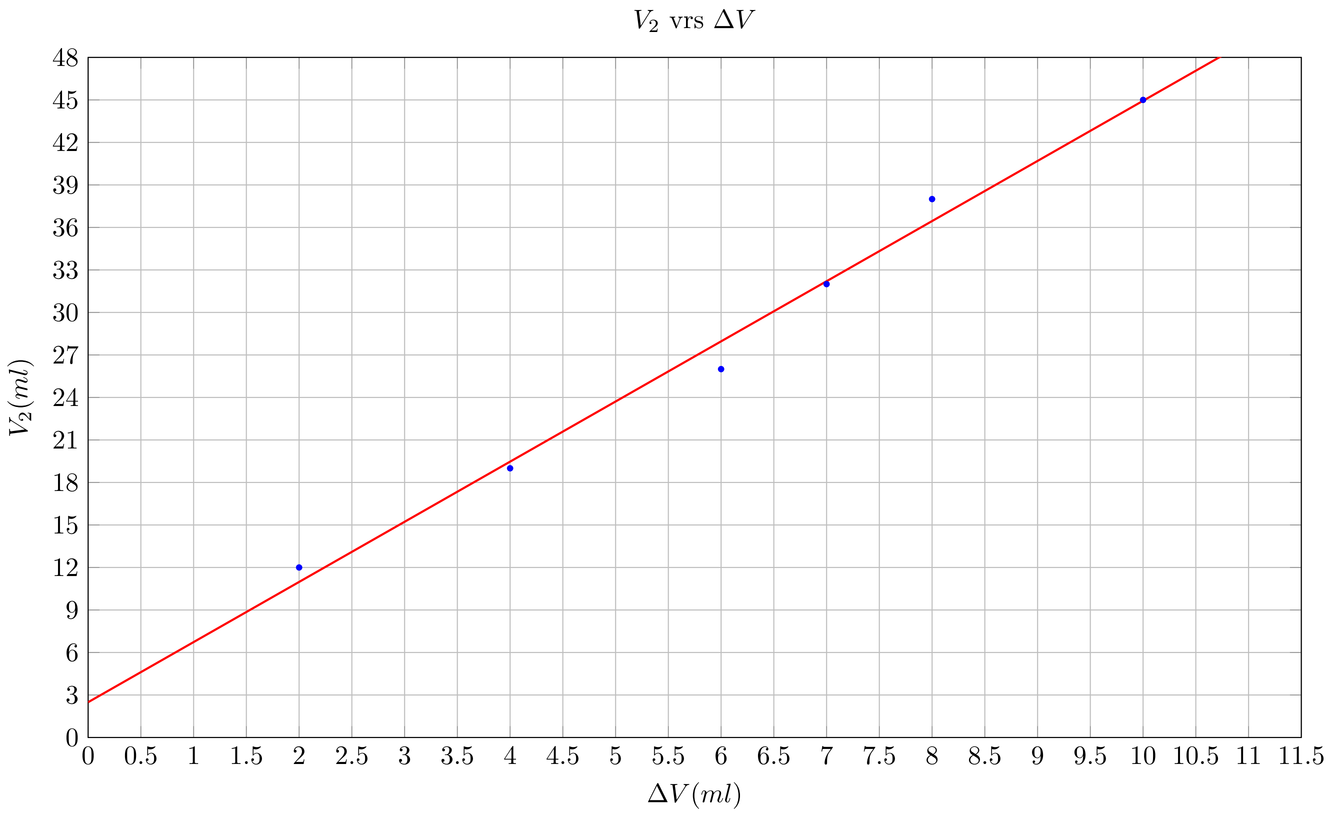
Por lo que $\boxed{d = 1.057cm}$

(2.e) El error viene dado por

$$e = \frac{|1.057cm - 1.025cm|}{1.025cm} * 100\,\% = 3.12\,\%$$

Parte 3. Modelo B

(3.a) Gráfica V_2 vrs ΔV



(3.b) Respecto al segundo punto (4 ml, 19 ml) y el cuarto punto (7 ml, 32 ml), se obtiene $m = \frac{32-19}{7-3} = 4.33$

(3.c) Despejamos V_2

$$V_2 d^2 = D^2 \Delta V \qquad \rightarrow \qquad V_2 = \frac{D^2}{d^2}\Delta V \qquad \rightarrow \qquad \underbrace{V_2}_{\text{Eje y}} = \underbrace{\frac{D^2}{d^2}}_{\text{Pendiente}} \underbrace{\Delta V}_{\text{Eje x}} + \underbrace{0}_{\text{Punto de Corte}}$$

Por lo que:

$$\boxed{\mathrm{m} = \frac{D^2}{d^2}}$$

(3.d) Despejando d

$$\mathrm{m} = \frac{D^2}{d^2} \qquad \rightarrow \qquad d = \frac{D}{\sqrt{\mathrm{m}}}$$

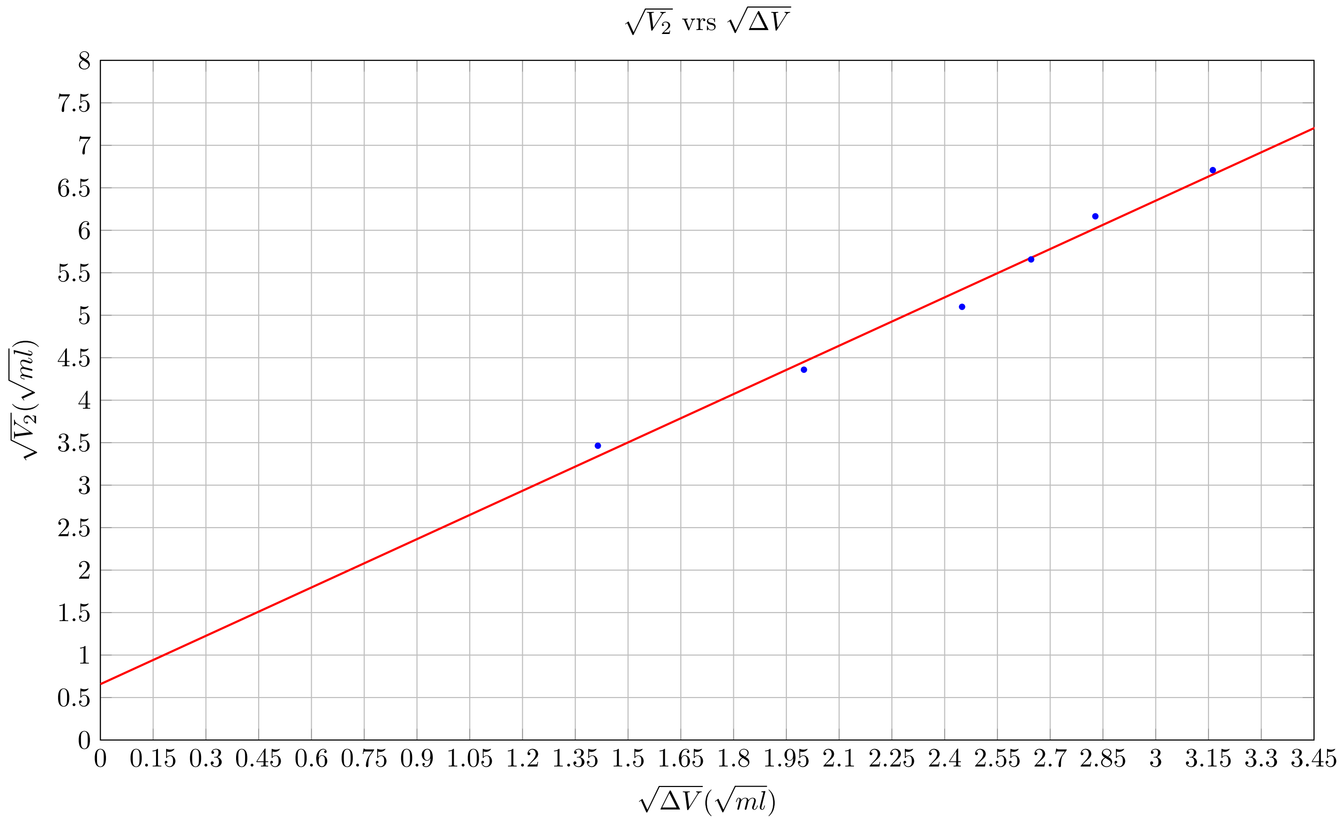
Por lo que $\boxed{d = 1.056cm}$

(3.e) El error viene dado por

$$e = \frac{|v_e - v_t|}{v_t} * 100\,\% = \frac{|1.056 - 1.025|}{1.025} * 100\,\% = 3.15\,\%$$

Parte 4. Modelo C

(4.a) Gráfica $\sqrt{V_2}$ vrs $\sqrt{\Delta V}$



(4.b) Aplicando $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ respecto al cuarto punto (2.6458 $\sqrt{ml}$, 5.6569 $\sqrt{ml}$) y el sexto punto (3.1623 $\sqrt{ml}$, 6.7082 $\sqrt{ml}$), se obtiene $m = \frac{6.7082-5.6569}{3.1623-2.6458} = 2.04$

(4.c) Despejamos $\sqrt{V_2}$

$$\sqrt{V_2}d = D\sqrt{\Delta V} \qquad \rightarrow \qquad \sqrt{V_2} = \frac{D}{d}\sqrt{\Delta V} \qquad \rightarrow \qquad \underbrace{\sqrt{V_2}}_{\text{Eje y}} = \underbrace{\frac{D}{d}}_{\text{Pendiente}} \underbrace{\sqrt{\Delta V}}_{\text{Eje x}} + \underbrace{0}_{\text{Punto de Corte}}$$

Por lo que:

$$\boxed{\mathrm{m} = \frac{D}{d}}$$

(4.d) Despejando d

$$\mathrm{m} = \frac{D}{d} \qquad \rightarrow \qquad d = \frac{D}{\mathrm{m}}$$

Por lo que $\boxed{d = 1.081cm}$

(4.e) El error viene dado por

$$e = \frac{|1.081cm - 1.025cm|}{1.025cm} * 100\,\% = 5.45\,\%$$

Un extra pudo haber sido comparar los tres modelos para ver cuál presenta menos error.