

# LEY DE GAUSS EN EL MAGNETISMO

**Autores:** Andres Bueno Cardona, Daniel Alejandro Castro Escobar, Diana Camila Martínez Soto, Laura Valentina Revelo Villareal, Jeanpaul Atkinson Vidales Gallego

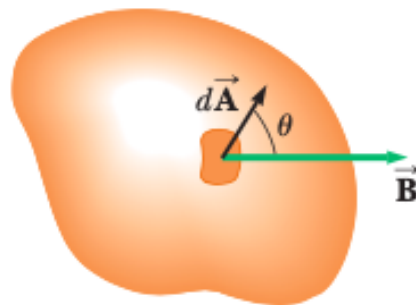
## INTRODUCCIÓN

La Ley de Gauss en el magnetismo es un principio fundamental que establece las características del flujo magnético a través de superficies en un campo magnético, señalando que *el flujo magnético a través de cualquier superficie cerrada es nulo*. A diferencia de la ley de Gauss en el campo eléctrico, que se relaciona con la carga eléctrica y establece la relación entre el flujo eléctrico y la carga neta en su interior, esta ley nos ofrece una perspectiva diferente sobre cómo se comportan las líneas de campo magnético. Mientras que en el campo eléctrico las líneas de campo se originan y terminan en cargas eléctricas, en el campo magnético forman espiras cerradas, lo que sugiere un comportamiento distinto y peculiar. A través de la comprensión de este principio, podemos explorar y aprovechar las propiedades del magnetismo en una amplia gama de contextos. A continuación, explicamos esta ley con más detalle.

## DESARROLLO DEL PROBLEMA

### i) Análisis formal

El flujo asociado al campo magnético se define de manera similar a la forma con la cual se define el flujo eléctrico a través de una superficie, en este caso se toma un elemento de área  $d\mathbf{A}$  sobre una superficie y se nota que el flujo magnético a través de la superficie es igual al *vector  $\mathbf{B} \times$  vector  $d\mathbf{A}$* . Donde  $d\mathbf{A}$  es un vector perpendicular a la superficie cuya magnitud es igual al área  $dA$  [Figura 1].



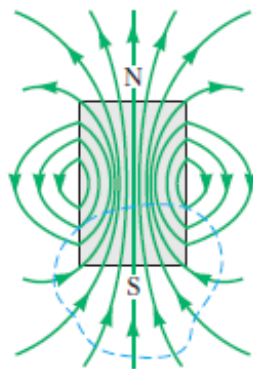
**Figura 1.** El flujo magnético a través de un elemento de área  $dA$  es  $\vec{B} \cdot d\vec{A} = B dA \cos\theta$ , donde  $d\vec{A}$  es un vector perpendicular a la superficie.

Entonces, el flujo magnético  $\phi_B$  a través de una superficie se define por la integral de superficie:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

Al resolver la expresión de flujo magnético en base a la [figura 1], notamos que el flujo a través de la superficie alcanza su valor máximo cuando el ángulo entre la superficie y las líneas del campo magnético es de  $0^\circ$ , es decir son paralelos. Esto indica que cuando el ángulo entre la superficie y las líneas del campo magnético es de  $90^\circ$ , el flujo será nulo, es decir son perpendiculares. Es importante saber que la unidad del flujo magnético es el *weber*:  $1\text{wB} = 1\text{T} \cdot \text{m}^2$ .

Como se ha estudiado anteriormente, las líneas de campo eléctrico pueden ser visualizadas como líneas de campo que se alejan de las cargas positivas y convergen hacia las cargas negativas. En los campos magnéticos, por el contrario, las líneas de campo crean bucles cerrados y no tienen un inicio o fin en ningún punto. Por esta razón, la Ley de Gauss establece que el flujo magnético a través de cualquier superficie cerrada es nulo, asegurando que el número total de líneas de campo que entran en una superficie cerrada es igual al que sale de ella [Figura 2].



**Figura 2.** Líneas de campo magnético de un imán de barra forman espiras cerradas

La ecuación (1) muestra que la ley de Gauss del campo magnético establece que el flujo magnético neto a través de cualquier superficie cerrada siempre es igual a 0, pues como se menciona anteriormente, el flujo magnético total que entra en una superficie cerrada debe ser igual al flujo magnético total que sale de la superficie, lo que puede ser reescrito como:

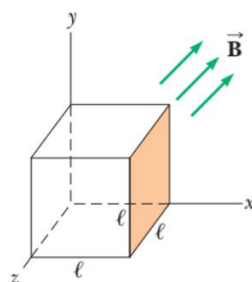
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2)$$

Una implicación de esto es que los monopolos magnéticos no pueden existir, ya que la materia, desde el nivel atómico, se comporta como un dipolo magnético, lo que destaca la propiedad fundamental de los campos magnéticos, es decir: tienen polos norte y sur, y sus líneas de campo siempre forman bucles cerrados. Hasta el momento no se ha encontrado evidencia experimental de la existencia de monopolos magnéticos en la naturaleza, pues los científicos han buscado de manera exhaustiva y no han tenido éxito, lo que indica que los monopolos magnéticos aún son solo una hipótesis. Esta ausencia de monopolos magnéticos es una de las razones fundamentales por las cuales el campo magnético se comporta de manera distinta al campo eléctrico. La Ley de Gauss es una de las cuatro ecuaciones de Maxwell, las cuales se encargan de describir cómo se comportan los campos eléctricos y magnéticos y cómo interactúan con la materia, siendo esenciales para comprender los principios fundamentales de la electricidad, el magnetismo y la propagación de las ondas electromagnéticas.

**ii) Problema y solución: Ejercicio 39. Sección 30.5**

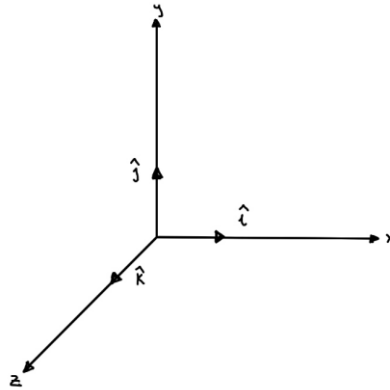
**Sección 30.5 Ley de Gauss en el magnetismo**

**39.** Un cubo con aristas de longitud  $\ell = 2.50$  cm se coloca como se muestra en la figura P30.39. En la región existe un campo magnético uniforme conocido por la expresión  $\vec{B} = (5\hat{i} + 4\hat{j} + 3\hat{k})$  T. a) Calcule el flujo a través de la cara sombreada. b) ¿Cuál es el flujo total a través de las seis caras?



**Figura P30.39**

- a) En primer lugar se debe plantear el sistema de referencia de la situación física, definiendo la dirección de los vectores  $\hat{i}$ ,  $\hat{j}$  y  $\hat{k}$  en nuestro espacio. Estos vectores quedan de la siguiente manera:



Sabemos que el flujo de campo magnético a través de la cara sombreada se puede calcular a través de la ley de Gauss:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

Es decir, el campo magnético en esta cara está dado por el producto punto entre el vector campo magnético y el vector área.

Recordemos que la cara sombreada del cubo, que está en el plano yz, se puede expresar vectorialmente en términos de nuestro sistema de referencia como:

$$\vec{A} = A\hat{i} = l^2\hat{i} = (0,025m)^2\hat{i} = 6,25 \times 10^{-4}m^2\hat{i}$$

$$\vec{A} = (6,25 \times 10^{-4}\hat{i} + 0\hat{j} + 0\hat{k})m^2$$

Y como nuestro vector campo magnético es:

$$\vec{B} = (5\hat{i} + 4\hat{j} + 3\hat{k})T$$

Entonces el flujo de campo magnético a través de la cara es:

$$\Phi_B = (5\hat{i} + 4\hat{j} + 3\hat{k})T \cdot (6,25 \times 10^{-4}\hat{i} + 0\hat{j} + 0\hat{k})m^2$$

Ahora, resolvemos el producto escalar:

$$\Phi_B = (5T \times 6,25 \times 10^{-4}m^2) + (4T \times 0m^2) + (3T \times 0m^2)$$

$$\Phi_B = 5T \times 6,25 \times 10^{-4}m^2$$

$$\Phi_B = 3,125 \times 10^{-3}T \cdot m^2$$

$$\Phi_B = 3,125 \times 10^{-3}Wb$$

$$\Phi_B = 3,125 mWb$$

Obteniendo así el flujo de campo magnético en dicha cara del cubo.

- b) Para obtener el flujo total de campo magnético en las seis caras del cubo, debemos plantear la integral de superficie cerrada:

$$\Phi_B = \oint \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Sin embargo, recordemos que la Ley de Gauss para el magnetismo, establece que para cualquier superficie cerrada, el flujo magnético neto es cero:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\Phi_B = 0$$

Por lo tanto, el flujo total a través de las seis caras del cubo es nulo.

## CONCLUSIONES

Una de las aplicaciones de la Ley de Gauss en el magnetismo es el diseño y funcionamiento de dispositivos de almacenamiento de datos magnéticos, como discos duros y cintas magnéticas, la comprensión de las propiedades magnéticas, en particular del flujo magnético, es fundamental para lograr altas densidades de almacenamiento y una lectura precisa de los datos. Además, en el campo de la medicina, la resonancia magnética utiliza campos magnéticos para generar imágenes detalladas del interior del cuerpo humano, y la Ley de Gauss es esencial en el diseño y funcionamiento de los imanes superconductores que estos dispositivos emplean. Asimismo, en la industria de motores eléctricos, esta ley asegura un movimiento fluido de las

bobinas, reduciendo pérdidas de energía por fricción y calor, mejorando así la eficiencia del motor.

En general, la Ley de Gauss para el Magnetismo es un principio fundamental en el estudio del electromagnetismo y es esencial para entender diversos fenómenos relacionados con los campos magnéticos, como la inducción magnética, el comportamiento de los materiales magnéticos y la interacción de los campos magnéticos con las corrientes eléctricas.

## **REFERENCIAS**

[1] Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). Física para Ciencias e Ingeniería (Vol. 2) (7th ed.). Cengage Learning.

[2] M. M. (2024, enero 14). Ley de Gauss para el magnetismo. Electricity - Magnetism. <https://www.electricity-magnetism.org/es/ley-de-gauss-para-el-magnetismo-definicion-calculo-y-aplicacion/>