

Fenómenos Eléctricos

Rosa María Hernández Ramos

2 de noviembre de 2004

Índice

1. Electricidad Estática.	4
1.1. Carga Eléctrica.	4
1.2. Ley de Coulomb.	4
1.3. Principio de Superposición.	5
1.4. Campo Eléctrico.	5
1.5. Líneas de Fuerza.	5
1.6. Potencial Eléctrico.	6
2. Comportamiento de la Electricidad.	6
3. Magnitudes Eléctricas Fundamentales.	7
3.1. Fuerza Electromotriz.	7
3.2. Diferencia de Potencial.	7
3.3. Intensidad de Corriente.	7
4. Resistencia Eléctrica.	8
4.1. Concepto de Resistencia Eléctrica.	8
4.2. Cálculo de la resistencia de un co0nductor.	8
5. Ley de Ohm.	9
6. Energía y Potencia Eléctrica.	9
7. Efecto Joule.	10
8. Actividades.	10
9. Prácticas.	11
9.1. Normas de seguridad.	12

Objetivos.

Se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Analizarás los efectos y las causas que producen los fenómenos eléctricos más relevantes que se presentan en los circuitos eléctricos.
- Conocerás las leyes y principios eléctricos fundamentales.
- Conocerás las magnitudes eléctricas fundamentales y sus unidades de medida.
- Podrás aplicar las leyes y teoremas eléctricos elementales para el análisis de circuitos eléctricos.
- Deberás interpretar los resultados de los cálculos teóricos y de las medidas prácticas realizadas, relacionando los efectos que se producen con las causas que los originan.

1. Electricidad Estática.

1.1. Carga Eléctrica.

Todos los cuerpos están formados por moléculas y estas a su vez por átomos. Los átomos están formados por una agrupación de diversas partículas, dispuestas en el núcleo y en la corteza que les dan características propias. Estas partículas son:

1. **Electrones.** Están en la corteza y tienen carga eléctrica negativa.
2. **Protones.** Están en el núcleo y tienen carga eléctrica positiva.
3. **Neutrones.** Están en el núcleo y no tienen carga eléctrica.

El número de electrones y de protones que hay en un átomo es el mismo, y como el valor de la carga positiva de los protones es exactamente igual a la negativa de los electrones, el conjunto es eléctricamente¹ neutro. Este equilibrio de cargas se puede ver alterado por la pérdida o ganancia de electrones por lo que se convertiría en un ión positivo (pérdida de electrones) o un ión negativo² (ganancia de electrones).

Se adoptó como unidad de carga el culombio por ser el electrón una unidad excesivamente pequeña: 1 culombio = $6,231 \cdot 10^{18}$ unidades naturales de carga o electrones.

Entre cuerpos cargados eléctricamente, y situados próximamente, aparecen unas fuerzas de atracción o repulsión. Cargas del mismo signo se repelen y de signo diferente se atraen.

practica_final/cargas.gif not found!

1.2. Ley de Coulomb.

La fuerza de atracción o repulsión ejercida entre dos cargas puntuales q y q_1 , es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias (d) que las separa.

Esta ley queda representada en la siguiente expresión:

$$F = K \frac{q \cdot q_1}{d^2} \quad (1)$$

donde:

- k = Constante de proporcionalidad que está relacionada con la constante dieléctrica del medio que dependen de las unidades en que se expresen las diferentes magnitudes. Si el medio es el vacío y se utiliza el Sistema Internacional (MKS), el valor de K es:

$$K_0 = 8,988,10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \quad (2)$$

; para otro medio que no sea el vacío:

$$K = \frac{K_0}{\epsilon} \frac{N \cdot m^2}{C^2} \quad (3)$$

donde ϵ es la permitividad relativa o constante dieléctrica.

¹El nombre de electricidad proviene de la palabra griega electrón, que significa ámbar, ya que fue en la antigua Grecia y en este tipo de materiales, donde se descubrieron esta serie de fenómenos.

²A los iones negativos se les llama **aniones** y a los positivos **cationes**

- d = distancia que separa las cargas q y q_1 .

1.3. Principio de Superposición.

Si en lugar de tener dos cargas puntuales se tienen más, la fuerza resultante que actúa sobre una de las cargas es la suma vectorial de cada una de las fuerzas que ejercen sobre ella el resto de las cargas:

1.4. Campo Eléctrico.

Se define campo eléctrico creado por una carga puntual como:

La zona del espacio, donde se manifiestan los efectos de atracción o repulsión sobre otras cargas. El valor del campo eléctrico creado por una carga aislada³, viene definido por la intensidad de campo eléctrico (\vec{E}), entendiéndose este como el cociente de dividir la fuerza ejercida sobre una carga de prueba q_1 colocada en un punto del espacio y el valor de dicha carga de prueba, es decir, la fuerza por la unidad de carga

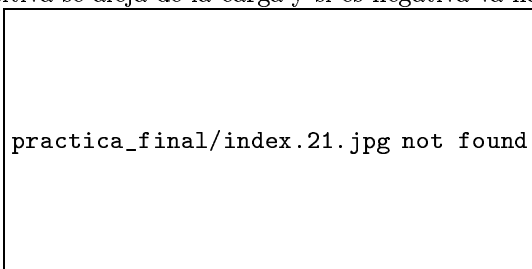
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_1} \quad (4)$$

teniendo en cuenta la ley de Coulomb el módulo de \vec{E} vale :

$$E = \frac{K \frac{q \cdot q_1}{d^2}}{q_1} = K \frac{q}{d^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_a} \frac{q}{d^2} \quad (5)$$

La unidad de medida de la intensidad de campo eléctrico en el sistema internacional, es el newton/culombio.

La dirección del campo eléctrico es la misma que tiene la fuerza ejercida sobre una carga de prueba positiva colocada en un punto del espacio y el sentido dependerá del signo de carga q ; si es positiva se aleja de la carga y si es negativa va hacia ella.



1.5. Líneas de Fuerza.

Existen unas líneas para representar la dirección y sentido del campo eléctrico que se llaman líneas de fuerza.

El número de líneas de fuerza que atraviesa una superficie perpendicular a ella viene dado por: $N = \epsilon_0 \cdot E \cdot A$; donde A es el área de la superficie que atraviesan y E el campo eléctrico.

³Si el campo eléctrico está generado por diversas cargas puntuales situadas a diferentes distancias, cada una de las cargas ejercerá una fuerza diferente en el punto, siendo la fuerza resultante la suma vectorial de todas ellas y la intensidad de campo:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q}{d^2}$$

1.6. Potencial Eléctrico.

Es el trabajo realizado para desplazar una carga desde el infinito al punto considerado. También se puede definir como la energía potencial por unidad de carga, por lo que su unidad de medida es julio/culombio y recibe el nombre de **voltio**. Un voltio es el potencial en un punto de un campo eléctrico que requiere de un trabajo de 1 julio para atraer una carga de 1 culombio desde el infinito (potencial cero).

Se puede definir **diferencia de potencial** entre dos puntos **a** y **b** como el trabajo realizado para desplazar una carga desde el punto **a** al **b**. Su unidad de medida es el voltio.

En el caso de que el campo esté creado por una carga puntual, quedaría definido por:

$$V_b - V_a = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_b} \right) - \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_a} \right) \quad (6)$$

siendo r_a y r_b las distancias desde los puntos respectivos a la carga puntual. La expresión del potencial en un punto sería:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_a} \frac{q}{r} \quad (7)$$

2. Comportamiento de la Electricidad.

Al frotar los cuerpos, ocurre que uno de ellos pierde electrones y el otro los gana, por lo que uno se convierte en un ión positivo y el otro en uno negativo, quedando ambos cuerpos electrizados. La energía que causa esta electrificación es lo que se denomina electricidad, en este caso la electricidad permanece en reposo, y se la denomina **electricidad estática**⁴.

La diferencia que existe entre la **electricidad estática** y la **electricidad dinámica** es que en la dinámica los cuerpos que están a diferente potencial están unidos por un cuerpo que puede perder y ganar con facilidad electrones (material conductor), pasando de esta manera los electrones del cuerpo que están en exceso al cuerpo en el que están con defecto.

El movimiento de electrones se produce en el sentido de potenciales crecientes (de menor a mayor potencial); es decir, en sentido opuesto al campo que lo produce. Para que por un conductor circule una corriente de forma permanente ha de mantenerse aplicado un campo eléctrico que mantenga esa diferencia de potencial y esto se consigue mediante unos dispositivos que reciben el nombre de generadores (de tensión) y pueden ser:

- **Corriente continua (c.c):** hacen circular a los electrones siempre en el mismo sentido a lo largo del conductor.
- **Corriente alterna (c.a):** hacen que el sentido de los electrones cambie periódicamente.

Existen diferentes formas de producir corriente eléctrica, entre las que podemos destacar:

- **Mediante reacciones químicas:** *pilas y acumuladores*. Su principio de funcionamiento se basa en que cuando se sumergen dos metales diferentes en una disolución apropiada, y dichos metales se conectan mediante un hilo conductor, se producen reacciones químicas entre los metales y la disolución, al mismo tiempo que se genera una corriente eléctrica.
- **A partir de movimiento:** *alternadores (c.a) y dinamos (c.c)* que se basan en la inducción electromagnética.
- **A partir de la luz:** *células fotovoltaicas*, basándose en el efecto fotoeléctrico; consiste en que algunos metales desprenden electrones cuando inciden los fotones de la luz sobre ellos, por lo que si se los hace circular por un conductor se obtiene corriente eléctrica.

⁴Se puede comprobar la electricidad estática cuando al quitarse un jersey este emite unos chasquidos, cuando al acercar el brazo al TV se erizan los pelos o cuando tocamos la carrocería de un coche y se produce una descarga eléctrica.

- **Por calentamiento:** *par termoeléctrico*, y se basa en que cuando se calienta una soldadura de dos metales diferentes, aparece una pequeña tensión eléctrica que se puede aprovechar para generar y mantener una corriente.
- **Por presión:** *crystal de cuarzo*, mediante la piezoelectricidad, propiedad que presentan algunos materiales como el cuarzo, por la que se generan pequeñas tensiones en la superficie cuando se someten a presión.

3. Magnitudes Eléctricas Fundamentales.

Las magnitudes eléctricas fundamentales que caracterizan un circuito eléctrico y sus elementos son: la intensidad, diferencia de potencial o tensión y la resistencia.

3.1. Fuerza Electromotriz.

Hemos visto que cuando dos cuerpos cargados eléctricamente se unen mediante un elemento conductor, se produce un flujo de electrones desde el que tiene mayor carga negativa al que la tiene menor. Este flujo se mantiene hasta que el nivel de carga de ambos cuerpos se equilibra.

La fuerza necesaria para llevar a cabo este trabajo de transporte de electrones desde el polo positivo al negativo y así crear la diferencia de cargas es lo que se conoce como **fuerza electromotriz** (E o f.e.m) y se mide en voltios. La fuerza electromotriz es la encargada de crear una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre los cuerpos, de forma que cuanto mayor sea la fuerza electromotriz mayor será la diferencia de potencial creada.

3.2. Diferencia de Potencial.

La diferencia de potencial (d.d.p), voltaje o tensión eléctrica es la diferencia de nivel de cargas que crea la fuerza electromotriz del generador. Se mide en voltios.

Se dice que, entre dos puntos, existe una diferencia de potencial de un voltio si para transportar una carga de un culombio hay que realizar un trabajo de un julio.

La diferencia de potencial entre dos puntos es el trabajo necesario para transportar la unidad de carga eléctrica de uno a otro. Se mide mediante un voltímetro. Este aparato tiene dos bornes, en los cuales se conectan dos sondas que se deben conectar en paralelo en los extremos del componente que queremos medir, es decir, el polo positivo con el positivo y el negativo con el negativo.

Nombre	Símbolo	Equivalencia en voltios
Megavoltio	MV	$1MV = 10^6V$
Kilovoltio	KV	$1KV = 10^3V$
Milivoltio	mV	$1mV = 10^{-3}V$
Microvoltio	μV	$1\mu V = 10^{-6}V$

Múltiplos y submúltiplos del voltio

3.3. Intensidad de Corriente.

La intensidad de corriente eléctrica es la magnitud que nos indica la cantidad de carga que atraviesa una sección del conductor en la unidad de tiempo. Se mide en amperios (A) y representa la intensidad de corriente que circula por un conductor cuando por este circula una carga de un culombio cada segundo.

$$I = \frac{Q}{t} \quad (8)$$

I= intensidad de corriente en amperios (A)

Q= carga en culombios (C)

t= tiempo en segundos (s)

Submúltiplo	Símbolo	Equivalencia en amperios
Miliamperio	mA	$1mA = 10^{-3}A$
Microamperio	ηA	$1\eta A = 10^{-6}A$

Múltiplos y submúltiplos del amperio.

La intensidad se mide con el amperímetro, el cual se conecta en serie con el elemento del que queremos conocer la intensidad que circula por él.

4. Resistencia Eléctrica.

4.1. Concepto de Resistencia Eléctrica.

La corriente eléctrica no circula igual por todos los materiales. En función de la dificultad que presentan los materiales al paso de la corriente eléctrica, estos se pueden clasificar en:

- **Conductores:** son los materiales que permiten el paso de la corriente eléctrica. Presentan una resistividad muy baja.
- **Aislantes:** son los materiales que impiden el paso de la corriente eléctrica, ya que sus átomos retienen los electrones, por lo que no pueden circular libremente. Tienen una resistividad extraordinariamente elevada.
- **Semiconductores:** son los materiales que presentan propiedades intermedias entre los conductores y aislantes. La resistividad varía mucho con la temperatura.

La resistencia eléctrica de un conductor es la magnitud que indica la mayor o menor dificultad que ofrece este para permitir el paso de la corriente eléctrica. Se representa mediante la letra R y su unidad es el ohmio (Ω).

Nombre	Símbolo	Equivalencia en ohmios
Megaohmio	$M\Omega$	$1 M\Omega = 10^6\Omega$
Kiloohmio	$K\Omega$	$1K\Omega = 10^3\Omega$
Miliohmio	$m\Omega$	$1 m\Omega = 10^{-3}\Omega$
Microhmio	$\eta\Omega$	$1\eta\Omega = 10^{-6}\Omega$

Múltiplos y submúltiplos del ohmio.

4.2. Cálculo de la resistencia de un conductor.

La resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica depende de diversos factores, como son:

- **La longitud (l):** cuanto más largo sea un conductor, mayor será la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica. Por lo tanto, la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud.
- **La sección (S):** cuanto mayor sea la sección de un conductor, menor será la resistencia que ofrece al paso de la corriente. Así, la resistencia de un conductor es inversamente proporcional a su sección.
- **La naturaleza del material del que está hecho:** cada material ofrece una resistencia específica al paso de la corriente, que depende de su estructura atómica. Esta resistencia específica recibe el nombre de resistividad (ρ).

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (9)$$

El valor de la resistividad se ve afectado por los agentes físicos a los que haya sido sometido el metal y de la temperatura.

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad (10)$$

α = el coeficiente de la temperatura.

ρ_0 = el valor de la resistividad a $0^\circ C$.

Δt = el aumento de temperatura que experimenta el conductor $\Delta t = (t_2 - t_1)$

Podemos calcular el valor de la resistencia tras haber sufrido un incremento de la temperatura con la siguiente fórmula:

$$R = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta t) \quad (11)$$

5. Ley de Ohm.

La ley de Ohm dice: La intensidad de corriente que circula por un conductor en un circuito cerrado es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del conductor⁵.

$$I = \frac{V}{R} (\text{Amperios}) \quad (12)$$

A partir de esta ley, se puede definir la unidad de resistencia, denominada ohmio.

Un ohmio es la resistencia de un conductor por el que circula una corriente de un amperio cuando entre sus extremos se establece una diferencia de potencial de un voltio.

6. Energía y Potencia Eléctrica.

En un circuito eléctrico, la energía suministrada por el generador provoca una diferencia de potencial entre sus bornes. Como consecuencia, se produce un desplazamiento de las cargas eléctricas a lo largo del circuito. Cuando una carga se desplaza entre dos puntos A y B de un campo, que están a distinto potencial, se realiza un trabajo cuyo valor es:

$$W = Q \cdot (V_a - V_b) \quad (13)$$

Si queremos determinar, la energía consumida por un receptor en un tiempo determinado, basta con tener en cuenta que la intensidad de corriente depende de la carga transportada, $I = \frac{Q}{t}$. Por lo tanto la energía eléctrica será⁶:

$$W = V \cdot I \cdot t \quad (14)$$

Como se puede apreciar en la expresión de la energía eléctrica que se consume en un receptor o que aporta un generador, depende del tiempo, de forma que cuanto mayor sea el tiempo mayor será la energía.

La potencia eléctrica (P) queda definida por la expresión⁷:

$$P = \frac{W}{t} \quad (15)$$

La unidad de medida de la potencia eléctrica es el vatio (W).

Nombrte	Símbolo	Equivalencia en vatios
Megavatio	MW	$1MW = 10^6 w$
Kilovatio	KW	$1KW = 10^3 W$
Milivatio	mW	$1mW = 10^{-3} W$
Microvatio	ηW	$1\eta W = 10^{-6} W$

Múltiplos y submúltiplos del vatio.

⁵ $V = R \cdot I; R = \frac{V}{I}$

⁶ $W = I^2 \cdot R \cdot t; W = \frac{V^2}{R} \cdot t$

⁷ $P = V \cdot I; P = \frac{V^2}{R}$

7. Efecto Joule.

La energía eléctrica, es susceptible de transformarse en energía de otro tipo según sean las condiciones del circuito por donde pasa la corriente. Es decir, según el tipo de receptor, la energía eléctrica se transformará en otras formas de energía: en mecánica si se trata de un motor, en luminosa si se trata de una bombilla o lámpara fluorescente, etc.

La energía eléctrica se disipa en forma de calor cuando la corriente eléctrica los atraviesa. Esto es debido a los continuos choques que los electrones móviles realizan contra los iones metálicos del conductor, produciéndose un intercambio de energía cinética entre unos y otros, lo que produce un aumento de temperatura.

La ley de Joule dice:

La cantidad de calor originada en una resistencia, al paso de una corriente eléctrica, es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad y al tiempo que esta la recorre⁸.

$$\text{calor} = 0,24.I^2.R.t \quad (16)$$

8. Actividades.

1. Enumera las diferentes magnitudes eléctricas que conoces y di lo que miden.
2. ¿Qué relación existe entre la potencia y la energía eléctrica? ¿Qué unidades de estas magnitudes conoces?.
3. Si la carga de un electrón es de $-1,6 \cdot 10^{-19} C$, ¿cuántos electrones deben pasar en 3 minutos por una sección de un conductor para que exista una corriente de 10 A?.
4. Dos partículas alfa están separadas en el vacío una distancia de $10^{-12} cm$. ¿Con qué fuerza se atraen o repelen?. Justifica la respuesta.
5. ¿A qué distancia hay que situar una carga puntual de $3nC$ de otra de $1nC$ para que ejerza sobre ella una fuerza de repulsión de 270 N?.
6. Se tiene una carga puntual de 2 culombios. Calcula:
 - a) La intensidad del campo creado por ella a 3 m de distancia.
 - b) El potencial en ese punto.
 - c) La fuerza que ejercerá sobre otra carga de 5 microculombios situada en el punto considerado.
7. Calcula el tiempo de desplazamiento de una carga de $6nC$ por un conductor si la intensidad de corriente es de 15 mA.
8. Explica de forma razonada cómo vaía la resistencia de un conductor:
 - a) Si duplicamos su longitud.
 - b) Si duplicamos su sección.
9. Calcula la longitud que debe tener un conductor de cobre de $2mm^2$ de sección para que tenga una resistencia de 5Ω .
10. Calcula la sección que debe tener un conductor de cobre utilizado en telefonía, de 1 km de longitud, para que al someterlo a una tensión de 40 V circule por él una intensidad de 6 A.

⁸ $W = P.t; W = V.I.t; W = I^2.R.t; W = \frac{V^2}{R}.t$

11. Dada una batería de automóvil que presenta entre sus terminales una diferencia de potencial de 12 V y que está sometida a un proceso de carga con corriente constante de 2 A. Calcula:
 - a) Potencia consumida por la batería.
 - b) Energía absorbida por la batería en 2 horas de carga.
 - c) Carga absorbida después de 2 horas de carga.
12. Se dispone de una lámpara incandescente con una potencia de trabajo de 80 W y una resistencia de 2Ω . ¿A qué tensión se le podrá conectar como máximo para que no se estropee y funcione correctamente?
13. Calcula la energía consumida por un electrodoméstico en KWh, si sabemos que su potencia es de 500 W y está funcionando durante 4 horas.
14. Calcula la resistencia interna de una lámpara incandescente que está conectada a una batería de 12 V y que tiene la siguiente marca en el cristal: 12 V/15 W. Si hacemos funcionar dicha bombilla durante 1 h, ¿qué cantidad de calor genera?

9. Prácticas.

1. Realiza una recopilación de todos los dispositivos que consumen energía eléctrica en tu casa (equipos, electrodomésticos, bombillas, etc.) y construye una tabla donde se refleje su potencia, tiempo de conexión (día/mes), energía consumida (día/mes) y precio que se paga a la compañía eléctrica.
2. Mide la resistencia de una lámpara incandescente de 60 W/240 v en frío, utilizando el ohmetro. Calcula la temperatura que alcanzará al cabo de 1 h de funcionamiento y la resistencia que tendrá cuando esté funcionando.
3. Monta un circuito formado por una pila de 12 V y un resistor variable ⁹de $4,7K\Omega$. Se pide:
 - a) Completar una tabla con los valores de intensidad de corriente, medidos y calculados, para los siguientes valores resistivos obtenidos a partir del potenciómetro: $4K\Omega$, $3K\Omega$, $2K\Omega$, $1K\Omega$.
 - b) Variando el eje del potenciómetro se obtienen distintos valores resistivos; actúa sobre él para obtener una intensidad de 6 mA, calcula y mide el valor resistivo obtenido.
 - c) ¿Qué tensión hay que suministrar al circuito para obtener una intensidad de 10 mA si la resistencia del potenciómetro es de $1K\Omega$? Calcula en este caso la potencia disipada por el resistor.

⁹Es un dispositivo con tres terminales que se conecta un terminal de un extremo a la fuente de tensión y el del otro extremo y el central se conectarán a masa.

9.1. Normas de seguridad.

- La primera regla de seguridad es *“siempre pensar antes de actuar”*. Si tenemos dudas, lo mejor es preguntar.
- Respetar siempre las especificaciones del fabricante en cuanto al uso de los aparatos de instrumentación así como las de los componentes utilizados en la práctica.
- Los voltímetros siempre se conectan en paralelo y los amperímetros en serie.
- Durante el desarrollo de la práctica, hay que estar al tanto del sobrecalentamiento de los componentes ya que pueden producir quemaduras.
- Siempre que se manipulen los componentes o conductores de un circuito habrá que desconectar las fuentes de alimentación y de señal, evitando así que se produzcan falsos contactos que puedan estropear tanto los componentes electrónicos como los equipos de instrumentación.

Referencias

- [1] Física general. Santiago Burbano de Ercilla. Editorial Librería General.
- [2] Materiales y Componentes Electrónicos. Ramiro Álvarez Santos. E.U. Ingenieros Técnicos Telecomunicación.
- [3] Electrotecnia. Pablo Alcalde San Miguel. Paraninfo.
- [4] Electrotecnia. J. Gómez, J.C. Martín. Editex.
- [5] Electrotecnia. Fernández Fernández Noemí, Fernández Pérez Manuel Ramón y Otros. Everest.