

# -20-

## CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR CONDUCTORES

### OBJETIVO.

- Medir y estudiar el campo magnético creado en el exterior de distintos conductores por los que circula una corriente eléctrica.

### MATERIAL.

- Guía, soporte y pinza para sonda.
- Sonda magnética.
- Fuente de alimentación de 0 a 15 V de corriente alterna.
- Transformador de alta intensidad (1:100 ) amperios.
- Amperímetro.
- Teslámetro.
- Conjunto de dos conductores (espira circular y conductor rectilíneo).

### FUNDAMENTO TEÓRICO.

Cuando una carga puntual  $q$  se mueve con velocidad  $\vec{v}$ , se produce en un punto  $P$  situado a una distancia  $\vec{r}$  de la carga un campo magnético  $\vec{B}$  según la expresión:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \quad (1)$$

( $\vec{r}$  en el sentido desde la carga al punto). Por tanto,  $\vec{B}$  es un vector perpendicular al plano que contiene a  $\vec{v}$  y a  $\vec{r}$  y de magnitud proporcional a  $\text{sen } \varphi$ , donde  $\varphi$  es el ángulo formado por los vectores  $\vec{v}$  y  $\vec{r}$ .

La constante  $\mu_0$  se denomina permeabilidad magnética del vacío y su valor es:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot \text{s} / \text{A} \cdot \text{m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$$

En un caso más general en el que en lugar de una sola carga tenemos una corriente  $I$  circulando a lo largo de un conductor, el campo en un punto  $P$ , situado a una distancia  $\vec{r}$  del conductor, se obtiene integrando a lo largo del mismo. Reemplazando en la ecuación (1)  $q\vec{v}$  por  $I d\vec{l}$ , se tiene que el campo total será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint I d\vec{l} \times \vec{r} / r^3 \quad (2)$$

que es el enunciado de la Ley de Biot y Savart. La expresión (2) es la que aplicaremos para calcular teóricamente el campo magnético creado por los conductores en un punto  $P$ .

A diferencia del campo eléctrico,  $\vec{B}$  es perpendicular tanto a la dirección radial al punto  $P$  (dirección de  $\vec{r}$ ) como a la del elemento de corriente ( $I d\vec{l}$ ).

En esta práctica se analizará el campo magnético creado en el entorno de dos conductores para los que la expresión del correspondiente campo  $\vec{B}$  es sencilla gracias a su geometría: la espira circular y el conductor rectilíneo.

**a) Conductor rectilíneo infinito:**

El módulo del campo en este caso viene dado por la expresión:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \quad (3)$$

donde  $I$  es la corriente que circula por el conductor y  $R$  es la distancia del conductor al punto en que se mide el campo. La dirección del campo está contenida en el plano perpendicular al conductor y su sentido viene dado por la regla de la mano derecha (agarrando el conductor con la mano derecha, si mi dedo pulgar apunta en el sentido de la corriente, los dedos que rodean el conductor apuntan en el sentido del campo).

Es importante notar que la ecuación (3) constituye la aproximación del conductor infinito, válida cuando el conductor es muy largo o el punto donde se mide el campo muy cercano a él.

**b) Campo magnético creado por una espira circular.**

Vamos a considerar sólo el campo en un punto situado sobre el eje de la espira. Por simetría sólo quedan las componentes de  $B$  paralelas al eje y aplicando la fórmula de Biot y Savart se llega a:

$$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2\sqrt{(x^2 + a^2)^3}} \quad (4)$$

donde  $a$  es el radio de la espira y  $x$ , la distancia al centro. Es fácil comprobar que el campo es máximo en el centro ( $x = 0$ ):

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a} \quad (5)$$

**MÉTODO EXPERIMENTAL.**

La disposición del experimento es la siguiente: Una fuente de alimentación regulable proporciona una intensidad de corriente variable que se hace circular por el conductor. La sonda está conectada a un teslámetro, las medidas se realizan en la escala de  $10^{-3}$  Teslas. La sonda está sujeta sobre un pie, cuya altura puede regularse, que se encuentra colocado sobre un banco graduado en mm, permitiendo la medida precisa de distancias. El extremo de la sonda mide sólo aquella componente del campo que tiene la misma dirección que su eje, por eso es importante situar la sonda perpendicular al plano del conductor lo más exactamente posible.

Un transformador de corriente se sitúa intercalado en el conductor utilizando el espacio libre de éste. La función del transformador es multiplicar la intensidad por un factor cien para que pueda ser leída por el amperímetro.

**1. ESPIRA CIRCULAR :**

Se realizan dos tipos de medidas:

- a) Situamos la sonda en el centro y para varias intensidades, mínimo diez, anotamos la lectura del teslámetro (para saber si realmente es el centro de la espira, trasladamos la sonda paralelamente a sí misma, hasta tener el máximo del campo magnético).
- b) Colocamos la sonda en el eje de la espira y la desplazamos con cuidado manteniendo la dirección perpendicular al plano de la misma. Se toman medidas con el teslámetro para diferentes distancias ( $x$ ), a ambos lados del plano de la espira, manteniendo fija la intensidad de corriente (30 A). Debe tenerse en cuenta que  $x = 0$  cuando la sonda está en el plano de la espira.

## 2. CONDUCTOR RECTILÍNEO:

Se medirá el campo  $B$ , para una intensidad fija (40 A), a la izquierda y a la derecha del conductor, para las distancias indicadas en la hoja de datos, moviendo la sonda en sentido horizontal. Se procurará colocarla equidistante de los extremos del conductor.

## RESULTADOS EXPERIMENTALES.

### 1. Espira circular:

- a. Indica en una tabla los valores del campo magnético  $B$  en función de la distancia al centro de la espira  $x$ . Representa gráficamente los datos, con las barras de error experimentales. Midiendo el radio de la espira, compara los puntos experimentales con los teóricos que se obtendrían de la expresión (4) en la misma gráfica y comenta la comparación, intentando dar explicaciones a las posibles diferencias.
- b. Representa los valores del campo  $B$  (con barras de error) en función de la intensidad de corriente  $I$ . Realiza un ajuste lineal,  $B = mI + c$ , (si las medidas están bien hechas,  $c$  debe ser próximo a 0) calculando las incertidumbres en los parámetros  $m$  (pendiente) y  $c$  (ordenada en el origen). Comprueba si el valor de  $c$  es compatible con 0. A partir de la pendiente, obtén el valor de  $\mu_0$  y su incertidumbre. Indica si el valor obtenido es compatible con el valor teórico y cuál es su error relativo respecto del valor teórico.

### 2. Conductor rectilíneo:

- a. Haz una tabla con los valores medidos del campo  $B$  en función de la distancia. ¿Hay diferencias entre los valores hallados hacia la derecha y hacia la izquierda? Razona la respuesta. Calcula el campo  $B_{teo}$  a partir de la expresión (3). Representa en una misma gráfica los valores medidos (con barras de error) y los teóricos y compara y comenta los resultados.

## IMPORTANTE:

- 1) Todos los resultados deben estar correctamente presentados:

**(VALOR  $\pm$  ERROR) UNIDAD**

- 2) Los errores se redondean a **2 cifras significativas**.
- 3) Los errores de las medidas indirectas se calculan con la fórmula de propagación cuadrática de errores.
- 4) Las gráficas deben realizarse con ordenador o en papel milimetrado.