

Bitácora de laboratorio

Sergio Laverde* and Samuel Hernandez**
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
(Dated: 1 de marzo de 2025)

I. INFORMACIÓN

Este documento es propiedad de la Universidad de Los Andes. La práctica experimental se desarrolló el día 13 de febrero de 2025 de 4:00 a 8:00 pm en el laboratorio B-301 de la Universidad de Los Andes. Para contacto, escribir a alguno de los correos ubicados al final de esta página.

II. OBJETIVOS

En la práctica pretendemos estudiar propiedades de los campos magnéticos. Dentro de los objetivos tenemos lo siguiente: 1) Obtener valores para el momento magnético de nuestro sistema. 2) Estudiar el fenómeno de resonancia magnética nuclear. 3) Evidenciar la precesión del vector momento angular, provocada por un torque inducido por un campo magnético. 4) Calcular la fuerza que siente un dipolo magnético debido a su interacción con un campo magnético uniforme.

III. DATOS

Los datos obtenidos en la práctica y al pre-análisis desarrollado en Python se encuentran en Github <https://github.com/samuhdz/Laboratorio-Intermedio/blob/main/Torque%20Magn%C3%A9tico/Torque%20magn%C3%A9tico.xlsx>.

IV. MARCO TEÓRICO

Si consideramos un dipolo magnético, como un imán, este va a tener asociado un vector de momento magnético. Si tomamos un dipolo y lo sometemos a un campo magnético externo \vec{B} uniforme, se cumple que

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}. \quad (1)$$

Y la fuerza neta es cero. Si el campo no es uniforme se cumple que

$$\vec{F} = (\vec{\nabla} \cdot \vec{\mu}) \vec{B}.$$

Por último, si se trabaja con un imán, este puede ser modelado por un bucle circular de área A y corriente \vec{I} . En este caso

$$\vec{\mu} = I \vec{A}.$$

V. MONTAJE EXPERIMENTAL Y METODOLOGÍA

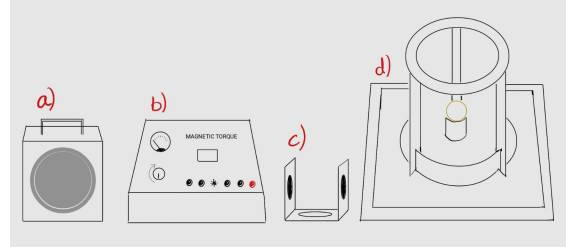


Figura 1. Montaje experimental.

Consiste en: a) Estroboscopio, b) Unidad de control: modifica el campo magnético y el bombeo de aire hacia la unidad principal, c) Imanes, d) Unidad principal: arreglo de bobinas y torre de plástico con resorte en su interior, allí se ubica la bola de resina.

Además del montaje experimental mostrado en la figura 1, para el desarrollo del experimento también se hace uso de una bola de resina fenólica (Aramith) con imán cilíndrico permanente, varas delgadas de aluminio con anillos plásticos, esferas metálicas y un imán permanente. La metodología implementada es la siguiente:

A. Actividad 1: Equilibrio Estático.

Ubicando la bola con varilla y pesa instaladas en la unidad principal, se realiza la medición del radio de la bola, la masa de la pesa y la longitud de la manija. Se procedió a verificar que el campo magnético apunte en dirección vertical, el gradiente de campo apagado

* Correo institucional: s.laverdeg@uniandes.edu.co

** Correo institucional: sm.hernandezc1@uniandes.edu.co

y que la unidad principal esté nivelada. Se ubicó la pesa sobre la varilla y midió la distancia r . Luego, se encendió la fuente de aire y ajustó la corriente hasta aproximadamente 2A. Se posicionó la bola de manera que la varilla forme un ángulo de 90° con respecto a la vertical. Se Modificó la corriente hasta que la bola se mantenga estable en dicho ángulo y registró la corriente. Se repitió este proceso para 7 posiciones de la pesa distintas.

B. Actividad 2: Oscilación Armónica.

Se encendió el aire, se midió la masa de la bola y se ubicó en la unidad principal. Se Incrementó la corriente a un rango entre 1A y 1.5A. Con la mano, se ajustó la bola de manera que la manija experimente un pequeño desplazamiento angular respecto a la vertical, que corresponde a la dirección del campo magnético. Luego, se soltó la manija para que la bola oscilara libremente. Se registró el valor de la corriente y se midió el tiempo que le tardó a la bola realizar 20 oscilaciones. Se repitió el procedimiento para al menos 10 valores diferentes de corriente/campo magnético.

C. Actividad 3: Precesión.

Primero, se verificó que el momento angular apunte en la misma dirección del momento magnético y que el gradiente de campo magnético este apagado. Con la fuente de aire encendida y la corriente ajustada a 0A, se hizo girar la bola evitando que su eje se alineara con la vertical para observar el fenómeno de precesión. La rotación se ajustó de manera que el momento angular apuntara en la dirección deseada. Utilizando un estroboscopio, se midió la frecuencia de rotación, ajustándola entre 4 Hz y 6 Hz hasta que el punto blanco en la manija negra pareciera estático. Posteriormente, se aumentó la corriente a 1A y se registró el período de precesión, midiendo el tiempo que la bola tardó en completar un ciclo de oscilación alrededor de su eje. Este procedimiento se repitió tres veces para cada corriente aplicada, y a partir de los datos obtenidos, se calculó un valor promedio. Luego, el procedimiento se repitió incrementando la corriente en pasos de 0.5A hasta alcanzar 4A. Finalmente, se obtuvo una tercera medición independiente del momento magnético utilizando la relación entre la frecuencia de precesión y el campo magnético.

D. Actividad 4: Resonancia magnética.

Se acopló el sistema de imanes a la unidad principal. Con la fuente de aire encendida y el gradiente de campo magnético apagado, se hizo girar la bola de resina para alinear su momento angular con la manija negra. Luego, se incrementó la corriente a 2A y se observó el fenómeno de precesión. Posteriormente, los imanes en la base de madera se giraron manualmente a la frecuencia de Larmor hasta que la manija negra quedó perpendicular al campo magnético. Se analizó su orientación con respecto a la vertical y se interpretó utilizando las ecuaciones del Ejercicio 1, considerando un campo magnético rotatorio. Finalmente, se giraron los imanes en dirección opuesta a la precesión con la frecuencia de Larmor y luego en la misma dirección, pero con una frecuencia distinta. Esto permitió observar el efecto de resonancia magnética y analizar cómo la variación de la frecuencia del campo rotatorio influye en el comportamiento del sistema.

VI. ANÁLISIS PRELIMINAR

A. Actividad 1: Equilibrio Estático.

En este documento se reportan los resultados obtenidos en la práctica de Torque Magnético. El principal objetivo de esta práctica es determinar el momento angular magnético de la bola de resina. Esto se hace por medio de tres técnicas. Adicionalmente, queremos evidenciar cualitativamente el fenómeno de resonancia magnética. Empecemos con el cálculo del momento magnético μ . En la primera actividad se presenta un enfoque teóricamente ingenioso, pero ineficiente en la práctica. Le colocamos una varilla de masa M con una tuerca de masa m . Esto inducirá unos torques adicionales que queremos que se equilibren para cierto valor de B . La relación que usaremos será

$$rmg = \mu B - DMg. \quad (2)$$

Donde r es la distancia del eje de giro hasta la pesa y D la distancia del eje de giro hasta el centro de masa de la varilla. Modificamos B al variar la corriente. Estos se relacionan con esta regla

$$B = 1,356 \times 10^{-3} \frac{T}{A} \cdot I.$$

Notemos que para estimar μ solo requerimos de la pendiente de la ecuación (1). Antes de graficar reportamos las constantes, con sus incertidumbres, que usaremos a lo largo de esta bitácora.

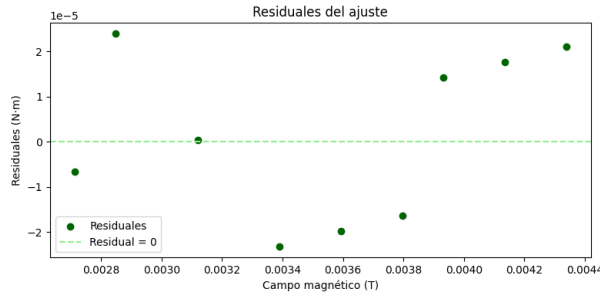
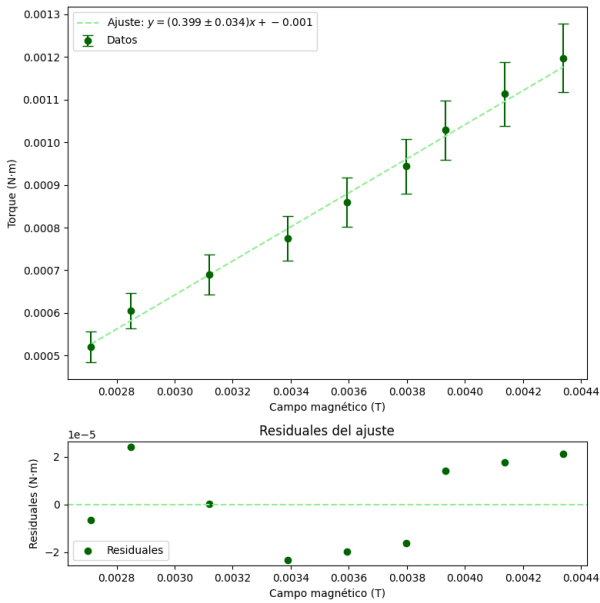


Figura 2. Ajuste lineal de torques con residuales. Podemos apreciar unos buenos residuales, bastante aleatorios. El valor para μ al que llegamos fue de $0,40 \pm 0,03$



B. Actividad 2: Oscilación Armónica.

Los principales objetivos de esta actividad son: observar una relación lineal entre el cuadrado del periodo de oscilación y el inverso de la magnitud del campo magnético, y la medición del momento magnético de la bola de resina.

En la tabla I se presentan los datos obtenidos con incertidumbres.

En la figura 3 se puede apreciar una tendencia lineal como se espera de acuerdo a la teoría.

$I \pm 0.05$ (A)	$T \pm 0.05$ (s)	T^2 (s^2)	ΔT^2 (s^2)	$\frac{1}{B}$ ($1/T$)	$\Delta \frac{1}{B}$ ($1/T$)
1	1,608	2.6	0.2	740	40
1,1	1,6035	2.6	0.2	670	30
1,2	1,5155	2.3	0.2	610	30
1,3	1,45	2.1	0.1	570	20
1,4	1,388	1.9	0.1	530	20
1,5	1,3665	1.9	0.1	490	20
1,6	1,3145	1.7	0.1	460	10
1,7	1,2985	1.7	0.1	430	10
1,8	1,2285	1.5	0.1	410	10
1,9	1,198	1.4	0.1	390	10

Cuadro I. Datos obtenidos para corriente (I), periodo de oscilación (T) y el cuadrado de este (T^2), inverso de magnitud de campo eléctrico ($\frac{1}{B}$) con sus respectivas unidades e incertidumbres.

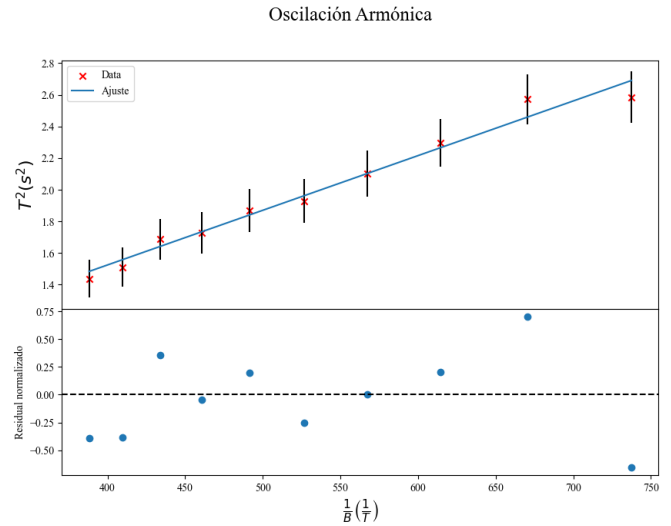


Figura 3. Oscilación Armónica.

Se presentan los datos obtenidos del movimiento armónico presentado por la bola de resina.

C. Actividad 3: Precesión.

Ahora para la actividad 3, debido a una confusión en la guía y despiste, tomamos solo 3 datos...entonces las gráficas van a ser muy poco confiables. Además de todo, parece haber un error en el código con el que se generan las gráficas y no hemos podido corregirlo. Por estas razones, los valores obtenidos para los parámetros son ridículos.

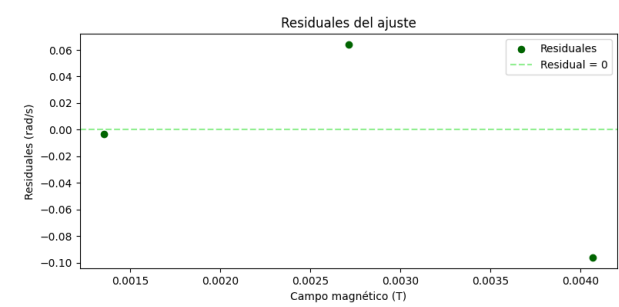
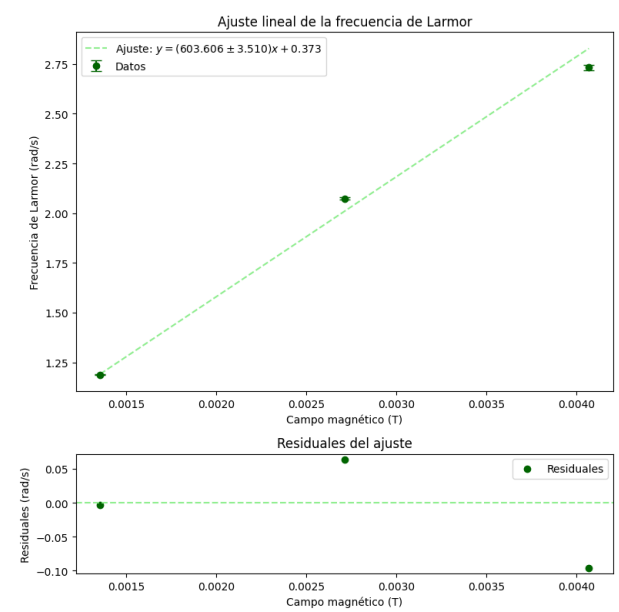


Figura 4. Ajuste lineal de Ω en función de B . Como podemos ver, hay muy pocos datos y fuera de eso los parámetros son ridículos. Esto es a corregir para el informe.

D. Actividad 4: Resonancia magnética.



Cuando se giró el campo magnético horizontal a la frecuencia de Larmor se observó que la manija negra cayó. Cuando se giró a la frecuencia de Larmor en sentido contrario se observó que la manija negra subió. Cuando se giró a una frecuencia distinta no se observó un comportamiento en concreto.