

# Apuntes Detallados de Campo Electromagnético y Corrientes

10 de octubre de 2025

# Índice

<b>1. Introducción al Electromagnetismo</b>	<b>3</b>
1.1. Carga Eléctrica y Ley de Coulomb . . . . .	3
1.2. Campo Eléctrico ( $\vec{E}$ ) . . . . .	3
<b>2. Campo Magnético (<math>\vec{B}</math>)</b>	<b>3</b>
2.1. Fuerza Magnética (Ley de Lorentz) . . . . .	3
2.2. Fuentes del Campo Magnético . . . . .	3
2.2.1. Ley de Biot-Savart . . . . .	3
2.2.2. Ley de Ampère . . . . .	4
<b>3. Inducción Electromagnética</b>	<b>4</b>
3.1. Ley de Faraday de la Inducción . . . . .	4
3.2. Ley de Lenz . . . . .	4
3.3. Ecuaciones de Maxwell (Resumen) . . . . .	4
<b>4. Corriente Continua (DC)</b>	<b>4</b>
4.1. Conceptos Básicos . . . . .	5
4.2. Ley de Ohm . . . . .	5
4.3. Potencia Eléctrica en DC . . . . .	5
4.4. Circuitos en DC (Leyes de Kirchhoff) . . . . .	5
4.4.1. Asociación de Resistencias . . . . .	5
<b>5. Corriente Alterna (AC)</b>	<b>5</b>
5.1. Conceptos Fundamentales . . . . .	5
5.2. Valores Eficaces (RMS) . . . . .	6

# 1. Introducción al Electromagnetismo

El electromagnetismo es la rama de la física que estudia las interacciones entre partículas con carga eléctrica en reposo (electrostática) y en movimiento (electrodinámica), así como los campos magnéticos que estas generan. Es una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza.

## 1.1. Carga Eléctrica y Ley de Coulomb

La carga eléctrica es una propiedad intrínseca de la materia. Se mide en Coulombs (C). La **Ley de Coulomb** describe la fuerza ( $\vec{F}$ ) entre dos cargas puntuales ( $q_1$  y  $q_2$ ) separadas por una distancia  $r$ :

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

Donde  $k$  es la constante de Coulomb ( $k \approx 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ).

## 1.2. Campo Eléctrico ( $\vec{E}$ )

El campo eléctrico es la región del espacio donde una carga de prueba  $q_0$  experimenta una fuerza. Se define como la fuerza por unidad de carga:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

Para una carga puntual  $Q$ :

$$\vec{E} = k \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

# 2. Campo Magnético ( $\vec{B}$ )

El campo magnético se origina por cargas eléctricas en movimiento (corrientes) o por materiales magnetizados. Se mide en Teslas (T).

## 2.1. Fuerza Magnética (Ley de Lorentz)

Una carga  $q$  moviéndose con velocidad  $\vec{v}$  dentro de un campo magnético  $\vec{B}$  experimenta una fuerza  $\vec{F}_B$ :

$$\vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Si consideramos también el campo eléctrico, la **Fuerza de Lorentz** total es:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

## 2.2. Fuentes del Campo Magnético

### 2.2.1. Ley de Biot-Savart

Esta ley permite calcular el campo magnético  $\vec{B}$  generado por un segmento infinitesimal  $d\vec{l}$  de corriente  $I$  a una distancia  $r$ :

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

Donde  $\mu_0$  es la permeabilidad del vacío.

### 2.2.2. Ley de Ampère

La Ley de Ampère relaciona el campo magnético con la corriente eléctrica que lo produce. Su forma integral es:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{encerrada}}$$

Se utiliza para calcular  $\vec{B}$  en sistemas con alta simetría (solenoides, toroides, cables largos).

## 3. Inducción Electromagnética

La inducción es el fenómeno que vincula los campos eléctricos y magnéticos, mostrando que un campo magnético variable puede generar una corriente eléctrica.

### 3.1. Ley de Faraday de la Inducción

La Ley de Faraday establece que una fuerza electromotriz (FEM,  $\mathcal{E}$ ) inducida en un circuito es igual al negativo de la tasa de cambio del flujo magnético ( $\Phi_B$ ) a través del circuito:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Donde el flujo magnético es  $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ .

### 3.2. Ley de Lenz

El signo negativo en la Ley de Faraday es la **Ley de Lenz**, que establece que la corriente inducida siempre fluye en una dirección tal que su propio campo magnético se opone al cambio de flujo que la produjo.

### 3.3. Ecuaciones de Maxwell (Resumen)

Las cuatro ecuaciones de Maxwell son la base del electromagnetismo clásico, unificando todos los fenómenos eléctricos y magnéticos:

1. Ley de Gauss para el campo eléctrico.
2. Ley de Gauss para el campo magnético (no existen monopolos magnéticos).
3. Ley de Faraday de la inducción.
4. Ley de Ampère-Maxwell (incluye la corriente de desplazamiento).

## 4. Corriente Continua (DC)

La Corriente Continua (DC o CC) es el flujo de carga eléctrica que va en una sola dirección. Es producida por pilas, baterías y fuentes de alimentación DC.

## 4.1. Conceptos Básicos

- **Corriente ( $I$ ):** Tasa de flujo de carga,  $I = \frac{dQ}{dt}$ . Se mide en Amperios (A).
- **Resistencia ( $R$ ):** Oposición al flujo de corriente. Se mide en Ohmios ( $\Omega$ ).
- **Voltaje ( $V$ ):** Energía potencial eléctrica por unidad de carga (FEM o diferencia de potencial). Se mide en Voltios (V).

## 4.2. Ley de Ohm

La Ley de Ohm es la relación fundamental entre estas tres magnitudes en un conductor óhmico:

$$V = I \cdot R$$

## 4.3. Potencia Eléctrica en DC

La potencia eléctrica ( $P$ ) disipada por una resistencia:

$$P = V \cdot I = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

## 4.4. Circuitos en DC (Leyes de Kirchhoff)

- **Ley de Corrientes (Nodo):** La suma algebraica de las corrientes que entran en un nodo es cero.  $\sum I_{\text{entrantes}} = \sum I_{\text{salientes}}$ .
- **Ley de Voltajes (Malla):** La suma algebraica de las diferencias de potencial (voltajes) alrededor de cualquier lazo cerrado es cero.  $\sum V = 0$ .

### 4.4.1. Asociación de Resistencias

- **Serie:**  $R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + \dots$
- **Paralelo:**  $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

## 5. Corriente Alterna (AC)

La Corriente Alterna (AC o CA) es el flujo de carga que invierte su dirección periódicamente. Es la forma de electricidad que se distribuye a hogares e industrias.

### 5.1. Conceptos Fundamentales

La variación temporal de voltaje y corriente en AC es típicamente sinusoidal:

$$v(t) = V_{\text{máx}} \sin(\omega t + \phi)$$

Donde:

- $V_{\text{máx}}$ : Voltaje pico o amplitud.
- $\omega = 2\pi f$ : Frecuencia angular (en rad/s).
- $f$ : Frecuencia (en Hz). En muchos países  $f = 50$  o  $60$  Hz.

## 5.2. Valores Eficaces (RMS)

Para comparar la potencia de AC con DC, se utiliza el valor cuadrático medio (RMS, por sus siglas en inglés).