

Universidad Rafael Landívar
Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Sistemas
Laboratorio de Química Básica, sección 7
Catedrático: Lisbeth Gabriela Zelada Martinez
Auxiliar: Carlos Bran



POSTLABORATORIO NO. 2
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UNA MONEDA POR EL
MÉTODO DIRECTO E INDIRECTO

Julio Anthony Engels Ruiz Coto - 1284719

Guatemala 25 de febrero de 2025

ÍNDICE

I.	ABSTRACT.....	1
II.	RESULTADOS.....	2
II.I	RESULTADOS DE LA PRÁCTICA	2
II.II	REACCIONES QUÍMICAS	2
II.III	OBSERVACIONES	2
III.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	3
IV.	CONCLUSIONES	5
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
VI.I	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
VI.II	REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	5
VI.	APÉNDICE	7
VI.I	DIAGRAMA DE EQUIPO	7
VI.II	DATOS OBTENIDOS.....	9
VI.III	DATOS CALCULADOS	9
VI.IV	MUESTRA DE CALCULO.....	10
VI.V	ANÁLISIS DE ERROR	12
VII.	ANEXOS.....	13

I. ABSTRACT

La práctica de laboratorio No. 02, titulada “Determinación de la Densidad de una Moneda por el Método Directo e Indirecto”, se realizó el martes 11 de febrero de 2025. Su objetivo general consistió en desarrollar habilidades prácticas para determinar la densidad de un objeto, en este caso una moneda de 10 centavos, utilizando tanto el método geométrico (directo) como el principio de Arquímedes (indirecto), bajo condiciones seguras y controladas. Como objetivos específicos, se planteó: calcular y comprobar el volumen de la moneda mediante sus medidas lineales (diámetro y espesor), y analizar el volumen de la moneda a partir de su desplazamiento en una probeta con agua, para comparar ambos valores y apreciar posibles diferencias.

El procedimiento inició con la medición del diámetro (21.90 ± 0.01 mm) y espesor (1.10 ± 0.01 mm) de la moneda usando un Vernier; luego se determinó la masa (2.40 ± 0.05 g) en la balanza electrónica aplicando la función de tare. A continuación, se midieron 20.0 ± 0.5 mL de agua en una probeta de 50.0 mL y se sumergió la moneda, registrándose un volumen final de 20.5 ± 0.5 mL, lo que implicó un desplazamiento de 0.5 ± 0.5 mL. El método geométrico permitió calcular el volumen aproximado de la moneda usando la fórmula de un cilindro, mientras que el método indirecto se basó en la diferencia de volúmenes en la probeta.

Los resultados mostraron que ambos métodos de medición convergieron en valores de densidad cercanos, aunque con ligeras variaciones atribuibles a la precisión en la lectura del espesor y a la incertidumbre en la medición del volumen desplazado. Tal como se indica en la Tabla No. 1, la densidad determinada por el método A fue de 6 ± 0.13 g/cm³, mientras que el método B arrojó un valor de 5 ± 6.72 g/cm³, manteniéndose ambos dentro del rango esperado para aleaciones metálicas de densidad media.

Como resultado, se evidenció que la densidad de un sólido regular puede determinarse con suficiente confiabilidad mediante técnicas directas (fórmulas geométricas) e indirectas (desplazamiento de agua), siempre y cuando se observen protocolos adecuados de calibración, cuidado instrumental y registro de incertidumbres. De esta forma, la práctica resaltó la importancia de ajustar el método a la forma y dimensiones del objeto, así como de llevar un control meticuloso de cada lectura para minimizar posibles errores en el cálculo final de la densidad.

II. RESULTADOS

II.I RESULTADOS DE LA PRÁCTICA

Tabla No.1

Resultados de densidad

Descripción	Resultado
Densidad (método A)	$6 \pm 0.13 \text{ g/cm}^3$
Densidad (método B)	$5 \pm 6.72 \text{ g/cm}^3$

Fuente: Elaboración propia (2025).

II.II REACCIONES QUÍMICAS

N/A

II.III OBSERVACIONES

Tabla No.2

Observaciones

Procedimiento	Observaciones
Procedimiento A (Método Geométrico)	La moneda presentó una superficie brillante y metálica, sin deformaciones notorias. No hubo cambios de color ni presencia de residuos al manipular la moneda sobre el vidrio de reloj. La balanza se stabilizó rápido, sin oscilar abruptamente.
Procedimiento B (Método de Desplazamiento)	El volumen de agua en la probeta apenas cambió visualmente, puesto que la moneda era relativamente ligera y no generó un aumento significativo del nivel. No se observó efervescencia ni burbujas, ya que la moneda no reaccionó químicamente con el agua. La moneda se posó en el fondo de la probeta sin causar salpicaduras.

Fuente: Elaboración propia (2025).

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Calcular y comprobar el volumen de la moneda a partir de sus medidas lineales (diámetro y espesor) mediante la fórmula del cilindro, evaluando la fiabilidad del método directo en objetos regulares.

En el método directo, se calculó el volumen de la moneda utilizando la fórmula del volumen de un cilindro, $V = \pi \times r^2 \times h$, donde r es el radio y h es la altura (espesor) de la moneda. Con un diámetro de 21.90 mm y un espesor de 1.10 mm, el volumen calculado fue de $0.4 \pm 0.001 \text{ cm}^3$. Este método es adecuado para objetos con formas regulares, como la moneda, ya que permite una medición precisa de las dimensiones lineales. Sin embargo, la precisión del método depende de la exactitud de las mediciones realizadas con el Vernier. Según Brown et al. (2021), "el método geométrico es confiable para objetos con formas regulares, siempre que las mediciones de las dimensiones sean precisas y se consideren las incertidumbres asociadas" (p. 45). En este caso, la incertidumbre en el volumen fue mínima (0.001 cm^3), lo que indica que el método directo es fiable para este tipo de objetos.

No obstante, es importante considerar que pequeñas irregularidades en la forma de la moneda, como bordes no perfectamente lisos o variaciones en el espesor, podrían introducir errores en el cálculo del volumen. Esto podría explicar la ligera discrepancia entre el volumen obtenido por este método y el obtenido por el método de Arquímedes. Además, la precisión del Vernier, aunque alta, tiene un límite, y cualquier error en la medición de las dimensiones se propaga al cálculo del volumen.

2. Analizar y determinar el volumen de la moneda a partir del desplazamiento de agua en una probeta, aplicando el principio de Arquímedes, y comparar este valor con el obtenido por el método geométrico para identificar posibles divergencias.

El método indirecto, basado en el principio de Arquímedes, arrojó un volumen de $0.5 \pm 0.7 \text{ cm}^3$. Este método se basa en el desplazamiento de agua causado por la inmersión de la moneda, lo que permite determinar su volumen de manera empírica. Según Petrucci et al. (2017), "el método de Arquímedes es particularmente útil para objetos irregulares, ya que no depende de la forma del objeto, sino del volumen de fluido desplazado" (p. 78). Sin embargo, en este caso, la incertidumbre asociada al volumen fue significativamente mayor (0.7 cm^3), lo que sugiere que este método puede ser menos preciso para objetos pequeños y de forma regular, como una moneda.

La discrepancia entre los volúmenes obtenidos por ambos métodos (0.4 cm^3 vs. 0.5 cm^3) puede atribuirse a varios factores. En primer lugar, el método de Arquímedes puede verse afectado por errores en la lectura del volumen en la probeta, especialmente cuando el cambio de volumen es pequeño, como en este caso (solo 0.5 mL). Además, la presencia de burbujas de aire adheridas a la superficie de la moneda podría haber causado un desplazamiento adicional de agua, lo que resultaría en una sobreestimación del volumen. Por otro lado, el método directo, aunque más preciso para objetos regulares, no tiene en cuenta posibles irregularidades en la forma de la moneda, lo que podría subestimar el volumen real.

En cuanto a la densidad, los valores obtenidos fueron 6 ± 0.13 g/cm³ (método A) y 5 ± 6.72 g/cm³ (método B). La gran incertidumbre en el método B refleja la imprecisión en la medición del volumen, lo que afecta directamente el cálculo de la densidad. Según Burns (2013), "la densidad es una propiedad intensiva que depende críticamente de la precisión en la medición tanto de la masa como del volumen" (p. 102). Por lo tanto, aunque ambos métodos proporcionaron valores cercanos, el método directo es más confiable para este tipo de objetos debido a su menor incertidumbre.

La Tabla No. 8 muestra la comparación entre los resultados de densidad obtenidos por el método A (tomado como "teórico" o referencia interna) y el método B (valor "práctico"). El error absoluto se reportó como 1.0 ± 6.7 g/cm³ lo cual indica que, si bien la diferencia nominal entre ambas mediciones es de 1 g/cm³, la gran incertidumbre asociada (± 6.7 g/cm³) hace que este valor sea poco concluyente. Por otro lado, el error porcentual de $17\% \pm 112\%$ refleja numéricamente la misma situación: la disparidad en los datos y la propagación de sus incertidumbres conducen a un rango muy amplio que dificulta la comparación.

En términos prácticos, esto sugiere que el método B (basado en el desplazamiento de agua, en este caso) podría haber presentado variaciones significativas en la medición de volumen, probablemente debido a la sensibilidad en la lectura del menisco o a la escasa diferencia de volumen que genera la moneda. Mientras el método A pareció más estable en sus variables (dimensiones y masa), el método B acumuló un mayor margen de error, provocando que la discrepancia relativa ($17\% \pm 112\%$) sea muy alta. Así, aunque se observe una diferencia nominal de 1 g/cm³, la gran dispersión en los datos de la segunda medición sugiere que no se puede descartar que ambos métodos den resultados similares si se reduce la incertidumbre en el método B.

En conclusión, el método directo demostró ser más preciso para calcular el volumen y la densidad de la moneda, mientras que el método de Arquímedes, aunque útil, presentó mayores incertidumbres debido a las limitaciones en la medición del desplazamiento de agua. Ambos métodos, sin embargo, son complementarios y su comparación permite identificar posibles fuentes de error en las mediciones experimentales.

IV. CONCLUSIONES

- Se calculó y comprobó el volumen de la moneda empleando sus medidas lineales, corroborándose la utilidad del método directo para objetos regulares, pues el valor obtenido se mantuvo dentro de un rango razonable al compararlo con la masa medida.
- Se analizó y determinó el volumen de la moneda por desplazamiento de agua, mostrándose ligeras diferencias con respecto al cálculo geométrico. Dichas variaciones se atribuyeron en gran parte a la incertidumbre en la lectura del menisco y a la precisión en la medición del espesor.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VI.I REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brown, T., Lemay, H., Bursten, B., & Murphy, C. (2014). Química: La ciencia central (12^a ed.). Editorial Pearson Education. Recuperado de <https://www.udocz.com/apuntes/903615/brown-quimica-la-ciencia-central-12va-edicion>
2. Chang, R., & Goldsby, K. (2018). Chemistry (13th ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://archive.org/details/Chemistry13thEditionChang>
3. Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). General Chemistry: Principles and Modern Applications (11th ed.). Pearson Education. Recuperado de <https://archive.org/details/GeneralChemistryPetrucci11th>
4. Atkins, P., & Jones, L. (2015). Chemical Principles: The Quest for Insight (6th ed.). W.H. Freeman. Recuperado de <https://archive.org/details/AtkinsJonesChemicalPrinciples6th>
5. Silberberg, M. (2017). Principles of General Chemistry (4th ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://archive.org/details/PrinciplesOfGeneralChemistry4thSilberberg>
6. Burns, R. (2013). Fundamentos de Química. Pearson Educación. Recuperado de https://quimica247403824.wordpress.com/wpcontent/uploads/2018/11/fundamentos_de_la_quimica2.pdf
7. Petrucci, H., Harwood, W., y Herring, F. (2017). Química General. Pearson Educación. Recuperado de https://quimica247403824.wordpress.com/wpcontent/uploads/2018/11/quimica_general_petrucci.pdf

VI.II REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

8. Banco de Guatemala. (s.f.). Aleación y peso unitario de las monedas en circulación de la República de Guatemala. [Archivo PDF]. Recuperado de: https://banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/monedasybilletes/Billetes_Monedas_Actual_Circulacion.pdf
9. Universidad de Colorado Boulder. (2023). PhET: Density. [Simulación interactiva]. Recuperado de: https://phet.colorado.edu/sims/html/density/latest/density_en.html

10. Optima Scale. (2024). Guía de uso y calibración de balanzas electrónicas. Recuperado de:
<https://www.optimascale.com/product-page/oph-t-precision-balances>
11. LibreTexts. (2021, 12 de julio). Density and Archimedes' Principle. Recuperado de:
https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Ancillary_Materials/Demos_Techniques_and_Experiments/General_Chemistry_Demonstrations/06._Solutions_and_Their_Properties/Density_and_Archimedes_Principle
12. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). (2022, 5 de mayo). Métodos de determinación de volumen de sólidos. Recuperado de :
<http://uned.example.org/recursos/matematicas-basicas/volumen-directo-indirecto/>

VI. APÉNDICE

VI.I DIAGRAMA DE EQUIPO

Tabla No.3

sistema de medición de masa

Sistema de medición de masa
Figura No.1 Diagrama de equipo para medición de masa  A photograph of a digital electronic scale placed on a black laboratory bench. A small circular glass dish containing a coin is on the scale's platform. A blue arrow points from a callout box labeled "Moneda" to the coin. Another blue arrow points from a callout box labeled "Cable de alimentación" to the power cord of the scale. A third blue arrow points from a callout box labeled "Vidrio de reloj" to the glass dish. The scale has a digital display and several buttons on its front panel. <p>Moneda</p> <p>Vidrio de reloj</p> <p>Balanza electrónica</p> <p>Cable de alimentación</p>
Fuente: Elaboración propia (2025).
Consideraciones del sistema
<p>Consideraciones de montaje:</p> <ul style="list-style-type: none">• Asegurarse de que la balanza electrónica se encuentre en una superficie plana y estable.• Verificar que el vidrio de reloj esté limpio y seco antes de colocarlo sobre el plato de la balanza.• Revisar que la balanza esté encendida y calibrada en cero. <p>Consideraciones de operación:</p> <ul style="list-style-type: none">• Ubicar cuidadosamente la moneda sobre el vidrio de reloj, evitando impactos bruscos.• Esperar a que la lectura de la balanza se stabilice antes de anotar la medición.

- Utilizar la función de tara si fuera necesario (por ejemplo, para anular la masa del vidrio de reloj).

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla No.4

Sistema de desplazamiento de agua

Sistema de desplazamiento de agua
Figura No.2
Diagrama de equipo para el desplazamiento volumétrico
Fuente: Elaboración propia (2025).
Consideraciones del sistema
Consideraciones de montaje: <ul style="list-style-type: none"> • Revisar que la probeta esté limpia y sin grietas, y que la superficie de apoyo sea firme. • Medir el volumen inicial de agua (ej. 20.0 mL) antes de insertar la moneda. • Tener la pipeta o piseta a mano para ajustar la cantidad de agua en caso de ser necesario.
Consideraciones de operación: <ul style="list-style-type: none"> • Introducir la moneda con cuidado para evitar que el agua salpique o se derrame. • Observar el nuevo nivel del líquido y anotar el volumen con la vista al ras del menisco.

- Al finalizar, retirar la moneda inclinando ligeramente la probeta vacía y recogiendo la moneda sin dañar la cristalería.

Fuente: Elaboración propia (2025).

VI.II DATOS OBTENIDOS

Tabla No.5

Datos obtenidos del método directo (Procedimiento A)

Descripción	Resultado
Diámetro de la moneda (Vernier)	$21.90 \pm 0.01 \text{ mm}$
Espesor de la moneda (Vernier)	$1.10 \pm 0.01 \text{ mm}$
Masa de la moneda (Balanza electrónica)	$2.40 \pm 0.05 \text{ g}$

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla No.6

Datos obtenidos del método indirecto (Procedimiento B)

Descripción	Resultado
Volumen inicial de agua en probeta	$20.0 \pm 0.5 \text{ mL}$
Volumen final (agua + moneda) en probeta	$20.5 \pm 0.5 \text{ mL}$

Fuente: Elaboración propia (2025).

VI.III DATOS CALCULADOS

Tabla No.7

Datos calculados de volumen

Descripción	Resultado
Volumen (método A)	$0.4 \pm 0.001 \text{ cm}^3$
Volumen (método B)	$0.5 \pm 0.7 \text{ cm}^3$

Fuente: Elaboración propia (2025).

VI.IV MUESTRA DE CALCULO

Cálculos	Formula	Descripción de variables	Ejemplo Numérico
Volumen (método A)	$V = \pi \times r^2 \times h$	<p>r = radio de la moneda ($\frac{d}{2}$), d es el diámetro medido.</p> <p>h = espesor de la moneda.</p>	<p>Datos originales: $d = 21.90 \pm 0.01 \text{ mm} \Rightarrow r = 10.95 \pm 0.01 \text{ mm}$; $h = 1.10 \pm 0.01 \text{ mm}$.</p> <p>Cálculo: $V = \pi \times (10.95 \text{ mm})^2 \times (1.10 \text{ mm}) = 376.96 \text{ mm}^3$</p> <p>Conversión: $1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3 \Rightarrow 376.96 \text{ mm}^3 = 0.4 \text{ cm}^3$.</p> <p>Incertidumbre:</p> $\pm xy \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{Y}\right)^2}$ $\pm (10.95)(10.95) \sqrt{\left(\frac{0.01}{10.95}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{10.95}\right)^2} = \pm 0.15 \text{ mm}^2$ $\pm (119.90)(1.10) \sqrt{\left(\frac{0.15}{119.90}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{1.10}\right)^2} = \pm 1.21 \text{ mm}^3 = 0.001 \text{ cm}^3$
Volumen (método B)	$V_{moneda} = V_{final} - V_{inicial}$	<p>$V_{inicial}$ = volumen de agua antes de sumergir la moneda.</p> <p>V_{final} = volumen tras sumergir la moneda.</p>	<p>Datos originales: $V_{inicial} = 20.0 \pm 0.5 \text{ mL}$ $V_{final} = 20.5 \pm 0.5 \text{ mL}$.</p> <p>Cálculo: $V_{moneda} = 20.5 - 20.0 = 0.5 \text{ mL} = 0.5 \text{ cm}^3$.</p> <p>Incertidumbre:</p> $\pm \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ $\pm \sqrt{(0.5)^2 + (0.5)^2} = 0.7 \text{ mL}$ $= 0.7 \text{ cm}^3$

Densidad (método A)	$\rho_A = \frac{m}{V_A}$	m = masa de la moneda. V_A = volumen calculado por formula geométrica.	Datos: masa = 2.40 ± 0.05 g, volumen (método A) = 0.4 ± 0.001 cm^3 Cálculo: $\rho_A = \frac{2.40\ g}{0.4\ cm^3} = 6\ \frac{g}{cm^3}$ Incertidumbre: $\pm \frac{x}{y} \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{Y}\right)^2}$ $\pm \frac{2.40}{0.4} \sqrt{\left(\frac{0.05}{2.40}\right)^2 + \left(\frac{0.001}{0.4}\right)^2} = 0.13\ \frac{g}{cm^3}$
Densidad (método B)	$\rho_B = \frac{m}{V_B}$	m = masa de la moneda. V_B = volumen calculado por desplazamiento de agua.	Datos: masa = 2.40 ± 0.05 g, volumen (método B) = 0.50 ± 0.7 mL (0.50 ± 0.7 cm^3) Cálculo: $\rho_B = \frac{2.40\ g}{0.50\ cm^3} = 5\ \frac{g}{cm^3}$ Incertidumbre: $\pm \frac{x}{y} \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{Y}\right)^2}$ $\pm \frac{2.40}{0.50} \sqrt{\left(\frac{0.05}{2.40}\right)^2 + \left(\frac{0.7}{0.50}\right)^2} = 6.72\ \frac{g}{cm^3}$
Error absoluto	$EA = \ \rho_A - \rho_B \ $ $\Delta EA = \sqrt{(\Delta \rho_A)^2 + (\Delta \rho_B)^2}$	ρ_A : Densidad teórica (método A). ρ_B : Densidad experimental (método B). $\Delta \rho$: Incertidumbre de cada método.	Datos: $\rho_A = 6.0\ \frac{g}{cm^3}, \Delta \rho_A = 0.13\ \frac{g}{cm^3}$ $\rho_B = 5.0\ g/cm^3, \Delta \rho_B = 6.72\ g/cm^3$ Cálculo: $EA = \ 6.0 - 5.0 \ = 1.0\ g/cm^3$ Incertidumbre: $\Delta EA = \sqrt{(0.13)^2 + (6.72)^2} = 6.7\ g/cm^3$

Error Porcentual	$EP = \left(\frac{EA}{\rho_A} \right) \times 100\%$ $\Delta EP = EP \times \sqrt{\left(\frac{\Delta EA}{EA} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \rho_A}{\rho_A} \right)^2}$	EA: Error absoluto. ΔEA : Incertidumbre del error absoluto. $\Delta \rho_A$: Incertidumbre del método A.	Datos: $EA = 1.0 \text{ g/cm}^3, \Delta EA = 6.7 \text{ g/cm}^3$ $\rho_A = 6.0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \Delta \rho_A = 0.13 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ Cálculos: $EP = \left(\frac{1.0}{6.0} \right) \times 100\% = 17\%$ Incertidumbres: $\Delta EP = 17\% \times \sqrt{\left(\frac{6.7}{1.0} \right)^2 + \left(\frac{0.13}{6.0} \right)^2} = 112\%$
------------------	---	---	--

VI.V ANÁLISIS DE ERROR

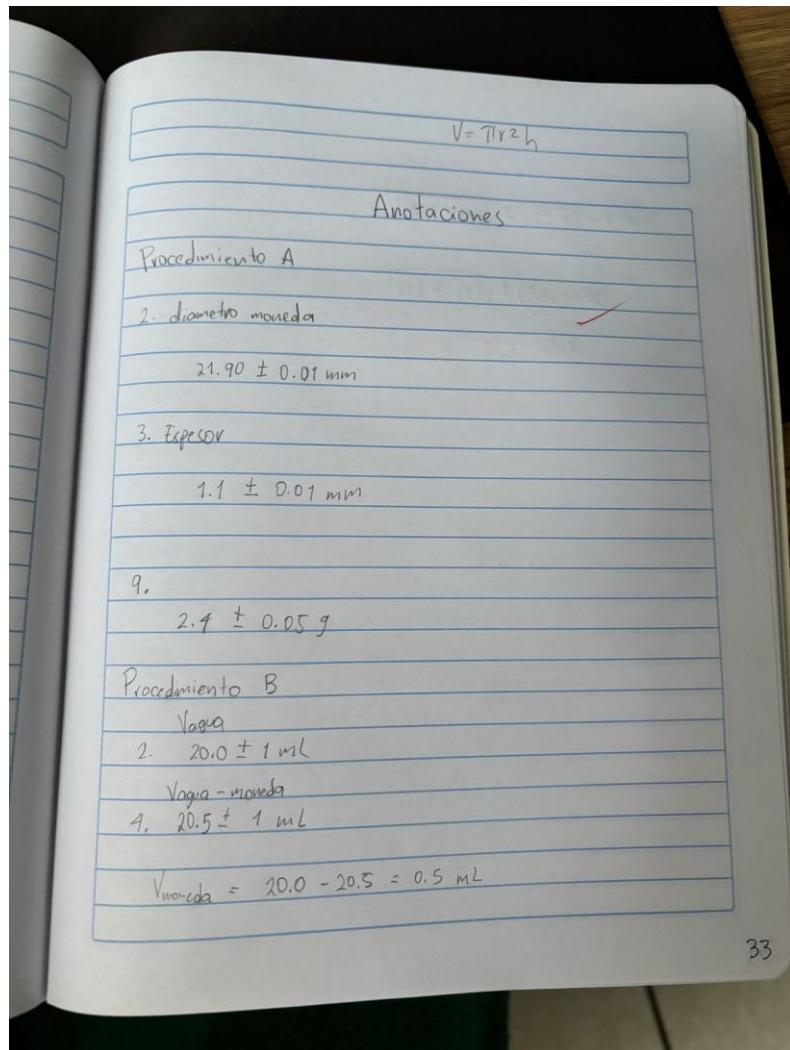
Tabla No.8

Análisis de error entre los métodos A y B

Descripción	Resultado
Error absoluto (método A respecto al método B)	$1.0 \pm 6.7 \text{ g/cm}^3$
Error porcentual (método A respecto al método B)	$17\% \pm 112\%$

Fuente: Elaboración propia (2025).

VII. ANEXOS



33

$$x - y = (\bar{x} - \bar{y}) \pm \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$
$$(20.0 - 20.5) \pm \sqrt{(1)^2 + (1)^2}$$
$$0.5 \pm 1$$