



# EXPERIMENTOS DE ELECTRICIDAD BÁSICA

Carlos Gutiérrez Aranzeta  
Graciela García Arana  
Rafael Mata Hernández



# **EXPERIMENTOS DE ELECTRICIDAD BÁSICA**



# EXPERIMENTOS DE ELECTRICIDAD BÁSICA

**Carlos Gutiérrez Aranzeta**

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

**Graciela García Arana**

Escuela Superior de Física y Matemáticas

**Rafael Mata Hernández**

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



MÉXICO • BOGOTÁ • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA • MADRID  
NUEVA YORK • SAN JUAN • SANTIAGO • AUCKLAND • LONDRES • MILÁN  
MONTREAL • NUEVA DELHI • SAN FRANCISCO • SINGAPUR • SAN LUIS • SIDNEY • TORONTO

**Director Higher Education:** Miguel Ángel Toledo Castellanos  
**Director editorial:** Ricardo A. del Bosque Alayón  
**Editor sponsor:** Pablo E. Roig Vázquez  
**Coordinadora editorial:** Marcela I. Rocha Martínez  
**Editora de desarrollo:** Ana L. Delgado Rodríguez  
**Supervisor de producción:** Zeferino García García

## EXPERIMENTOS DE ELECTRICIDAD BÁSICA

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra,  
por cualquier medio, sin la autorización escrita del editor.



DERECHOS RESERVADOS © 2009, respecto a la primera edición por  
McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

*A Subsidiary of The McGraw-Hill Companies, Inc.*

Edificio Punta Santa Fe,  
Prolongación Paseo de la Reforma 1015, Torre A  
Piso 17, Colonia Desarrollo Santa Fe  
Delegación Álvaro Obregón  
C.P. 01376, México, D.F.  
Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736

**ISBN: 978-970-10-7130-4**

1234567890

08765432109

Impreso en México

*Printed in Mexico*

# Contenido

**Agradecimientos** vii

**Introducción** ix

**Práctica 1**

Seguridad en el laboratorio 1

**Práctica 2**

Carga eléctrica 12

**Práctica 3**

Campo eléctrico 25

**Práctica 4**

Distribución de las cargas eléctricas en los conductores 36

**Práctica 5**

Símbolos de componentes eléctricos 48

**Práctica 6**

Diagramas eléctricos 58

**Práctica 7**

Conexiones eléctricas 70

**Práctica 8**

Resistor 82

**Práctica 9**

Ley de Ohm 91

**Práctica 10**

Circuito con resistores en serie 99

**Práctica 11**

Circuito con resistores en paralelo 108

**Práctica 12**

Leyes de Kirchhoff 118

**Práctica 13**

Circuitos divisores de tensión 128

**Práctica 14**

Resistencia interna de pilas 139

**Práctica 15**

Magnetismo 150

**Práctica 16**

Transformador 160

**Ápndice A**

Criterios para la selección de instrumentos 170

**Ápndice B**

Técnicas de soldadura 172

**Ápndice C**

Prototipo de bajo costo para experimentos de electrostática 178



# Agradecimientos

A Víctor Serrano Domínguez, Jesús Reyes García, Nancy Yazmín Ortega González, Gerardo Suárez, Julio Espinosa Ruiz, Víctor Carranza Santana, Sergio Sánchez Juárez, Arturo Tapia Dávila, Isabel Cristina Pérez Silva, Armando Acevedo Chávez, Joise Castellanos Simon, Octavio Ovilla Estrada, José Juárez Villa, Francisco Arturo Villanueva Pérez, Daniel Galindo Ortega, Carlos Cortés Ruiz, Primo Alberto Calva Chavarría, Arturo Yáñez Galindo, Gloria Pérez Cabrera, Francisco Hernández Reyes, Marco Antonio Salazar Berzunsa, Leticia Guzmán Juárez, Alberto Domínguez García, Alberto Tapia Dávila, José Luis Ortega Rangel, Ignacio Gutiérrez Aranzeta y Guadalupe Cordero Parra por sus comentarios y sugerencias.

A Edgar Francisco Villarruel Ramírez por la captura del manuscrito y la elaboración de las figuras.

A nuestros alumnos de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional cuyos comentarios nos han permitido mejorar este manual de prácticas.

**Los autores**



# Introducción

## Antecedentes

El primer Centro Universitario que introdujo la realización obligatoria de prácticas de laboratorio en la licenciatura de Física fue el Kings College de Londres en 1868.

El primer manual de prácticas —*Elements of physical manipulation*— fue redactado por Edward Charles Pickering para el Massachusetts Institute of Technology en 1873-1876, y su estructura es análoga a la de muchos manuales de prácticas actuales.

A finales del siglo XIX la mayoría de las universidades disponían de laboratorios para que los alumnos realizaran prácticas. Inicialmente los alumnos eran pocos, su contacto con los aparatos y con el problema físico planteado era muy intenso, por lo que la relación profesor-alumno era didácticamente muy rica. Sin embargo, al incrementarse el número de alumnos, las instalaciones y los aparatos, así como el número de profesores con experiencia resultaron insuficientes. Esto además ha traído problemas metodológicos, de organización y de funcionamiento de los laboratorios.

## Características de los cursos experimentales de física

A pesar de que muchos profesores de física consideran que los cursos de laboratorio de física son necesarios, todavía no existe un acuerdo generalizado sobre cuáles deben ser sus propósitos y cómo deben funcionar, indistintamente de las inversiones que se realicen en equipos y mantenimiento.

Independientemente de lo anterior, hay que tener presente la naturaleza empírica de la Física, es decir, que lo que se escribe en el pizarrón (o “pintarrón”) se refiere a objetos o fenómenos de la naturaleza. Aunque, en el pizarrón, la correspondencia de los modelos teóricos con la realidad puede parecer obvia a los profesores, no lo es para un número grande de alumnos. Por ejemplo, en los experimentos sencillos de electricidad, el montaje de un circuito con sus cables, baterías y demás elementos junto con los instrumentos de medición, presenta dificultades apreciables a casi todos los alumnos que se enfrentan por primera vez con estos experimentos aunque comprendan teóricamente la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff.

La superación de estas dificultades no se logrará si los alumnos realizan únicamente simulaciones informáticas o sólo observan experimentos de cátedra. Es mediante el trabajo experimental como los alumnos descubren la distancia existente entre los objetos físicos (o fenómenos naturales) y su representación abstracta, además de que aprenden a ser humildes ante los instrumentos y su

manipulación en un diseño experimental, reconociendo entre otras cosas el papel de la incertidumbre y el error experimental.

En los últimos años, en países como México se ha disminuido el número de horas en los cursos de Física, tanto del nivel medio superior como del nivel superior. Esto ha provocado que las sesiones experimentales sean más cortas y el número de horas por sesión experimental ya no es de 2 o 3 horas sino de 1 a 1.5 horas. Las actividades experimentales no pueden ser “abiertas”, es decir, que el alumno elija libremente lo que quiere hacer, además de que en los laboratorios no siempre se cuenta con el equipo o los aparatos de medición necesarios. El trabajo experimental requiere de tiempo y los periodos escolares (“semestres de 17 semanas”) para este tipo de actividades experimentales resultan ser insuficientes.

Debido a que los alumnos están llegando al nivel superior con una pobre formación en el manejo de aparatos y técnicas de medición, así como en la organización e interpretación de las medidas, en el presente manual los autores decidimos detallar los procedimientos y cuidados a seguir en cada experimento. Asimismo, consideramos que, al igual que los médicos, los ingenieros deben ser guiados al inicio de su formación profesional a fin de conocer las técnicas básicas de su especialidad y adquirir las habilidades necesarias para el manejo del equipo e instrumentos de medición. Esta formación inicial les permitirá enfrentar problemas más complejos, desarrollar proyectos y solucionar problemas que les plantee la sociedad.

La educación científica debe asumir el pasado y vivir el presente, pero también tender hacia el futuro, y la enseñanza de la física experimental no puede ser ajena a la aplicación de nuevas metodologías y recursos. Sin embargo, no siempre se puede aplicar, pues en muchas instituciones educativas no se cuenta con dichos recursos (por ejemplo, electroscopios, computadoras, osciloscopios, etc.). Por esta razón las actividades experimentales propuestas en este manual se diseñaron con material de bajo costo, equipo accesible e instrumentos de medición fáciles de emplear.

Mediante la realización de las actividades experimentales que aparecen en el presente manual los alumnos alcanzarán los siguientes objetivos:

- Familiarizarse con el manejo de ciertos instrumentos de medición, como el multímetro.
- Verificar experimentalmente algunas leyes, como la ley de Ohm y las leyes de Kirchhoff.
- Organizar datos e interpretar resultados.
- Adquirir una actitud favorable hacia el trabajo experimental y la resolución de problemas.
- Reconocer que la realidad es más compleja que los modelos teóricos que pretenden expresarla.

Por las características de las prácticas y contenidos abordados en cada una de ellas, pueden ser utilizadas en los cursos básicos de Física o de Electricidad.

## Estructura de las prácticas

Cada práctica incluye las siguientes secciones:

### Objetivos:

En esta sección se mencionan los aprendizajes y competencias que se esperan obtener por parte de los alumnos.

### Introducción:

En este apartado se presentan de manera breve los principales conceptos, principios y leyes que se abordarán experimentalmente y que se deben tener en cuenta para el logro de los objetivos.

### Lista de material:

Se enlista el equipo de medición, objetos y sustancias que se requieren para la realización de la práctica. También se indica el material de bajo costo que tendrán que llevar los alumnos para realizar algunos experimentos de la práctica.

### Desarrollo experimental:

En este apartado aparecen las instrucciones que deben seguir los alumnos para tener éxito en cada uno de los experimentos y actividades que tienen que realizar. También se indican los cuidados que se deben tener en el manejo del equipo y las precauciones que hay que observar para no dañar a sus compañeros ni al equipo.

### Resultados:

En esta sección aparecen las tablas en donde se registran las medidas realizadas y las gráficas y cálculos solicitados.

### Discusión:

Con el propósito de que los alumnos analicen los resultados obtenidos, se presentan una serie de preguntas que deberán responder. Estas preguntas les permiten reflexionar sobre los procedimientos y resultados obtenidos.

### Conclusiones:

Aparecen generalmente al final de la sección de discusión. Aquí el alumno describe sus observaciones y reflexiones finales.

### Actividades complementarias:

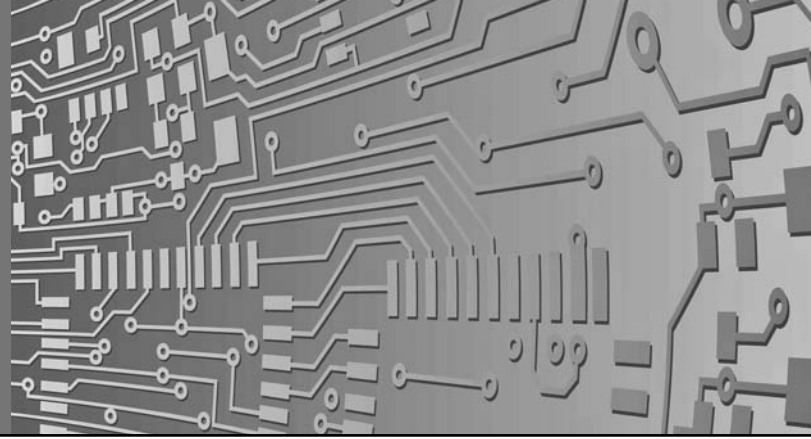
Se presentan una serie de ejercicios, preguntas y problemas que el alumno debe responder y resolver respectivamente con los conocimientos adquiridos a lo largo de la práctica. También incluye preguntas que deben ser resueltas previa investigación.

### **Bibliografía:**

Se señalan los títulos que deben consultar los alumnos para resolver de manera exitosa las cuestiones planteadas a lo largo de la práctica.

Esperamos que este manual de prácticas resulte ser un apoyo a los docentes en su actividad cotidiana en el laboratorio y una motivación a los alumnos al adquirir habilidades y conocimientos que les serán útiles en su vida profesional.

**Los autores**



# Seguridad en el laboratorio

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

## OBJETIVOS

### Al término de esta práctica, el alumno:

- Identificará los principales riesgos en las mediciones eléctricas y los procedimientos de seguridad para evitarlos.
- Medirá la resistencia eléctrica en diferentes partes de su cuerpo.

## INTRODUCCIÓN

Todos, de alguna manera, sabemos que la electricidad puede ser peligrosa y aun fatal para aquellos que no comprenden y practican las reglas simples de **seguridad**. Aunque pueda parecer extraño, existen más accidentes en los que la electricidad está involucrada, por parte de técnicos e ingenieros bien entrenados, quienes, ya sea por exceso de confianza o descuido, violan las reglas básicas de la seguridad personal.

## Seguridad

Cuando se trabaja en un laboratorio eléctrico o en un laboratorio electrónico o cuando se utiliza equipo eléctrico, observar las debidas precauciones de seguridad es tan importante como hacer mediciones exactas. Siempre existe un riesgo letal y potencial en los laboratorios eléctrico y electrónico, si no se respetan los procedimientos de seguridad. La mejor forma de evitar accidentes es reconocer sus causas y adherirse a las normas de seguridad establecidas. Una plena conciencia de los peligros y las posibles consecuencias de los accidentes, ayuda a desarrollar una motivación personal para respetar las normas de seguridad.

El riesgo más común y serio en los laboratorios en donde se emplea la energía eléctrica es la **sacudida** o **choque eléctrico**. Otros riesgos, los cuales se deben tener en cuenta, incluyen químicos peligrosos, maquinaria en movimiento y dispositivos de soldadura.

## Choque eléctrico

Cuando la corriente eléctrica pasa a través del cuerpo humano produce un efecto llamado **sacudida** o **choque eléctrico**. *El choque eléctrico puede ocurrir debido a un pobre diseño del equipo, fallas eléctricas, errores humanos o una combinación de infortunadas circunstancias.* El aspecto letal del choque eléctrico está en función de la cantidad de corriente, la cual es forzada a través del cuerpo humano, como camino de conducción. No necesariamente depende del valor del voltaje aplicado; un choque eléctrico de 100 V puede resultar tan mortal como un choque de 10 000 V.

La severidad de un choque eléctrico varía de acuerdo con la edad, el sexo y las condiciones físicas de la víctima. Pero, en general, la cantidad de corriente requerida para matar a cualquier ser humano es marcadamente pequeña. Por esta razón, siempre deben ejercerse cuidados extremos para evitar que ocurra un choque eléctrico.

El *umbral para percepción de la corriente* en la mayoría de los seres humanos es cerca de 1 mA. La sensación debida a estos niveles de corriente es similar a la de un hormigueo o calor en el punto de contacto. Las corrientes eléctricas por encima de 1 mA, pero por debajo de 5 mA se sienten con mayor fuerza, pero normalmente no producen dolor. Sin embargo, corrientes eléctricas de 1 a 5 mA pueden ser peligrosas debido a las reacciones de susto o sorpresa que producen. Por ejemplo, un choque de tales corrientes puede hacer que la persona salte asustada hacia atrás y caiga sobre un objeto caliente, una pieza de maquinaria en movimiento o por una escalera. (Observa que 5 mA es la máxima corriente de fuga que se permite en los electrodomésticos entre su chasis y tierra.)

En los niveles *por encima de 10 mA, las corrientes empiezan a causar contracciones involuntarias de los músculos*; debido a estos espasmos, la víctima pierde la habilidad de controlar sus músculos y aun cuando el dolor es severo, es incapaz de soltarse del conductor. Si este nivel se sostiene, puede llegar la fatiga, el colapso e incluso la muerte.

*Si el nivel de corriente eléctrica que fluye en el cuerpo excede a 100 mA se comienza a interferir con la coordinación de los movimientos del corazón.* Esta **fibrilación** no deja que el corazón bombee la sangre y la muerte puede ocurrir en minutos, si la fibrilación no se detiene. Por encima de 300 mA, las contracciones de los músculos del corazón son tan severas que no ocurre fibrilación.

Si el choque se suspende rápidamente, es probable que el corazón reanude su ritmo normal; en tales casos la respiración se puede detener y es necesario aplicar respiración artificial. Si se suministran los primeros auxilios apropiados, es posible que el choque eléctrico no sea fatal, aun cuando se pueden presentar quemaduras. (Nota: un método utilizado para restablecer el ritmo normal a un corazón que presenta fibrilación consiste en aplicar pulsos grandes de corriente.)

De lo anterior, verás que el *rango fatal de corriente que puede circular por el cuerpo humano se encuentra entre 100 y 200 mA*. (Observa que 100 mA es cerca de un décimo de la corriente eléctrica que fluye en una lámpara de 100 W). La figura 1.1 resume los efectos de niveles de corriente peligrosos para el cuerpo humano.

El nivel de voltaje requerido para que una corriente fatal fluya por el cuerpo humano depende de la resistencia de la piel en los puntos de contacto. La piel húmeda puede tener una resistencia tan baja como 1 k $\Omega$ , mientras que la piel seca tiene una resistencia tan alta como 500 k $\Omega$ . (Una vez que la corriente pasa adentro del cuerpo encuentra una resistencia mucho menor debido a la conductividad de los fluidos del cuerpo.) Por tanto, un potencial de 100 V, aplicado a una piel húmeda, puede ser fatal.

Voltajes menores de 100 V aplicados bajo condiciones especiales pueden ser tan fatales como 5 000 V.

Más aún, la resistencia eléctrica de la piel baja rápidamente a medida que la corriente pasa a través de los puntos de contacto, porque la corriente rompe las capas secas y externas de la piel. Por esta razón es importante romper el contacto con el **conductor vivo** tan pronto como sea posible. Puesto que el voltaje entre los puntos de contacto



1	Quemaduras severas, la respiración cesa.
0.2	MUERTE
0.1	Dificultades extremas para respirar. Alteración en la respiración. Respiración difícil. Choque severo. Parálisis muscular. Incapaz de soltar. Doloroso.
0.01	Sensación leve.
0.001	Umbral de sensación.

**Figura 1.1** ■ Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.

permanece constante, mientras que la resistencia decrece, la corriente puede subir con rapidez hasta un nivel letal.

Afortunadamente, en la mayoría de los casos la resistencia eléctrica de la piel es elevada, lo que ofrece una defensa contra la corriente de los choques eléctricos. Si una persona con la piel seca toca un par de alambres alimentados a 120 V de corriente alterna y que tenga una resistencia eléctrica aproximada de 10 ohms, circulará por él o ella una corriente eléctrica de 1.2 mA, que aunque le cause dolor, generalmente no la electrocutará.

## Qué hacer para disminuir el riesgo de un choque eléctrico

La mejor forma de protegerse de los riesgos de un choque eléctrico, cuando se utiliza equipo eléctrico, es la utilización correcta de dicho equipo. Es importante leer el manual de operación del equipo antes de usarlo.

Evita equipo que contenga alambres o conductores expuestos. Siempre trata de cortar la alimentación de potencia cuando toques cualquier circuito y usa zapatos para aislarte propiamente de tierra. Evita el contacto con **tierras**, tales como las tuberías metálicas, cuando sostengas alambres o instrumentos; en ciertas situaciones usa guantes aislantes. Si te encuentras reparando equipo "caliente" utiliza únicamente una mano y mantén la otra lejos de cualquier parte del circuito. No uses anillos, brazaletes, relojes de pulso u otros objetos metálicos cuando trabajes con sistemas eléctricos. Cuando trabajes con cables de alta tensión debes usar el casco respectivo.

## Primeros auxilios para el choque eléctrico

El primer paso a seguir, *cuando se auxilia a una víctima del choque eléctrico, es tratar de cortar la alimentación de potencia del conductor con el cual está en contacto*. Si lo anterior no es posible, rompe el contacto de la víctima con la fuente de electricidad, pero sin ponerte en peligro. Haz lo anterior utilizando un objeto aislador (tal como un pedazo de madera seca, lazos, ropa o cuero) para jalar o separar a la víctima del conductor vivo. No la toques con las manos desnudas si continúa electrificada. (Un contacto momentáneo puede ser fatal si el nivel de corriente eléctrica es lo suficiente alto.) El contacto debe ser roto rápidamente puesto que la resistencia de la piel decae de manera veloz con el tiempo y una corriente fatal entre 100 y 200 mA se puede alcanzar si se permite que el choque eléctrico continúe por mucho tiempo.

Si la respiración se ha suspendido y el individuo está inconsciente, es conveniente suministrarle respiración artificial de inmediato y no se debe suspender ésta hasta cuando llegue ayuda de una autoridad médica. Los síntomas de rigidez mortal y la falta de pulso

se deben descartar, puesto que algunas veces ellos son el resultado del choque eléctrico y no son prueba suficiente de que la víctima ha muerto.

## Otros riesgos del laboratorio eléctrico o electrónico

Cuando utilices herramientas tales como taladros, sierras, entre otros, debes tomar precauciones para evitar lesiones. Estas herramientas no se deben operar, a menos que se hayan recibido instrucciones de su uso. Evita vestir ropa o llevar suelto el cabello largo, ya que pueden ser agarrados por maquinaria en movimiento. Finalmente, siempre utiliza anteojos de seguridad cuando estés cortando, perforando o esmerilando con herramientas de potencia.

El soldador eléctrico o cautín eléctrico es otro instrumento que puede provocar accidentes si se usa sin cuidado. Cuando es desatendido puede causar quemaduras o producir fuego en los alrededores. Para prevenir accidentes de este tipo, al finalizar tu trabajo con él, apágalo primero y colócalo en su soporte respectivo.

Cuando se trabaja con disolventes o químicos corrosivos se deben tomar precauciones para su uso y almacenamiento. Asimismo, se deben instalar ventiladores para exhalar los vapores venenosos o corrosivos, y utilizar caretas antigases o respiradores.

El uso de guantes, ropa especial y anteojos de seguridad son importantes para protegerse contra el salpique y la contaminación de las sustancias químicas. Cuando viertas químicos corrosivos en los desagües, permite que fluya una gran cantidad de agua hasta diluir sus propiedades. En caso de que te salpiques con ácidos, lava la piel con copiosas cantidades de agua.

## Reglas de seguridad

1. **Nunca trabajes solo.** Asegúrate de que hay otras personas en el laboratorio para que te presten ayuda en caso de accidente.
2. **Asegúrate de que el equipo esté en condiciones de operación** y visualiza los peligros potenciales, antes de trabajar con uno de sus elementos. De la misma manera que muchos soldados mueren por armas que suponían que estaban descargadas, muchos técnicos han fallecido a causa de circuitos supuestamente "muertos".
3. **Nunca desconectes la punta de tierra de una clavija de entrada de tres conductores**, esto elimina la característica de conexión a tierra del equipo, convirtiéndolo en un potencial peligro que puede provocar un choque eléctrico.
4. **Nunca trabajes en una mesa atestada de objetos.** Un amontonamiento desordenado de puntas conectoras, componentes y herramientas en la mesa de trabajo sólo conduce a actuar descuidadamente y a ocasionar cortocircuitos, choques y accidentes. Para evitar esto, desarrolla hábitos para actuar de manera sistemática y organizada en el trabajo.
5. **No trabajes sobre pisos mojados.** La resistencia de contacto a tierra en estas condiciones se reduce considerablemente. Trabaja sobre una cubierta de hule o plataforma aislada, si las tensiones son altas.
6. **Corta la potencia antes de tocar los alambres de un circuito o equipo eléctrico.**
7. **Nunca manejes instrumentos eléctricos cuando tu piel esté húmeda.** La humedad decrece la resistencia de la piel y permite que fluya una cantidad mayor de corriente a través del cuerpo.
8. **Trabaja con una mano.** Cuando una corriente eléctrica circula entre las dos manos cruza el corazón y puede ser más letal que una corriente eléctrica que vaya de la mano al pie. Un buen técnico siempre trabaja a una mano. Observa a un buen técnico electricista o electrónico.

9. **Nunca hables con nadie mientras trabajas.** No te permitas ninguna distracción. Además, **no hables con nadie** si está trabajando con un equipo peligroso. No seas la causa de un accidente.
10. **Muévete siempre lentamente cuando trabajes con circuitos eléctricos.** Los movimientos violentos y rápidos propician los choques accidentales y cortocircuitos.

## Normas básicas de seguridad para salas de cuidados intensivos y quirófanos

Con el propósito de que conozcas la importancia que tiene la seguridad eléctrica en algunas actividades como la medicina, se presentan a continuación algunas recomendaciones que se practican en quirófanos y salas de cuidados intensivos:

1. Todo el equipo eléctrico deberá tener cordones de tres alambres y sus respectivos enchufes, ceñidos al código uniforme de colores.
2. Los interruptores de encendido deben instalarse en el alambre activo, o en ambos alambres, pero nunca solamente en el neutro.
3. Cuando sobre un paciente se utilizan varios sistemas de instrumentos de modo simultáneo, deben interconectarse por medio de una caja de conexiones equipada con circuitos detectores de corrientes a tierra y circuitos que activen una alarma y desconecten los sistemas en caso de alguna conexión a tierra defectuosa.
4. En todas las áreas donde se estén administrando anestésicos inflamables deben utilizarse sistemas de alimentación con transformador de separación. En los demás sectores, en los cuales posiblemente haya pacientes, deben utilizarse sistemas equipotenciales de conexión a tierra.
5. La seguridad de cada instrumento debe verificarse mediante una guía breve de confrontación antes de que sea conectado al paciente.

### Material

- Multímetro u óhmetro
- Puntas de prueba
- Agua

### Desarrollo experimental

#### Resistencia eléctrica del cuerpo humano

Los efectos fisiológicos de las corrientes eléctricas generalmente pueden predecirse según el esquema de la figura 1.1. Nota que lo que hace daño es la magnitud de la corriente eléctrica. Las corrientes iguales o superiores a 100 miliamperes, o sea, sólo un décimo de ampere, *son fatales*. Un trabajador que ha entrado en contacto con corrientes superiores a 200 miliamperes, puede sobrevivir si se le da tratamiento rápido. Las corrientes inferiores a 100 miliamperes pueden tener efectos serios o dolorosos. Una regla de seguridad que se debe tomar en cuenta es la siguiente: *no te coloques en una posición en la que puedas sufrir alguna clase de choque eléctrico*.

La corriente eléctrica que circula en el cuerpo humano depende del voltaje aplicado y su resistencia eléctrica. Para conocer la resistencia eléctrica entre diferentes partes del cuerpo humano, se empleará un óhmetro.

## ■ Procedimiento

1. Pídele a tu profesor que te muestre la forma de usar el óhmetro (o mutímetro). Con él mide la resistencia eléctrica de las partes de tu cuerpo indicadas en la tabla 1.1.
2. Registra las medidas en la tabla 1.1 de resultados.

**Tabla 1.1** Resistencia eléctrica del cuerpo humano (seco)

Partes del cuerpo humano (piel seca)	Resistencia eléctrica (ohms)
De la mano derecha a la mano izquierda	
De la mano derecha al tobillo derecho	
De la mano izquierda al tobillo izquierdo	
De la mano izquierda al tobillo derecho	
Del codo a la muñeca de la mano derecha	

3. Mide nuevamente la resistencia eléctrica de las partes del cuerpo humano indicadas en la tabla 1.2, pero ahora humedece dichas partes con agua y registra las medidas en la tabla 1.2.

**Tabla 1.2** Resistencia eléctrica del cuerpo humano (húmedo)

Partes del cuerpo humano (piel húmeda)	Resistencia eléctrica (ohms)
De la mano derecha a la mano izquierda	
De la mano derecha al tobillo derecho	
De la mano izquierda al tobillo izquierdo	
De la mano izquierda al tobillo derecho	
Del codo a la muñeca de la mano derecha	

4. La resistencia real varía, naturalmente, dependiendo de los puntos de contacto y, según se ha descubierto, de la condición de la piel. La resistencia eléctrica de ésta puede variar entre 1 000 ohms en piel húmeda y 500 000 ohms en piel seca. Tomando la resistencia del cuerpo medida previamente y considerando 100 miliamperes como la corriente fatal, ¿qué tensiones serían mortales? Para conocer éstas, usa la fórmula:  $V = IR$  (tomando  $I = 0.1 \text{ A}$ ).
5. Registra tus cálculos en la tabla 1.3.

**Tabla 1.3** Voltajes que pueden ser letales

Partes del cuerpo humano	Condiciones	Voltaje (volts)
De la mano derecha a la mano izquierda	Seco	
	Húmedo	
De la mano derecha al tobillo derecho	Seco	
	Húmedo	
De la mano izquierda al tobillo izquierdo	Seco	
	Húmedo	
De la mano izquierda al tobillo derecho	Seco	
	Húmedo	
Del codo a la muñeca de la mano derecha	Seco	
	Húmedo	

## ■ Discusión

- ¿Qué parte del cuerpo humano (seco) presenta mayor resistencia eléctrica?  


---


---
- ¿Qué pasa con el valor de la resistencia eléctrica de dicha parte del cuerpo humano, cuando se humedece?  


---


---
- ¿Qué parte del cuerpo humano (seco) presenta menor resistencia eléctrica?  


---


---
- ¿Qué voltajes serían letales? ¿Por qué? (Toma en cuenta el camino de recorrido de la corriente eléctrica.)  


---


---
- ¿Qué voltajes son peligrosos? ¿Por qué? (Apóyate en las consideraciones de la figura 1.1.)  


---


---
- ¿Cuál fue la mayor resistencia eléctrica que presentó alguno de los integrantes de tu equipo de trabajo?  


---


---



## Actividades complementarias

Contesta brevemente lo que se te pide.

1. Enumera diferentes factores que determinan la severidad de un choque eléctrico en un ser humano.

---



---

2. Explica por qué los siguientes actos pueden llevar a condiciones peligrosas de trabajo con equipo eléctrico:

a) utilizar anillos o brazaletes metálicos,

---

b) estar descalzo,

---

c) trabajar sobre un piso mojado,

---

d) tocar tuberías de agua u otros conductores a tierra mientras se trabaja con equipo eléctrico,

---

e) trabajar con equipo eléctrico con las manos sudadas,

---

3. ¿Dentro de qué rango una corriente eléctrica que circule por el cuerpo humano puede provocar la muerte?

---



---

4. ¿Qué es un pararrayos? ¿Para qué se emplea?

---



---

5. ¿Qué establece la ley de Ohm?

---



---

Menciona cuatro reglas básicas de seguridad en un laboratorio donde se realizan mediciones eléctricas.

1. 

---

---

2. 

---

---

3. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Investiga.**

1. ¿Qué es un óhmetro?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2. ¿Qué es la resistencia eléctrica?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

3. ¿Qué es el voltaje?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4. ¿Qué es la corriente eléctrica?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Resuelve el siguiente problema.**

Si la resistencia de la piel seca es  $100\text{ k}\Omega$  y se hace un contacto accidental con un conductor con un voltaje de  $120\text{ V}$ , a) ¿cuánta corriente fluirá a través del camino conductor humano? Si el contacto con este mismo conductor se mantiene por 10 segundos y la resistencia de la piel cae hasta  $1\text{ k}\Omega$ , b) ¿qué corriente fluirá a través del cuerpo a tierra? Emplea la ley de Ohm.

Datos	Fórmula	Sustitución
Resultados:		
a)		
b)		



## BIBLIOGRAFÍA

---

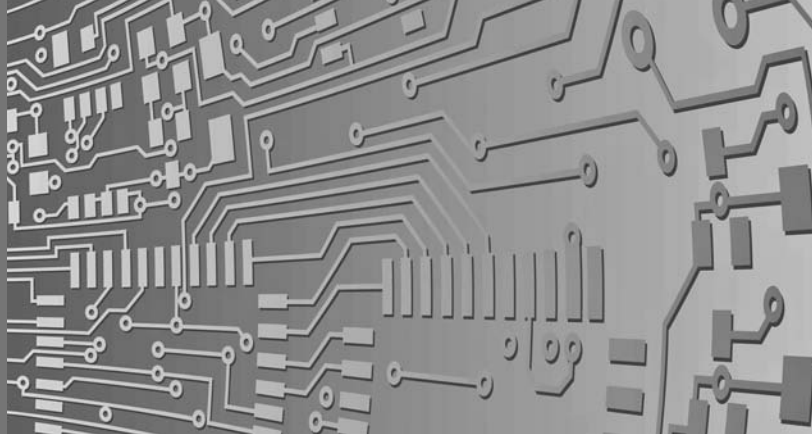
**Gerris, Howard**, *Experimentos de electricidad*, México: Limusa-Wiley, 1973.

**Gutiérrez, Carlos**, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

**Stanley Wolf**, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, España: Prentice-Hall Internacional, 1980.

**Strother G.K.**, *Física aplicada a las Ciencias de la Salud*, Colombia: McGraw-Hill, 1977.

**Wedlock, B. y Roberge, J.**, *Componentes electrónicos y mediciones*, España: Prentice-Hall Internacional, 1973.



## Carga eléctrica

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Verificará que los cuerpos son susceptibles de cargarse eléctricamente.
- Distinguirá, sin cometer errores, los diferentes procedimientos para cargar eléctricamente a los cuerpos.
- Identificará sin equivocarse las dos clases de carga eléctrica que pueden adquirir los cuerpos.
- Diferenciará los cuerpos conductores de los aisladores.

### INTRODUCCIÓN

De la experiencia diaria has podido constatar que pueden verse destellos luminosos cuando te quitas una camisa de nailon en un cuarto oscuro, cuando frotas los pies sobre una alfombra; además, en un día seco puede suceder que si tocas a otra persona sientas una sacudida eléctrica, o que cuando te peinas el cabello seco escuches chasquidos, siendo todos estos fenómenos evidencias de la **naturaleza eléctrica de la materia**.

Todos los cuerpos están formados por **átomos** y cada átomo está constituido por un **núcleo** cargado de electricidad positiva alrededor del cual gravitan un número variable de pequeñas partículas de electricidad negativa llamadas **electrones**.

En todas las operaciones ordinarias de la física y de la química, los núcleos de los átomos no son alterados, y conservan íntegramente su carga eléctrica positiva; sin embargo, bajo algunas influencias el átomo puede perder o ganar electrones.

Los átomos son eléctricamente neutros, ya que el valor absoluto de la carga negativa que representa al conjunto de sus electrones es igual en valor absoluto a la carga positiva de sus núcleos.

Es esta propiedad de neutralizarse mutuamente la que justifica los signos + y – atribuidos a los dos tipos de carga eléctrica.

Si se quitan electrones a un cuerpo, la carga positiva global de los núcleos de todos los átomos no es exactamente neutralizada por la carga negativa global de los electrones restantes, y el cuerpo se electriza al contrario, negativamente, si se le proporcionan electrones.

Caracterizamos el estado de electrización de un cuerpo, al definir una masa eléctrica, más comúnmente llamada **carga eléctrica** y representada por el símbolo “ $q$ ”. Así cualquier porción de materia, o cualquier partícula, está caracterizada por dos propiedades fundamentales independientes: **masa** y **carga eléctrica**, por lo que toda electrización aparece como una transferencia de electrones.

**Una carga *negativa* es un exceso de electrones.**

**Una carga *positiva* es un exceso de protones o un déficit de electrones.**

En esta práctica explorarás muchos de los desconcertantes fenómenos que han llevado al hombre a buscar respuesta a las preguntas: *¿qué es la electricidad?*, *¿qué la produce?* y *¿de dónde proviene?*

## Material

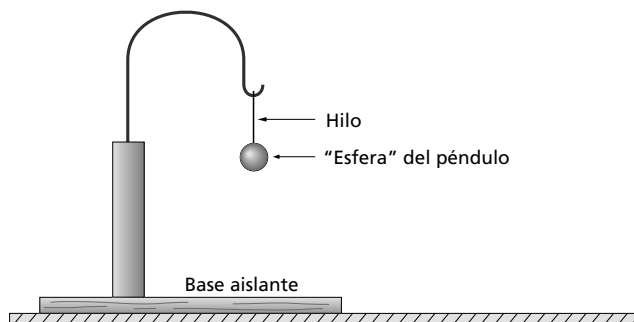
- 1 péndulo eléctrico
- 1 bolsa de plástico
- 1 soporte aislado o barra de plastilina
- 1 paño de lana
- 1 paño de nailon
- 1 barra de hierro
- 1 popote
- 1 barra de vidrio
- 1 barra de latón o de aluminio
- 1 electrodo de prueba plano
- 1 *regla de plástico y una hoja de papel (las cuales deberán ser traídas por el alumno)*

## Desarrollo experimental

### Carga eléctrica

#### Dispositivo

Se empleará un péndulo eléctrico como el mostrado en la figura 2.1.



**Figura 2.1** ■ Péndulo eléctrico.

## Procedimiento

1. Acerca la barra de vidrio a los pedacitos de papel, pero sin tocarlos, ¿qué observaste?

---

---

---

2. Frota la barra de vidrio con cualquier paño. Acércala a algunos pedacitos de papel. Observa con cuidado y anota tus observaciones.

---

---

---

3. Nuevamente frota la barra de vidrio con la bolsa de plástico y aproxímalas sin tocar a la esfera del péndulo eléctrico (figura 2.1). Anota lo que observaste.

---

---

---

4. Ahora frota el popote con la bolsa de plástico y aproxímalas sin tocar a la esfera del péndulo eléctrico y anota tus observaciones.

---

---

---

5. Repite el procedimiento anterior, pero ahora frotando la barra metálica con la bolsa de plástico. Anota tus observaciones.

---

---

---

## Discusión

1. Explica de una manera completa y detallada lo que les sucede a las moléculas de la esfera del péndulo eléctrico al acercar la barra cargada eléctricamente.

---

---

---

---

---

---



## Producción de carga eléctrica

La electrización de un cuerpo consiste en cargarse eléctricamente a través de la pérdida o ganancia de electrones. Existen tres procedimientos por medio de los cuales, los cuerpos pueden electrizarse: *por frotamiento, por contacto y por inducción.*

### Electrización por frotamiento

#### Procedimiento

1. Acerca el popote a la esfera del péndulo eléctrico y observa lo que sucede.

---

---

---

2. Ahora, frota el popote con la bolsa de plástico y acércalo con cuidado a la esfera sin tocarla. Si por casualidad la esfera del péndulo toca al popote, toca con los dedos la esfera. Anota tus observaciones.

---

---

---

3. A continuación acerca a la esfera del péndulo la parte de la bolsa de plástico que estuvo en contacto con el popote al frotarse. Registra lo que observaste.

---

---

---

4. Ahora frota el popote con el paño de nailon y aproxímalo al péndulo eléctrico sin tocar la esfera. Anota tus observaciones.

---

---

---

5. Repite el procedimiento anterior, pero ahora con la barra de vidrio, y con la regla de plástico. Registra tus observaciones.

---

---

---

#### Discusión

1. ¿La esfera del péndulo fue atraída por el popote cuando éste no fue frotado por la bolsa de plástico? Explica.

---

---

---

2. ¿La esfera del péndulo fue atraída cuando se aproximaron las barras frotadas por el paño y el popote frotado por la bolsa de plástico? Explica.

---



---



---

### ■ Conclusiones

De lo anterior se concluye que los cuerpos pueden cargarse eléctricamente cuando:

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

## Electrización por contacto

### ■ Procedimiento

1. Acerca el electrodo de prueba plano a la esfera del péndulo, pero sin tocarla. ¿Qué observas?

---



---



---

2. Toma el popote cargado previamente por frotamiento con la bolsa de plástico y ponlo en contacto con el electrodo de prueba plano como se indica en la figura 2.2, y acércalo a la esfera del péndulo eléctrico. Registra tus observaciones.

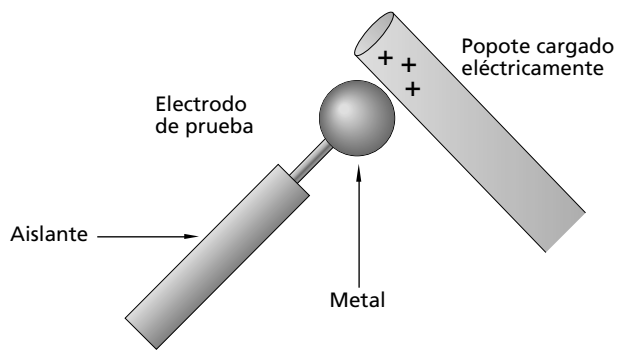
---



---



---



**Figura 2.2** ■ Toca la parte metálica del electrodo de prueba con el popote cargado eléctricamente.

- 3. Toca con los dedos (secos) el electrodo de prueba y repite el experimento anterior, pero ahora emplea la barra de vidrio en lugar del popote. Registra tus observaciones.

---

---

---

### ■ Discusión

- 1. ¿Por qué es necesario aislar la parte metálica del electrodo de prueba para que se cargue ésta?

---

---

---

### ■ Conclusiones

De lo anterior se puede deducir que el electrodo de prueba al ponerse \_\_\_\_\_ con un cuerpo cargado ha adquirido carga eléctrica, ya que al aproximarse a la esfera del péndulo eléctrico, ésta es \_\_\_\_\_.

¿Qué otras conclusiones obtuviste?

---

---

---

---

---

---

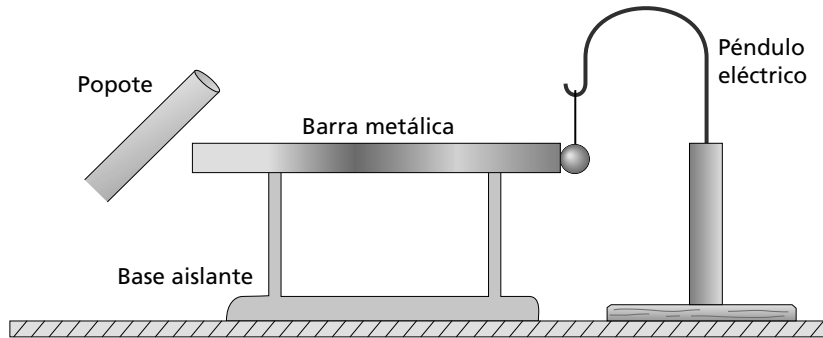
---



## Electrización por inducción

### Dispositivo

Arma el dispositivo que se muestra en la figura 2.3.



**Figura 2.3** ■ La esfera del péndulo debe estar en contacto con la barra metálica. Ahora, aproxima el popote al otro extremo de la barra.

## Procedimiento

1. Toma el popote y acércalo como se muestra en la figura 2.3. Anota lo sucedido.

---



---



---



---

2. Ahora frota el popote con la bolsa de plástico y acércalo nuevamente a la barra de metal. Observa la esfera del péndulo eléctrico y, sin dejar de observar, aleja el popote cargado. Anota tus observaciones.

---



---

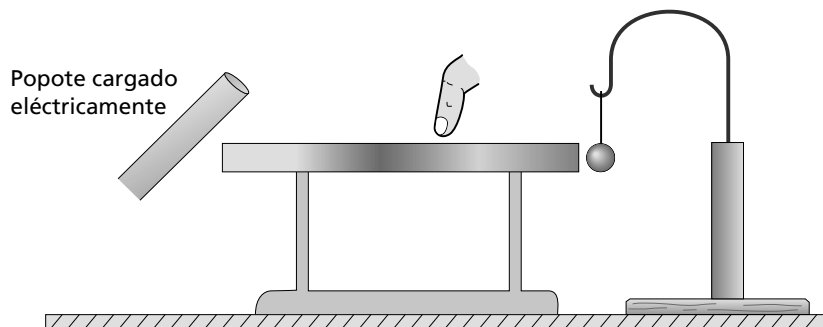


---



---

3. Repite el experimento anterior pero ahora, antes de alejar el popote cargado eléctricamente, toca con tu dedo la barra de metal, como se muestra en la figura 2.4.



**Figura 2.4** ■ Sin alejar el popote cargado eléctricamente toca con uno de tus dedos la barra metálica.

### ■ Discusión

1. Al alejar el popote cargado eléctricamente, ¿la esfera del péndulo eléctrico es atraída por la barra de metal?

---

---

---

2. ¿Por qué se cargó eléctricamente la barra de metal al tocarla con el dedo, si el popote cargado no hace contacto con ella?

---

---

---

### ■ Conclusiones

La carga adquirida por la barra de metal es llamada **inducida**, porque ha sido transferida sin hacer \_\_\_\_\_.

¿Qué otras conclusiones obtuviste?

---

---

---

---

---

---

---

### Clases de carga eléctrica

### ■ Procedimiento

1. Con el popote frotado con la bolsa de plástico, toca a la esfera de uno de los péndulos y observa. Di qué sucede después de un corto intervalo de contacto.

---

---

---

---

Para explicar este hecho se dice que la esfera del péndulo ha tomado parte de la carga eléctrica que tenía el \_\_\_\_\_ y que ambas cargas de dichos cuerpos se repelen.

2. Con el popote cargado eléctricamente toca la esfera del otro péndulo eléctrico.

3. Acerca las esferas de los dos péndulos eléctricos como se indica en la figura 2.5. ¿Qué observaste?

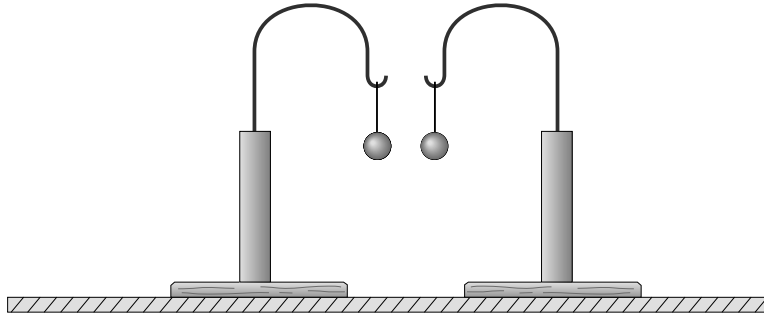
---



---



---



**Figura 2.5** ■ Acerca lentamente las dos esferas de los péndulos eléctricos.

4. Toca con tus dedos las dos esferas de los péndulos, de esta manera los descargas.
5. Frota nuevamente el popote con la bolsa de plástico y toca con el popote la esfera de uno de los péndulos y con la región frotada de la bolsa de plástico, toca la esfera del otro péndulo. En estas condiciones, acerca ambas esferas de los péndulos como se indica en la figura 2.5 y registra a continuación lo que observas:

---



---



---



---



---



---

### ■ Conclusiones

Para explicar estos hechos hay que admitir que existen \_\_\_\_\_.

Además se observó que cuerpos con cargas del mismo tipo se \_\_\_\_\_

---

¿Qué otras conclusiones obtuviste?

---



---



---

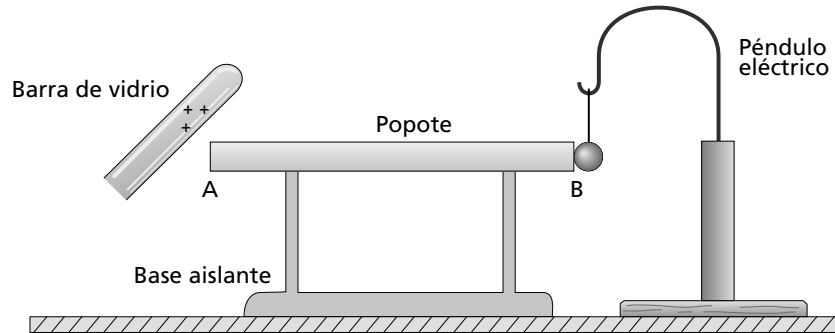


---

## Conductores y aisladores

### Dispositivo

Arma el dispositivo que se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6** ■ El popote se encuentra sobre el soporte aislante y uno de sus extremos debe estar en contacto con la esfera del péndulo.

### ■ Procedimiento

1. Toca el extremo A del popote con la barra de vidrio cargada. Observa el péndulo eléctrico. Anota lo que sucede.

---

---

---

2. Descarga la barra de vidrio y colócala en el soporte aislante en lugar del popote y carga este último y repite el experimento. Anota tus observaciones.

---

---

---

3. Ahora coloca la barra de hierro en lugar de la barra de vidrio y toca su extremo con el popote cargado previamente y observa la esfera del péndulo eléctrico. Repite empleando la otra barra de metal. Anota tus observaciones en cada caso.

---

---

---

---

---

### ■ Conclusiones

De este experimento se puede decir que algunos materiales sólo se \_\_\_\_\_ en la región en que se hace contacto con el cuerpo cargado eléctricamente, y otros en cambio, como los metales, transmiten la \_\_\_\_\_, llamándose aisladores a los primeros y conductores a los segundos.

¿Qué otras conclusiones obtuviste de esta práctica?

---

---

---

---

---

---

---

---

### ■ Actividades complementarias

Responde de manera breve las siguientes preguntas.

1. ¿Cuántas clases de cargas eléctricas se descubrieron en este experimento?

---

---

---

2. ¿Cómo se comportan las cargas eléctricas entre sí?

---

---

---

3. ¿Qué interpretación se le da al principio de la conservación de la carga eléctrica, cuando se carga la barra de vidrio por frotamiento con el paño de lana? Explica.

---

---

---

4. ¿Cómo se podría usar una barra cargada negativamente para cargar por inducción dos barras metálicas, de manera que una quede con carga positiva y la otra con negativa?

---

---

---

5. ¿Cuál es la diferencia entre un conductor y un aislador?

---

---

---

6. Di por qué a los camiones que transportan combustible en la carrocería se les coloca por medio de cadenas una placa metálica de tal manera que ésta toque el piso.

---

---

---

7. ¿Cómo afecta el medio ambiente a los experimentos sobre cargas electrostáticas?

---

---

---

**Investiga lo siguiente.**

1. ¿Cómo se descubrió que la carga eléctrica estaba cuantizada?

---

---

---

---

---

2. ¿Qué establece la ley de Coulomb?

---

---

---

---

---

3. ¿Qué es la polarización?

---

---

---

---

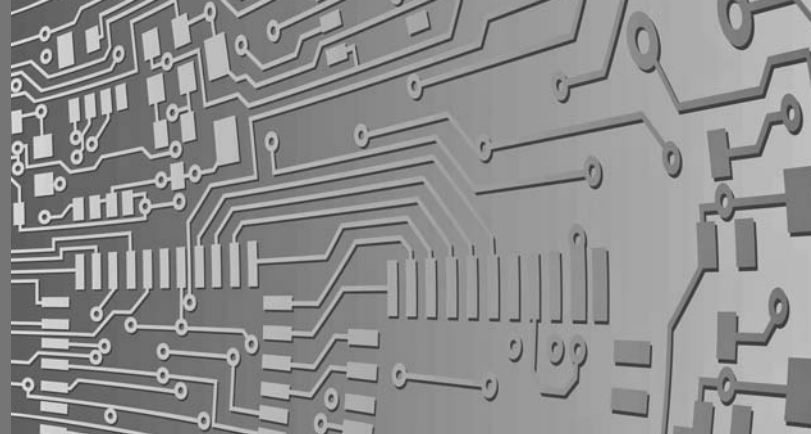
---

**BIBLIOGRAFÍA**

---

Gutiérrez, Carlos, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

Sears, W. Francis et al., *Física universitaria*, vol. 2, México: Pearson, 2004.



## Campo eléctrico

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Concluirá que en el espacio que rodea a una carga eléctrica existe una fuerza de origen eléctrico.
- Describirá los diferentes espectros de las líneas de fuerza del campo eléctrico obtenidos entre electrodos de diversas geometrías.

### INTRODUCCIÓN

Se observa que un péndulo cargado eléctricamente se inclina cuando se aproxima a la región que rodea a uno o más cuerpos con carga eléctrica. La inclinación del péndulo se invierte si se cambia el signo de su carga eléctrica, con lo que se prueba que la carga eléctrica "prácticamente puntual" del péndulo sufre la acción de una fuerza electrostática  $\vec{F}$ , cuyo sentido está ligado al signo de las cargas.

Ahora bien, a la región del espacio que rodea a un cuerpo o la partícula cargada eléctricamente, donde se perciben las fuerzas de atracción o de repulsión que se producen sobre otros cuerpos cargados eléctricamente se le llama **campo eléctrico**.

La existencia del *campo eléctrico* se debe a que la región del espacio que rodea a un cuerpo cargado eléctricamente, se modifica de alguna manera por la presencia de la carga eléctrica en dicha región.

Al campo eléctrico se le asocia en cada uno de sus puntos, una magnitud física vectorial llamada **intensidad de campo eléctrico**, que es la que provoca una fuerza sobre cualquier carga eléctrica colocada en el campo eléctrico.

Para definir operacionalmente la intensidad del campo eléctrico, colocamos un pequeño cuerpo de prueba que tenga una carga  $q_0$  (positiva) en el punto del espacio que se va a examinar y medimos la fuerza eléctrica  $\vec{F}$  (si acaso hay alguna) que obre sobre ese cuerpo. La intensidad del campo eléctrico  $\vec{E}$  en el punto se define así:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (1)$$

donde:  $\vec{E}$  = intensidad de campo eléctrico

$\vec{F}$  = fuerza eléctrica sobre  $q_0$

$q_0$  = carga de prueba

En la ecuación 1 es necesario que el campo eléctrico de la carga de prueba no altere sensiblemente el campo de las cargas en estudio, esto implica que  $q_0 \rightarrow 0$ , con lo que es posible establecer una definición más rigurosa, que es:

$$\vec{E} = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2)$$

La intensidad del campo eléctrico  $\vec{E}$  se expresa en  $\frac{\text{newton}}{\text{coulomb}}$  (N/C) en el sistema internacional (SI).

El campo eléctrico alrededor de un cuerpo cargado puede describirse no sólo por una magnitud vectorial  $\vec{E}$ ; sino también por una magnitud física escalar llamada **potencial eléctrico**, representada por la letra  $V$ . Es decir, a cada uno de los puntos de un campo eléctrico, se le atribuye una propiedad escalar llamada potencial eléctrico ( $V$ ).

El **potencial eléctrico** o simplemente **potencial**, es la energía potencial por unidad de carga eléctrica. Se define el potencial  $V$  en cualquier punto de un campo eléctrico como la energía potencial eléctrica ( $U$  o EPE) por unidad de carga asociada con una carga de prueba  $q_0$  en este punto, es decir:

$$V = \frac{U}{q_0} \quad (3)$$

Como la carga eléctrica y la energía potencial eléctrica son magnitudes escalares, el potencial eléctrico es también una magnitud escalar. La unidad del potencial eléctrico en el SI es el *volt* (V) en honor del científico Alessandro Volta (1745-1827), es igual a  $\frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ coulomb}}$ , es decir,  $1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$ .

Así como hay dos magnitudes físicas que se pueden emplear para describir la región que rodea a una carga eléctrica, hay dos formas diferentes de representar gráficamente un campo eléctrico.

Una es un conjunto de líneas (**líneas de fuerza**) que indican en cada punto la dirección de la intensidad del campo eléctrico.

La otra es un conjunto de superficies (**superficies equipotenciales**) que indican en cada punto el potencial eléctrico.

Las líneas de fuerza son líneas imaginarias que corresponden a la trayectoria que seguirían pequeños cuerpos de carga eléctrica positiva en el campo eléctrico.

A la representación de las líneas de fuerza de un campo eléctrico se le designa con el nombre de **espectro de campo eléctrico**.

En esta práctica observarás y determinarás experimentalmente el **espectro de campo eléctrico** de una carga eléctrica puntual y de diferentes distribuciones de carga eléctrica. Para ello, debes colocar en un recipiente de plexiglas un poco de aceite de ricino, al cual le has espolvoreado aserrín (o semillas); posteriormente, colocas sobre el aceite cuerpos metálicos de diferente forma, cargados de potenciales altos, así lograrás que las partículas de aserrín se polaricen, debido a las atracciones y repulsiones eléctricas que se presentan entre ellas, y se moverán acomodándose en la dirección de las líneas de fuerza.

Finalmente, cabe recalcar que la importancia del conocimiento de los **espectros del campo eléctrico** se ve en el uso que la ingeniería eléctrica y electrónica le han dado, por



ejemplo en el tubo de rayos catódicos, en filtros electrostáticos, en el pararrayos, etcétera.

## Material

- 4 cables de conexión
- 1 agitador
- 1 péndulo eléctrico
- 1 barra de vidrio
- 1 juego de accesorios para la cuba electrostática
- 1 generador de Van de Graff
- 1 frasco de aceite de ricino
- 1 cuba electrostática
- 1 barra de poliesterina
- 1 paño de lana
- Aserrín o semillas de alpiste
- 1 popote y una bolsa de plástico (los cuales deberán ser traídos por el alumno)

## Desarrollo experimental

### Campo eléctrico

## Procedimiento

1. Frota el popote con la bolsa de plástico y ponlo en contacto con la esfera del péndulo eléctrico. Anota tus observaciones.

---



---



---

2. Ahora acerca lo suficiente la esfera cargada del péndulo eléctrico sin hacer contacto, primero a la región frotada de la bolsa de plástico y después al popote cargado. Anota tus observaciones.

---



---



---

## Discusión

1. ¿Qué tipo de carga adquirió la esfera del péndulo eléctrico cuando hizo contacto con el popote?

---



---

- 2. Cuando la esfera del péndulo eléctrico cargado se acerca lo suficiente a la bolsa de plástico y al popote cargados, señala si existe algún tipo de interacción sobre la esfera del péndulo.

---

---

- 3. ¿Qué tipo de interacción fue la que se detectó en este experimento?

---

---

- 4. Una vez cargado el péndulo eléctrico y cargado el popote, señala si hubo necesidad de que hubiera contacto físico entre ambos cuerpos para que apareciera una fuerza de origen electrostático. Explica.

---

---

---

**■ Conclusiones**

A la región del espacio que rodea a un cuerpo cargado donde aparecen \_\_\_\_\_ de origen eléctrico cuando se colocan otros cuerpos cargados se denomina \_\_\_\_\_.

¿Qué otras conclusiones obtuviste?

---

---

---

---

---

Espectros de campo eléctrico

**■ Procedimiento**

- 1. Vierte el aceite de ricino en la cuba electrostática (recipiente de vidrio refractario) hasta tener aproximadamente una capa de 4 mm de profundidad y espolvorea un poco de aserrín o las semillas. Instala una "lenteja" y el anillo grande (figura 3.1) en los portaelectrodos de la cuba y éstos a su vez conéctalos a tierra y a la esfera del generador de Van de Graff (o fuente de voltaje) respectivamente y observa. Anota tus observaciones.

---

---

---

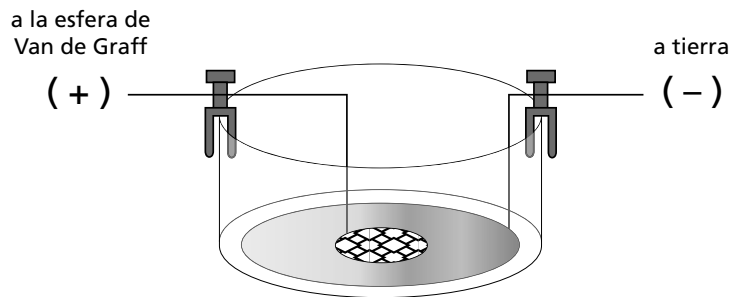
---



---



---



**Figura 3.1** ■ Dispositivo para observar el espectro del campo eléctrico alrededor de una carga eléctrica.

2. Pon a funcionar el generador y observa nuevamente lo que sucede con el aserrín. ¿Qué observaste en esta ocasión? Realiza en el cuadro un dibujo del espectro observado.

---



---



---

Dibujo del espectro observado del campo eléctrico de una carga puntual.

3. Al finalizar lo anterior, desconecta el generador (o la fuente de voltaje), pero antes descárgalo tocando con un alambre conectado a tierra la esfera de Van de Graff, remueve con el agitador el aceite de ricino con el aserrín e invierte las conexiones en los portaelectrodos, de tal manera que la lenteja esté conectada a la esfera del generador y pon a funcionar el generador de Van de Graff (o la fuente de voltaje). ¿Cómo es ahora el espectro observado?

---



---



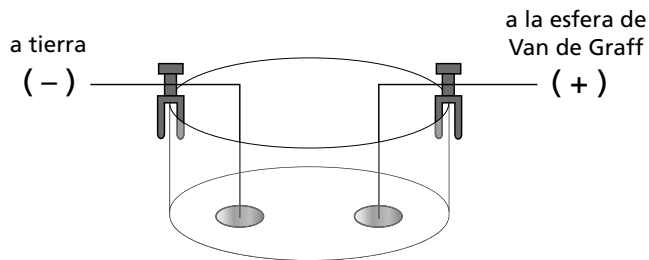
---



---

4. Cambia los electrodos (lenteja y arillo), por otro par, de modo que se observe el campo formado por:

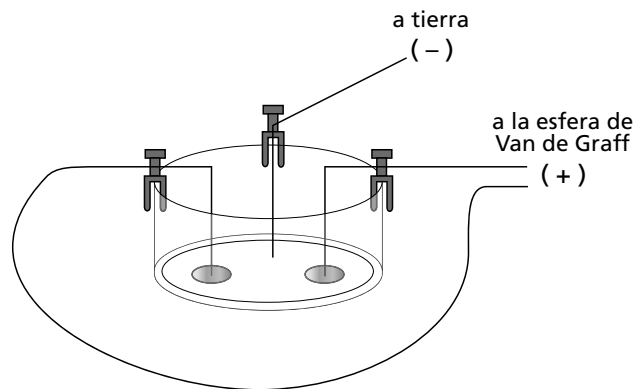
a) Dos cargas puntuales de diferente signo (figura 3.2).



**Figura 3.2** ■ Una "lenteja" se conecta al electrodo negativo (o tierra) y el otro al electrodo positivo (esfera de Van de Graff).

**Precaución:** No tocar simultáneamente ambos electrodos cuando el generador esté funcionando.

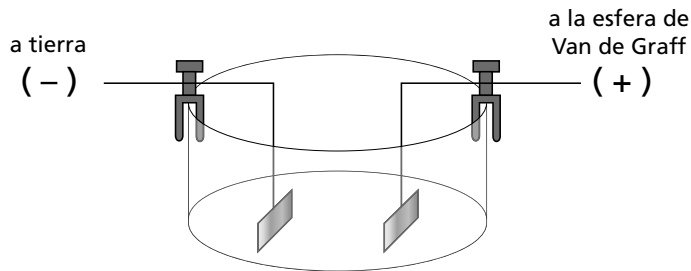
b) Dos cargas puntuales del mismo signo (figura 3.3).



**Figura 3.3** ■ Las dos lentejas se conectan a la esfera de Van de Graff o al electrodo positivo de la fuente del voltaje.

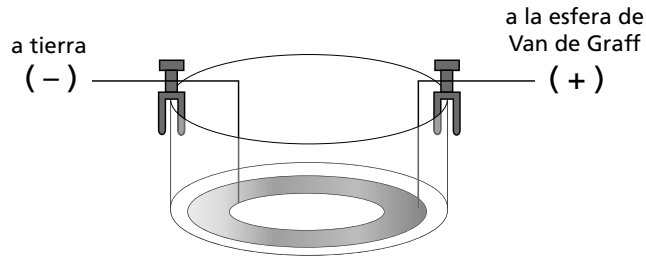
5. En este caso, para que se observe mejor el espectro del campo, instala en un portaelectrodo el anillo grande conectado a tierra y las dos cargas puntuales a la esfera del generador.

a) Dos placas paralelas cargadas de diferente signo que simulen un capacitor de placas paralelas (figura 3.4).



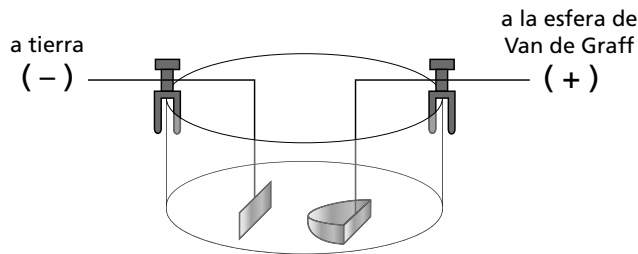
**Figura 3.4** ■ Con este arreglo es posible visualizar el espectro del campo eléctrico entre las dos placas paralelas.

b) Dos arillos circulares cargados con diferente carga que simulen un condensador de placas cilíndricas (figura 3.5).



**Figura 3.5** ■ ¿Cómo es el campo en el interior del arillo circular de menor diámetro?

c) Un cuerpo con punta cargado y una placa cargada con signo contrario (figura 3.6).



**Figura 3.6** ■ Con este arreglo experimental es posible observar el espectro del campo eléctrico del efecto de puntas.

6. Dibuja en el siguiente espacio los espectros de los campos observados para cada una de las distribuciones del inciso anterior.

a) Dos cargas puntuales de diferente signo.	b) Dos cargas puntuales del mismo signo.
c) Dos placas paralelas cargadas eléctricamente de signos opuestos.	d) Dos arillos circulares cargados eléctricamente de signos opuestos.
f) Un cuerpo con punta cargado.	

**Figura 3.7** ■ Espectro del campo eléctrico de diversas distribuciones de carga eléctrica.

### ■ Discusión

1. ¿A qué atribuyes que las partículas de aserrín o semillas se desplacen en el aceite y se alineen cuando se encuentran bajo la acción de un cuerpo cargado eléctricamente?

---

---

---

2. ¿Cómo se alinean las partículas de aserrín en la región que rodea a una carga eléctrica puntual?

---

---

---

3. ¿En qué caso las partículas de aserrín se alinean paralelamente?

---

---

---

4. Describe el espectro del campo eléctrico de un cuerpo cargado eléctricamente en forma de punta

---

---

---

5. ¿Hay campo eléctrico en el interior del arillo de menor diámetro de la figura 3.5?

---

---

---

6. ¿Cómo se diferencia el espectro de una carga puntual positiva del espectro de una carga puntual negativa?

---

---

---

### ■ Conclusiones

¿Cuáles son las conclusiones que obtuviste de esta práctica?

---

---

---

**■ Actividades complementarias**

Investiga y define los siguientes términos.

a) Campo eléctrico

---



---



---

b) Polarización

---



---



---

c) Dipolo eléctrico

---



---



---

d) Ionización

---



---



---

e) Carga puntual

---



---



---

f) Línea de fuerza

---



---



---

g) ¿Qué es una superficie equipotencial?

---



---



---

Describe las características de las líneas de fuerza.

---



---



---

**Escribe las ecuaciones que permiten conocer...**

a) El potencial eléctrico de una carga eléctrica puntual.

b) La intensidad de campo eléctrico de una carga puntual.

c) La intensidad de campo eléctrico en el campo eléctrico uniforme que aparece entre dos placas paralelas.

**Resuelve los siguientes problemas.**

1. Dos cargas puntuales de magnitudes y signos desconocidos están separadas una distancia  $d$ . La intensidad del campo eléctrico es cero en un punto situado entre ellas, en la línea que las une más cerca de una de las cargas. ¿Qué se puede deducir respecto a las cargas?

---

---

---

---

---



2. En el punto  $P$  del espacio próximo a la carga eléctrica  $q$  (figura 3.8) se ha representado el valor de la intensidad de campo eléctrico  $\vec{E}$  en dicho punto. ¿Cuál sería la representación que le correspondería a la intensidad del campo eléctrico en ese punto si se coloca allí una carga negativa muy pequeña? Dibújala en el cuadro y en el siguiente espacio justifica tu respuesta.

---



---



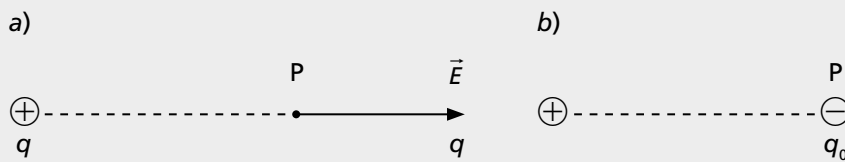
---



---



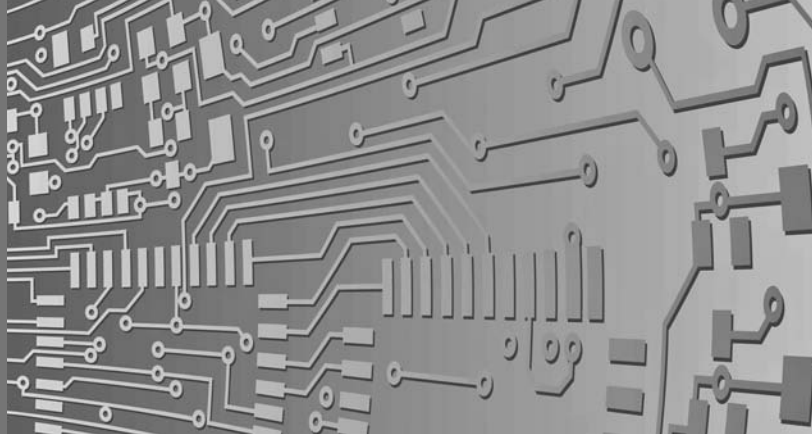
---



**Figura 3.8** ■ Concepto de intensidad de campo eléctrico.

## BIBLIOGRAFÍA

Gutiérrez, Carlos, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.  
 Sears, W. Francis et al., *Física universitaria*, vol. 2, México: Pearson, 2004.



## Distribución de las cargas eléctricas en los conductores

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Determinará, empleando un electroscopio, si un cuerpo está cargado, y si está cargado, el signo de su carga.
- Verificará que en los conductores la carga eléctrica se distribuye en la superficie exterior al realizar la experiencia de Cavendish.
- Verificará, mediante el empleo de un electroscopio, que en el interior de un conductor hueco la intensidad de campo eléctrico es nula.
- Explicará lo que sucede con el efecto de puntas al realizar las experiencias del rehilete electrostático y el mechón de cabellos.

### INTRODUCCIÓN

En la realización de los primeros experimentos de electricidad estática, los científicos observaron que las sustancias diferían en su facultad de mantener lo que en aquellos tiempos llamaban la **virtud eléctrica**, pues algunas sustancias podían electrizarse fácilmente por diferentes procedimientos, así como mantener dicho estado, y había otras que en aquellos tiempos no se podían electrizar por ningún procedimiento. Esto dio origen a que se elaborasen listas en las que se clasificaban a las sustancias en "eléctricas" y "no eléctricas".

A principios del siglo XVIII los científicos de la época lograron electrizar intensamente las sustancias *no eléctricas*, si éstas se apoyaban sobre una barra de vidrio o si se suspendían de hilos de seda.

En 1730 en Inglaterra, Stephen Gray (1696-1736) demostró que la "virtud eléctrica" podía conducirse de un cuerpo a otro a grandes distancias por medio de un cordón horizontal de una sustancia *no eléctrica*, con tal de que el propio cordón estuviese suspendido

por hilos de seda. Además, se demostró que una esfera metálica colocada sobre una base metálica perdía su “virtud eléctrica” en un lapso de tiempo muy corto y que una esfera metálica sobre una base de vidrio mantenía su “virtud eléctrica” durante algunos días.

Después de los trabajos de Gray y de sus contemporáneos, se estableció una división de las sustancias en *conductoras eléctricas* y en *aisladoras eléctricas*.

Actualmente se dice que un cuerpo es **conductor**, cuando los átomos que lo forman ceden con relativa facilidad sus “electrones libres”, y que un cuerpo es **aislador** cuando está constituido por átomos que ejercen gran atracción sobre sus electrones superficiales y, por lo tanto, no los cede con facilidad.

Los buenos conductores como los metales ordinarios difieren en su *conductividad eléctrica* ( $\sigma$ ) de los aisladores como el vidrio, el plástico, etc. De manera que la relación de sus conductividades es del orden de  $10^{20}$ , pues mientras que la conductividad de la plata es de  $6.28 \times 10^7 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ , la del hule duro es del orden de  $10^{-13} (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ .

La corriente eléctrica en los conductores se explica por la presencia de cargas libres (electrones en los metales, iones en los electrolitos y gases ionizados). Los electrones pueden desplazarse en el interior de la materia, pero en general no pueden dejar su superficie.

En los metales existen muchos electrones libres, de manera que bajo la acción de un campo eléctrico se puede poner en movimiento gran cantidad de ellos. Bajo condiciones “electrostáticas” los electrones se desplazarán solamente hasta que produzcan un campo nulo en todo punto del interior del conductor, lo que sucede generalmente en una pequeña fracción de segundo.

Como en un material conductor el campo eléctrico es cero en todo punto, la densidad de carga en el interior del conductor debe ser cero. Es decir, *si se coloca cualquier carga sobre o dentro de un conductor, ésta se ubicará sólo en la superficie exterior del mismo*, originando un campo eléctrico inmediatamente fuera de la superficie del conductor, normal a dicha superficie.

La experiencia indica que la *densidad superficial de carga* ( $\sigma = dq/ds$ ) en los conductores es proporcional a la curvatura, es por esto que en las puntas la densidad superficial de carga es muy grande. Los fabricantes de materiales conductores tratan de evitar secciones que terminen en puntas en sus productos para evitar pérdidas de carga a través de ellas. Sin embargo, el **efecto de puntas** es tomado en cuenta para la construcción de pararrayos, los cuales son de gran utilidad para el hombre de nuestros días.

La experiencia también ha demostrado que en una cavidad que esté completamente encerrada por un conductor, no se producirán campos en el interior, independientemente de la distribución de cargas en el exterior, lo que explica el principio del *blindaje* del equipo eléctrico, el cual se consigue ubicándolo dentro de una caja metálica.

## Material

- 1 generador de Van de Graff
- 1 pinza para mesa
- 1 copa de Faraday
- Cables para conexión
- 1 paño de seda
- 1 mechón de cabellos
- 1 barra de poliesterina
- 2 hemisferios de Cavendish
- 1 banco aislado
- 1 electroscopio
- 1 barra de vidrio
- 1 rehilete electrostático

- 1 borne aislado
- 1 esfera hueca
- 1 clavo
- 1 paño de lana
- 1 popote y una bolsa de plástico (este material deberá ser traído por el alumno)

## ■ Desarrollo experimental

### El electroscopio

#### Dispositivo

Este dispositivo (figura 4.1) está formado por dos láminas  $L$ ,  $L'$ , ligerísimas de aluminio, fijadas a una varilla metálica ( $V$ ), coronada por una esferilla también metálica  $E$ . La varilla se ajusta en un tapón aislador ( $T$ ), de manera que las láminas puedan ser vistas del exterior del recipiente.

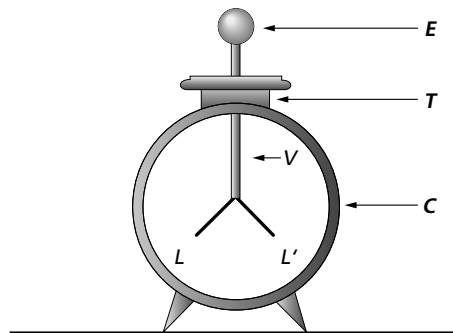


Figura 4.1 ■ Electroscopio.

## ■ Procedimiento

1. Acerca a la esfera del electroscopio un popote sin frotar. Anota lo que observaste.

---

---

---

2. Después de lo anterior, carga eléctricamente el popote con la bolsa de plástico y acércalo hasta tocar la esfera del electroscopio. Anota tus observaciones.

---

---

---

3. Toca la esfera ( $E$ ) del electroscopio con la mano y repite el procedimiento anterior, pero ahora con la barra de poliésterina y anota tus observaciones.

---

---

---

4. Carga el electroscopio tocándolo con la barra de vidrio frotada con el paño de lana, de manera que las hojas queden sólo un poco separadas; acerca a la esfera, pero sin llegar a tocarla, un objeto cargado negativamente. Anota lo que sucede.

---



---



---

5. Ahora, acerca a la esfera del electroscopio cargada eléctricamente, un objeto cargado positivamente pero sin llegar a tocarla. Anota lo que sucede.

---



---



---

6. Por último, aproxima a la esfera, pero sin tocarla, un objeto que no haya sido frotado y que en consecuencia, esté descargado. ¿Qué sucede?

---



---



---

## **Discusión**

1. ¿Por qué desciende la carga eléctrica colocada en la esfera hasta las hojas en el electroscopio?

---



---



---

2. Cuando se carga el electroscopio con un tipo de carga y se le acerca una barra cargada con el otro tipo, ¿qué se observa?

---



---



---

3. Si se le acerca al electroscopio una barra cargada con una carga eléctrica del mismo signo, ¿qué sucede?

---



---



---

4. ¿Cómo se podría identificar el tipo de carga que adquiere un objeto cualquiera al ser frotado con otro, empleando los resultados de las observaciones hechas en este experimento?

---



---



---

■ **Conclusiones**

De las observaciones hechas en este experimento se puede concluir que un electroscopio es un dispositivo que:

---



---

¿A qué otras conclusiones has llegado en este experimento?

---



---

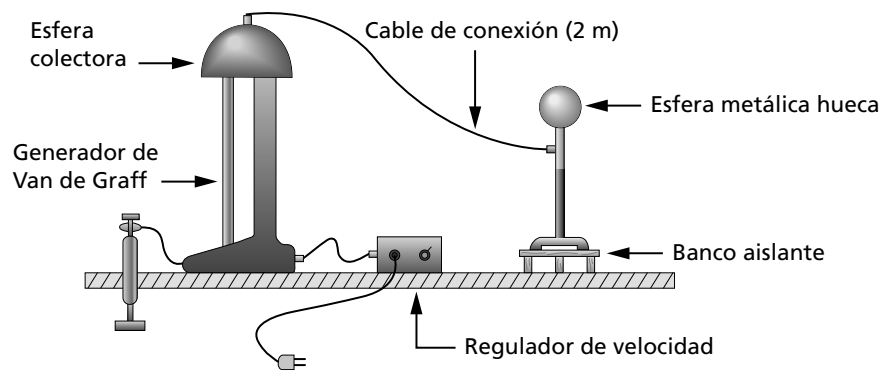


---

### La experiencia de Cavendish

**Dispositivo**

Monta el arreglo experimental que se muestra en la figura 4.2.



**Figura 4.2** ■ Conecta la esfera metálica hueca con la esfera colectora de Van de Graff con ayuda de un cable.

■ **Procedimiento**

1. Monta la esfera metálica hueca en el soporte aislante y colócala en el banco aislante. Conéctala a la esfera colectora de Van de Graff por medio del cable de conexión, teniendo cuidado que éste no toque ningún otro cuerpo, como se muestra en la figura 4.2.
2. Para cargar la esfera metálica hueca pon a funcionar el generador a su velocidad mínima durante un minuto aproximadamente y apágalo.
3. Después de lo anterior, desconecta la esfera metálica hueca del generador procurando no tocar con la mano ni el generador ni la esfera. Con la sonda de prueba toca cualquier punto de la superficie de la esfera hueca, y acércala al electroscopio<sup>1</sup> para determinar si la esfera está cargada. Anota tus observaciones.

---



---

<sup>1</sup> El electroscopio debe estar alejado de Van de Graff para evitar su influencia.

4. Ahora toma los dos hemisferios metálicos descargados, provistos de mangos aisladores, y cubre la esfera metálica con ellos como se muestra en la figura 4.3.
5. Después de unos segundos separa ambos hemisferios y, con la ayuda de la sonda de prueba y del electroscopio descargado, determina si existe carga eléctrica en la esfera y en los hemisferios. Registra tus observaciones.

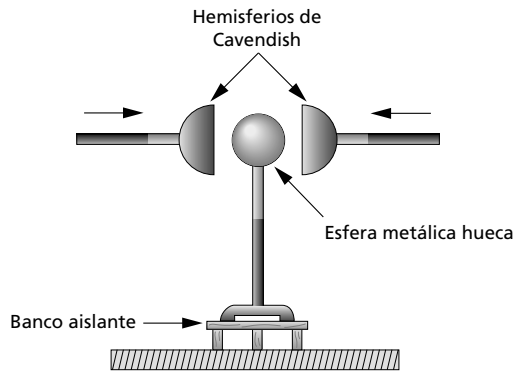
---



---



---



**Figura 4.3** ■ Primero cubre la esfera hueca con los hemisferios de Cavendish y después retira dichos hemisferios.

## ■ Discusión

1. ¿Cómo obtuvo la carga eléctrica la esfera metálica hueca en este experimento?
2. ¿Cómo se le detectó?
3. ¿Por qué cuando se hace contacto en la superficie de la esfera hueca con la sonda de prueba, ésta puede adquirir carga eléctrica en el punto de contacto?
4. Di si la carga eléctrica adquirida por contacto por la sonda de prueba pasa íntegramente al electroscopio.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

5. Cuando los hemisferios metálicos cubren a la esfera metálica, ¿cuál es la superficie externa del conjunto?

---

---

---

6. Después de haber descubierto la esfera con los hemisferios, ¿se detectó carga eléctrica en la esfera hueca?

---

---

---

7. ¿En los hemisferios?

---

---

8. La carga eléctrica que se detectó en los hemisferios metálicos ¿fue del mismo signo que el de la esfera metálica? Explica cómo se podría comprobar lo anterior.

---

---

---

■ **Conclusiones**

¿Qué puedes concluir de esta experiencia?

---

---

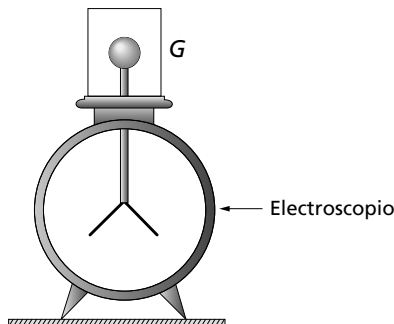
---

---

**Pantalla eléctrica**

**Dispositivo**

Coloca el capuchón metálico G sobre el electroscopio, como se muestra en la figura 4.4.



**Figura 4.4** ■ Coloca el recipiente metálico sobre la esfera del electroscopio.



## ■ Procedimiento

1. Acerca un popote cargado eléctricamente al capuchón (G). Anota tus observaciones.

---

---

2. Ahora toca el capuchón con el popote cargado eléctricamente y registra tus observaciones.

---

---

---

3. Repite lo anterior, pero ahora con la barra de vidrio cargada eléctricamente, y anota tus resultados.

---

---

---

## ■ Discusión

1. Compara los resultados obtenidos en este experimento con los obtenidos en el primer experimento de la práctica.

---

---

---

2. ¿A qué atribuyes la diferencia?

---

---

---

3. ¿Qué papel juega el capuchón conductor?

---

---

---

## ■ Conclusiones

¿Cuál es tu conclusión de este experimento?

---

---

---

---

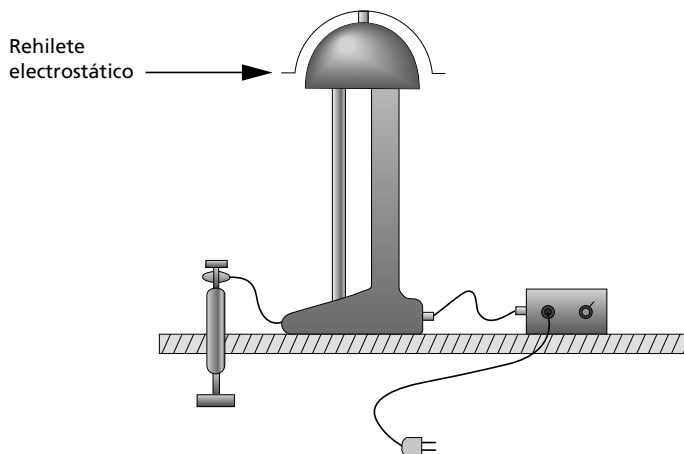
---

## Efecto de puntas

### A) Rehilete electrostático

#### Dispositivo

Arma el dispositivo que se muestra en la figura 4.5.



**Figura 4.5** ■ Coloca el rehilete sobre la parte superior de la esfera de Van de Graff.

### ■ Procedimiento

1. Instala el rehilete sobre la esfera colectora del generador de Van de Graff, y pon a funcionar a este último a su mínima velocidad. Registra tus observaciones.

---

---

2. Ahora aumenta la velocidad y anota lo que sucede.

---

---

### B) Mechón de cabellos

### ■ Procedimiento

Descarga el generador de Van de Graff, quita el rehilete y en su lugar coloca el mechón de cabellos. Pon a funcionar el generador a una velocidad media; déjalo funcionando por espacio de un minuto, registra lo que observas.

---

---

---

---

---

## ■ Discusión

1. ¿Puede ionizarse el aire?

---

---

---

2. ¿A qué se le llama viento eléctrico?

---

---

---

3. ¿Las cargas eléctricas se acumulan en las puntas?

---

---

---

4. ¿En qué condiciones gira el rehilete?

---

---

---

5. ¿Por qué puede girar?

---

---

---

6. ¿En qué condiciones se erizan los cabellos?

---

---

---

## ■ Conclusiones

De las observaciones realizadas durante estos dos últimos experimentos, ¿qué puedes concluir?

---

---

---

---

---

---

¿Qué conclusiones obtuviste en esta práctica?

---

---

---

---

**■ Actividades complementarias**

**Define los siguientes términos.**

a) Densidad lineal de carga.

---

---

b) Densidad superficial de carga.

---

---

c) Densidad volumétrica de carga.

---

---

**Responde las siguientes preguntas.**

1. ¿Es la superficie de un conductor una superficie equipotencial?

---

---

---

2. ¿Qué diferencia existe entre un electroscopio y un electrómetro?

---

---

---

3. Considera una esfera metálica con un hueco en su interior. Al inicio, la esfera está descargada, luego se introduce una carga eléctrica positiva  $q$  en la cavidad, soportada por medio de un material aislante. ¿Cuál es el valor de la carga inducida en cada superficie de la esfera hueca? Explica.

---

---

---

---

---

---

4. ¿Cómo es la gráfica que representa la intensidad de campo eléctrico de una esfera hueca con carga eléctrica positiva? ( $R_i$  = radio interior de la cavidad;  $R_e$  = radio exterior de la superficie exterior de la esfera y  $r$  es la distancia a la que nos interesa conocer la intensidad del campo eléctrico). Dibujala en el siguiente espacio.



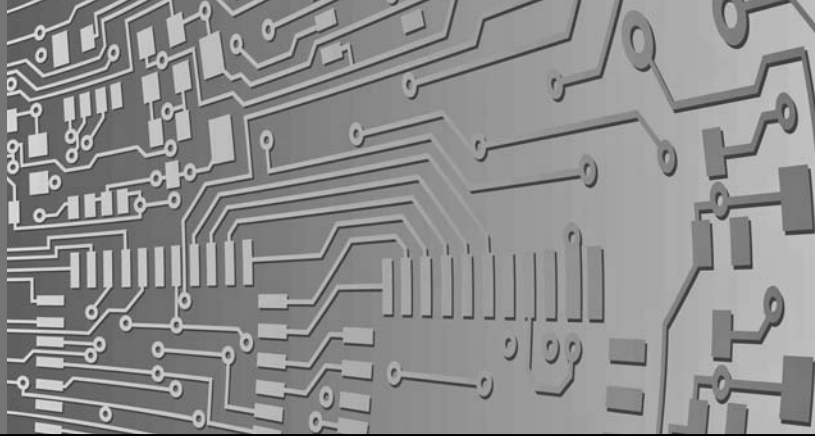
## BIBLIOGRAFÍA

---

Gutiérrez, Carlos, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

Riveros, Héctor, *Electricidad y magnetismo. Preguntas y respuestas*, México: Trillas, 1998.

Sears, W. Francis et al., *Física universitaria*, vol. 2, México: Pearson, 2004.



# Símbolos de componentes eléctricos

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

## OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Reconocerá los símbolos de los principales componentes utilizados en los diagramas eléctricos.
- Identificará las abreviaturas de algunos términos empleados en la ingeniería eléctrica.

## INTRODUCCIÓN

Aunque los dispositivos eléctricos y electrónicos son bastante diversos y complejos, de manera fundamental están contruidos por un pequeño número de componentes fácilmente identificables. El ingeniero debe poder identificarlos con facilidad.

## Símbolos

Los ingenieros y técnicos utilizan diagramas cuando trabajan con circuitos eléctricos y electrónicos. Un **diagrama** es un *mapa que permite seguir las trayectorias de señales o corrientes, localizar los componentes, aislar circuitos y saber qué niveles de voltaje deben esperarse en las distintas partes del circuito*. El diagrama muestra la **relación eléctrica** de los componentes, y no necesariamente la manera en que están localizados en el **chasis**. Se trata de una forma taquigráfica de representar los componentes mediante símbolos en vez de dibujarlos.

Los **símbolos** pueden definirse como *abreviaturas de cualquier artículo, equipo, sustancia o propiedad* y pueden ser letras, cifras, emblemas, signos o dibujos. Su objetivo es:

1. Indicar una cosa para diferenciarla del resto.
2. Escribir de manera breve las ecuaciones, especificaciones, informes, dibujos, etcétera.

Los símbolos proporcionan exactitud porque cada uno está asociado de forma definida a una sola cosa. La descripción de un artículo o de un circuito eléctrico puede ser ambigua, incluso si se emplean las palabras en el sentido en que las define un diccionario, ya que no todas las personas dan el mismo significado a las palabras. Es más fácil escribir “123.45 pesos” que “ciento veintitrés pesos con cuarenta y cinco centavos”, y sería un verdadero problema sumar 20 o más cantidades diferentes de dinero si cada una tuviera que ser escrita en lugar de usar símbolos.

No se han uniformado los símbolos de los componentes que se usan para la representación esquemática de aparatos eléctricos, de radio, de televisión y otros dispositivos electrónicos, y pueden encontrarse diferentes variantes. Los que se presentan en esta actividad son los empleados más comúnmente.

En algunos casos, el símbolo se parece un poco al componente que representa: el símbolo de bobina parece un alambre enrollado; el de capacitor muestra una clara interrupción del circuito entre las placas; el de altavoz parece el perfil de una bocina. Otros símbolos no se parecen a los componentes que representan, aunque muestran su construcción o comportamiento eléctrico. El símbolo de un diodo señala la dirección del flujo de la corriente convencional a través del mismo; el de un interruptor identifica el número de polos y posiciones del interruptor disponibles; el de la celda solar muestra que absorbe energía luminosa; el símbolo de un diodo emisor de luz muestra que cede luz en lugar de absorberla.

## Abreviaturas

Las **abreviaturas** son otra forma de taquigrafía; sin embargo, en la mayoría de los casos, tienen una o más letras de las que aparecen en el nombre o término. Dos muy buenas reglas con respecto a las abreviaturas son:

1. Si hay posibilidades de que se entienda mal una abreviatura, escribe el nombre completo del término.
2. Si tienes duda, consulta las listas de las tablas 5 y 6; si no se incluye ahí el término que buscas, escribe el nombre completo.

Los términos voltaje, intensidad, resistencia, potencia, etc., rara vez se escriben en la solución de los problemas o en la explicación de cualquier circuito electrónico. Es común usar sus abreviaturas.

## Material

- Instructivo de la actividad experimental
- Lápiz

## Desarrollo experimental

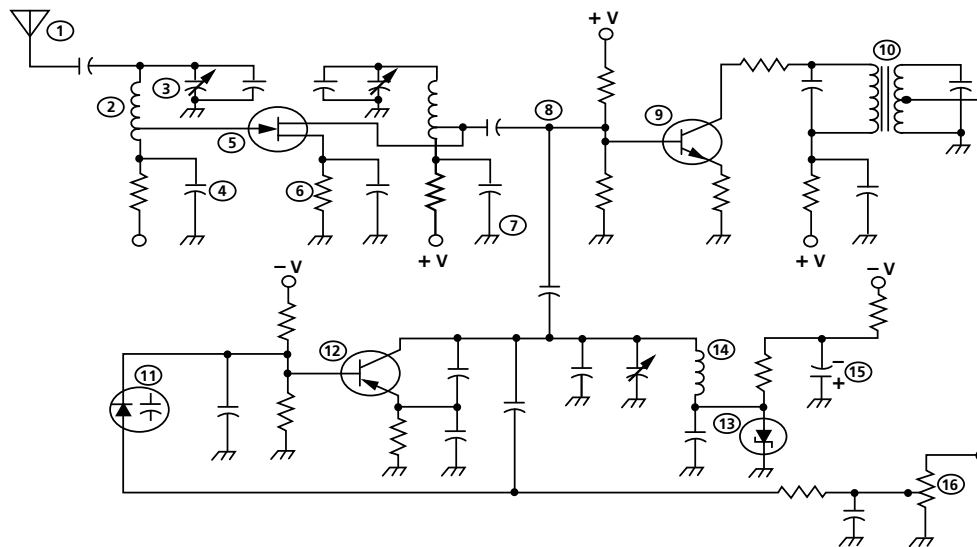
El futuro técnico o ingeniero debe estar familiarizado con los símbolos de los componentes eléctricos y con las abreviaturas empleadas en la ingeniería eléctrica y electrónica. Las actividades que se realizarán consisten precisamente en identificar símbolos y abreviaturas que te permitan posteriormente interpretar esquemas, armar circuitos y presentar mediante símbolos los circuitos o dispositivos eléctricos diseñados.

### Actividad I. Identificación de símbolos eléctricos

1. Identifica los símbolos que aparecen numerados en el circuito de la figura 5.1 y escribe su nombre en los espacios de la tabla 5.1. Auxíliate consultando la tabla 5.6.

**Tabla 5.1** Identificación de los símbolos del circuito de la figura 5.1

Núm.	Descripción	No.	Descripción
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	
13		14	
15		16	



**Figura 5.1** | Circuito electrónico.

### Actividad II. Identificación de símbolos eléctricos

1. Identifica los símbolos gráficos del circuito electrónico de la figura 5.2 y coloca el número correspondiente frente a cada descripción de la tabla 5.2. Consulta la tabla 5.6.

**Tabla 5.2** Identificación de los símbolos del circuito de la figura 5.2

Núm.	Descripción	Núm.	Descripción
	Potenciómetro		Transformador
	Fuente de ca		Conexión
	Capacitor		Resistor
	Diodo Zener		Rectificador tipo puente



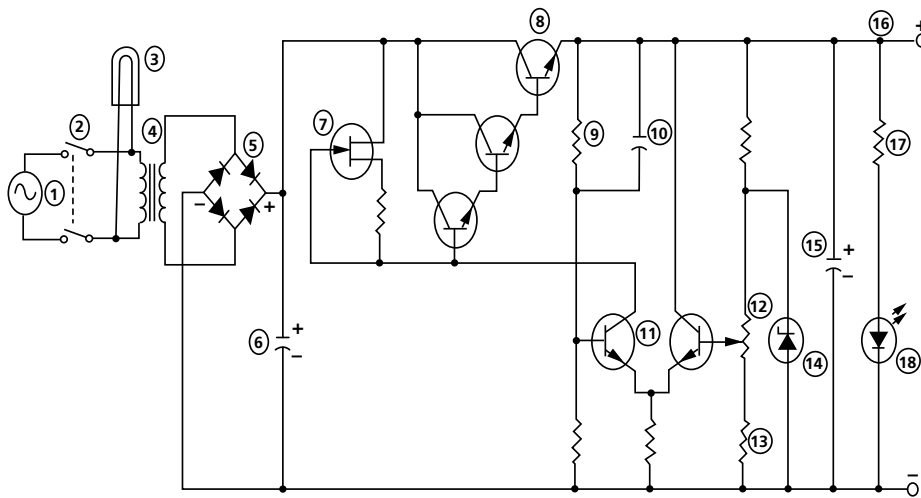


Figura 5.2 | Circuito electrónico.

### Actividad III. Identificación de los términos eléctricos a partir de sus abreviaturas

1. Escribe los nombres de las abreviaturas que aparecen en la tabla 5.3. Para responder correctamente, consulta la tabla 5.5.

Tabla 5.3 Identificación del nombre de algunos términos

Núm.	Abreviatura	Término	Núm.	Abreviatura	Término
1	Hz		2	ca	
3	$\Omega$		4	cd	
5	P		6	fem	
7	V		8	I	
9	A		10	W	

### Actividad IV. Identificación de las abreviaturas de los términos eléctricos

1. Escribe las abreviaturas de los términos que aparecen en la tabla 5.4. Para esto, consulta nuevamente la tabla 5.5.

Tabla 5.4 Abreviaturas de algunos términos eléctricos

Núm.	Abreviatura	Término	Núm.	Abreviatura	Término
1		Resistencia	2		Watt
3		Volt	4		Potencia
5		Ampere	6		Picowatt
7		Ohm	8		Microampere
9		Henry	10		Corriente directa

**■ Conclusiones**

¿Por qué consideras importante conocer los símbolos y abreviaturas que se emplean en los circuitos eléctricos?

---

---

---

¿Cuáles son tus conclusiones acerca de esta actividad?

---

---

---

**■ Actividades complementarias**

**Contesta brevemente lo que se te pide.**

1. ¿Qué es un diagrama eléctrico?

---

---

2. ¿Qué es un símbolo?

---

---

3. ¿Qué es una abreviatura?

---

---

**Investiga y responde.**

1. ¿Qué es un semiconductor?

---

---

2. ¿Cómo se representan los semiconductores?

---

---

3. ¿Cuáles son los símbolos del óhmetro, amperímetro y voltímetro? ¿Cómo se conectan?

---



---

4. ¿Qué es una resistencia eléctrica?

---



---

5. ¿Qué es un transistor?

---



---

6. ¿Cuáles son los símbolos del motor y del generador eléctrico? ¿Cuál es la diferencia entre ellos?

---



---

**Escribe en el paréntesis del enunciado una V si es verdadero y una F si es falso.**

1. ( ) El símbolo del capacitor muestra una interrupción (o circuito abierto) entre las placas.
2. ( ) El símbolo de altavoz muestra el perfil de un altavoz o bocina.
3. ( ) El símbolo del diodo muestra que emite luz.
4. ( ) Las abreviaturas son una forma de taquigrafía.
5. ( ) El símbolo para los conductores que se cruzan debe tener un punto que indique la unión.

**Tabla 5.5** Abreviatura de los principales términos empleados en los circuitos eléctricos y electrónicos

Término	Abreviatura	Término	Abreviatura
Alfa	$\alpha$	Metro	m
Corriente alterna	ca	Mho (vea siemens)	mho
Ampere	A	Microampere	$\mu A$
Beta	$\beta$	Microfarad	$\mu F$
Candela	cd	Microhenry	$\mu H$
Capacitancia	C	Microsegundo	$\mu s$
Reactancia capacitiva	$X_c$	Microsiemens	$\mu S$
Centímetro	cm	Microwatt	$\mu W$
En sentido del reloj	cw	Miliampere	mA

(continúa)

Tabla 5.5 (continuación)

Término	Abreviatura	Término	Abreviatura
Coseno	Cos	Milihenry	mH
Coulomb	C	Milímetro	mm
Sentido contrario al reloj	ccw	Milisegundo	ms
Fuerza contraelectromotriz	CFEM	Milivolt	mV
Corriente	I	Miliwatt	mW
Ciclos por segundo	Hz	Minuto	min
Decibel	dB	Nanoampere	nA
Decibel referido a un miliwatt	dBm	Nanofarad	nF
Grado celsius (antes grado centígrado)	°C	Nanosegundo	ns
Grado Fahrenheit	°F	Nanowatt	nW
Corriente directa	cd	Newton	N
Valor efectivo	rms	Ohm	$\Omega$
Fuerza electromotriz	FEM	Onza	oz
Farad	F	Pico	p
Gauss	G	Picoampere	pA
Gigahertz	GHz	Picofarad	pF
Mayor que	>	Picosegundo	ps
Tierra	gnd	Picowatt	pW
Henry	H	Potencial	E
Hertz	Hz	Potencia	P
Caballo de fuerza	hp	Radián	rad
Hora	h	Reactancia	X
Impedancia	Z	Resistencia	R
Kelvin	K	Revoluciones por minuto	RPM
Kilohertz	kHz	Raíz media cuadrada (valor efectivo)	rms
Kilohm	k $\Omega$	Segundo (tiempo)	s
Kilovolt ampere	kVA	Siemens (nuevo nombre de mho)	S
Kilowatt	kW	Seno	sen
Kilowatt hora	kWh	Tangente	tan
Menor que	<	Corriente total	$I_T$
Carga (resistencia)	$R_L$	Potencial total	$P_T$
Volumen	V	Var	var
Fuerza magnetomotriz	FMM	Volt	V
Maxwell	Mx	Voltampere	VA
Megahertz	MHz	Watt	W

(continúa)


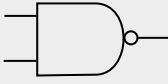



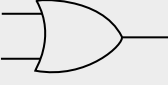

**Tabla 5.5 (conclusión)**

Término	Abreviatura	Término	Abreviatura
Megavolt	MV	watthora	Wh
Megawatt	MW		
Megaohm	MΩ		

**Tabla 5.6** Símbolos de los componentes electrónicos

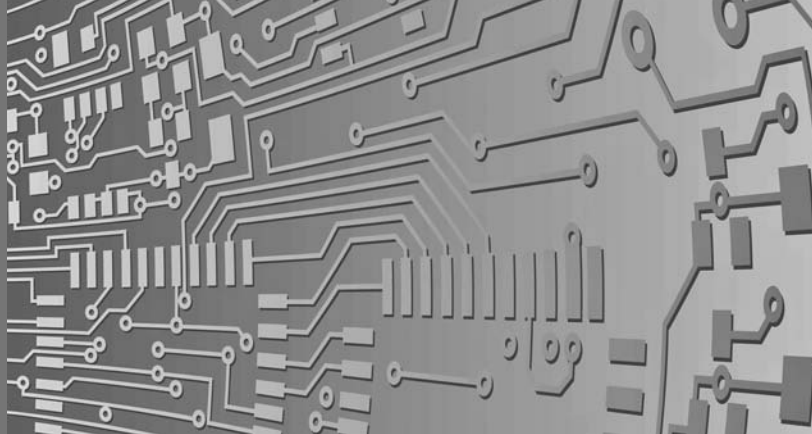
SÍMBOLO GRÁFICO	LETRA DE CLASE	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO GRÁFICO	LETRA DE CLASE	DESCRIPCIÓN
		Elemento de circuito unidireccional Fuente de corriente constante		W	Cable blindado de 5 conductores blindaje conectado al chasis
	R	Resistencia		W	Cable de 5 conductores
	R	Potenciómetro		W	Cable coaxial con blindaje conectado al chasis
	RT	Termistor termorresistencia			Tierra
	CR	Celda fotoconductor transductor fotoconductor			Conexión al chasis o bastidor
	C	Capacitor; capacitor polarizado; capacitor variable		TB	Conexiones comunes
	E	Antena		S	SPST mostrado con terminales
	BT	Batería		S	DPDT
	BT	Batería		S	PBNO
		Fuente de ca oscilador		S	PBNC
		Fuente de onda cuadrada		S	Interruptor de posiciones múltiples
		Fuente de pulsos			Contactos de relevador
	Y	Cristal, cristal piezoeléctrico, cristal de cuarzo		K	Relevador

SÍMBOLO GRÁFICO	LETRA DE CLASE	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO GRÁFICO	LETRA DE CLASE	DESCRIPCIÓN
	TC	Termopar		L	Inductor, inductor con derivación
		Cruce de circuitos conductores no conectados		T	Transformador con núcleo magnético
		Unión de circuitos conectados		T	Transformador con núcleo magnético y blindaje electrostático entre espiras, blindaje conectado al bastidor
		(O) sólo si lo requieren las consideraciones de distribución del diagrama		ST	Celda solar transductor fotovoltaico
	CR	Diodo semiconductor		LS	Bocina o altavoz
	CR	Diodo capacitivo, varactor		MK	Micrófono
	CR	Led de tipo fotoemisor diodo emisor de luz		HT	Audífonos dobles audífono simple
	VR	Diodo zener, regulador de voltaje		DS	Lámpara, lámpara de indicación, lámpara piloto, luz de indicación
	CR	Diac interruptor bidireccional		M	Medidor
	Q	PNP transistor		AR	Amplificador
	Q	NPN transistor		CR	Rectificador de tipo de puente
	Q	UJT transistor de unijuntura			Compuerta AND (Y)
	Q	JFET tipo canal N transistor de efecto de campo			
	Q	MOSFET tipo canal N compuerta simple compuerta aislada de tipo de agotamiento			

SÍMBOLO GRÁFICO	LETRA DE CLASE	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO GRÁFICO	LETRA DE CLASE	DESCRIPCIÓN
	Q	MOSFET tipo canal N compuerta doble compuerta aislada de tipo de agotamiento			Compuerta NAND (NO, Y)
	Q	PUT transistor unijuntura programable			Compuerta NOR (NO, O)
	Q	SCR rectificador controlado de silicio			Compuerta OR (O)
	Q	TRIAC triodo bidireccional			

## BIBLIOGRAFÍA

- Buck Engineering Co. Inc., *Electricidad y electrónica*, vol. 1, México: Limusa, 1991.
- Gerrish, Howard H., *Experimentos de electricidad*, México: Limusa, 1993.
- Slurzberg, M. y W. Osterheld, *Fundamentos de electricidad y electrónica*, México: McGraw-Hill, 1980.



## Diagramas eléctricos

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Comprenderá la importancia de asociar el símbolo con el componente eléctrico y de interpretar los diagramas eléctricos para su montaje.
- Identificará algunas de las características básicas de componentes eléctricos que se emplean en los circuitos.

### INTRODUCCIÓN

La formación de hábitos y destrezas en el trabajo con circuitos y diagramas eléctricos es un proceso largo y complejo. Es erróneo suponer que este proceso se desarrolla espontáneamente y que termina una vez que los alumnos se familiarizan con los símbolos (signos gráficos) convencionales de los elementos que aparecen en los circuitos eléctricos. Los símbolos en los diagramas eléctricos reflejan las principales características de los elementos que los integran. Unidos de manera definida, expresan los principios de estructuración y funcionamiento de los circuitos eléctricos que ocupan un amplio lugar en el estudio del curso de física. Por eso, la asimilación de hábitos elementales para identificar y reproducir los circuitos eléctricos constituye un elemento necesario de adiestramiento.

### Diagramas eléctricos

Los **diagramas eléctricos** se utilizan para registrar la configuración de los componentes eléctricos que constituyen un circuito eléctrico o un instrumento. Aun cuando los esbozos de los componentes, alambres, interruptores, etc., pueden elaborarse de tal forma que presenten la apariencia que tiene el circuito en la mesa de trabajo, dicha representación normalmente no es muy satisfactoria (figura 6.1a). El tiempo que se requiere para dibujar



esbozos es relativamente largo y las ilustraciones que se obtienen no son patrones generales (y esto puede traer confusión o ambigüedad en la interpretación).

Los diagramas utilizados para representar circuitos electrónicos superan estas limitaciones por medio de la utilización de una taquigrafía eléctrica. Es decir, con cada tipo de diagrama se asocia un conjunto de símbolos fáciles de dibujar y unas reglas para su uso. Utilizando estos diagramas, puede identificarse rápida y fácilmente toda la información necesaria acerca de un circuito.

Cuando el lector de los diagramas eléctricos conoce el significado de los símbolos, puede comprender clara y rápidamente toda la información contenida en ellos.

Los tipos de diagramas eléctricos más comúnmente utilizados son los siguientes:

1. Circuitos o diagramas esquemáticos
2. Diagramas de circuito equivalente
3. Diagramas de bloque
4. Diagrama pictográfico

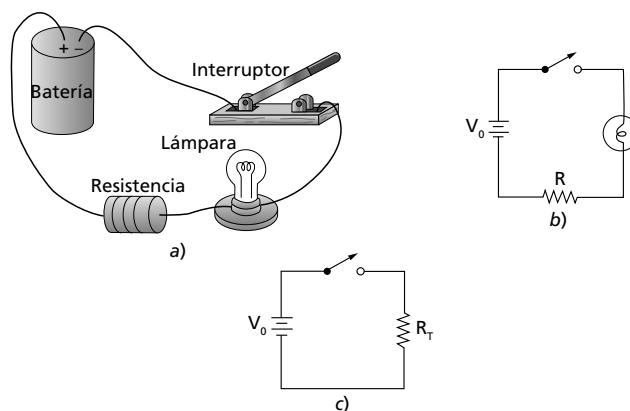
En casi todos los diagramas de los circuitos se asume que los conductores (alambres) y las conexiones no influyen en el comportamiento del circuito, excepto para transportar la corriente eléctrica. En otras palabras, se considera que son conductores perfectos. En la realidad, los conductores y las conexiones poseen resistencia eléctrica, pero su valor normalmente es más bajo que la de los otros elementos del circuito y, por consiguiente, puede despreciarse sin introducir un error significativo.

## Diagrama esquemático de circuitos eléctricos

El **diagrama esquemático** presenta información sobre la operación eléctrica del circuito o instrumento (figura 6.1b). Se excluye toda información no eléctrica, tal como la relativa a cajas externas, soportes mecánicos, bornes, etcétera.

Los diagramas se utilizan para construir una réplica de los circuitos reales y para ayudar a localizar fallas o mal funcionamiento en ellos. En circuitos complejos, pueden utilizarse para rastrear una señal a través de todo el circuito. Sin esta clase de "mapa", normalmente toma mucho más tiempo seguir complicadas conexiones y combinaciones de elementos cuando se buscan las causas de una falla. El usuario de un circuito esquemático de un instrumento puede utilizar los diagramas como un medio para lograr una mejor comprensión del funcionamiento del instrumento.

En un diagrama esquemático, cada elemento del circuito real se representa por medio de un símbolo. De ser necesario, el valor y tipo de cada componente del circuito también se incluye en el diagrama. Por consiguiente, una de las claves para comprender un esquema de circuito es el conocimiento del significado de cada uno de los símbolos que lo integran.



**Figura 6.1** ■ a) Diagrama pictográfico, b) diagrama esquemático, c) diagrama equivalente.

Los símbolos normalmente se dibujan de forma tal que hagan pensar en los componentes de una manera funcional. Pero el diagrama no muestra ni contiene información específica acerca de dónde y cómo están localizados los elementos en su presentación real. Por ejemplo, las resistencias y condensadores de un circuito de amplificación se muestran en un diagrama del circuito de tal forma que sea fácil visualizar su función. Cuando se mira en el circuito real, puede hallárseles colocados en diferentes sitios, de acuerdo con las facilidades de espacio que existan en el ensamblaje del equipo.

Cuando se lee un diagrama esquemático de un circuito eléctrico, se comienza generalmente desde su esquina superior izquierda. Esta parte normalmente contiene el punto de entrada al dispositivo que se describe. Desde este punto de entrada, se lee el diagrama de izquierda a derecha. Para cada bloque de elementos, lo mejor para su comprensión es formarse una idea mental de cómo alteran éstos las señales o magnitudes eléctricas. La señal alterada se utiliza después como la entrada al siguiente bloque. Continuando con este procedimiento hasta alcanzar las terminales de salida, puede lograrse una idea vasta de la operación eléctrica del instrumento que el diagrama representa.

### Diagramas de circuito equivalente

El **diagrama de circuito equivalente** (figura 6.1c) está muy relacionado con la idea del modelo de un circuito. El modelo de un circuito real es un modelo matemático que se aproxima al verdadero comportamiento del circuito real. *El diagrama del circuito equivalente se obtiene reemplazando los símbolos de cada componente del diagrama esquemático por su circuito equivalente.*

Así como los modelos de los circuitos se desarrollan a partir de los cinco elementos básicos y de los símbolos extras que designan las condiciones ideales en un circuito, los diagramas de circuito equivalente también se construyen utilizando símbolos para estos elementos básicos.

Las ecuaciones que gobiernan el comportamiento de un circuito pueden escribirse a partir de su circuito equivalente, puesto que éste se encuentra constituido por elementos básicos, los cuales obedecen a relaciones matemáticas específicas. En esta forma, el diagrama de circuito equivalente se utiliza para analizar el comportamiento de un circuito real. Si los modelos de circuito equivalente (como se describen en el diagrama) suministran una buena aproximación a las características de los dispositivos, las ecuaciones desarrolladas con la ayuda de los diagramas pueden predecir de manera aproximada el comportamiento del circuito.

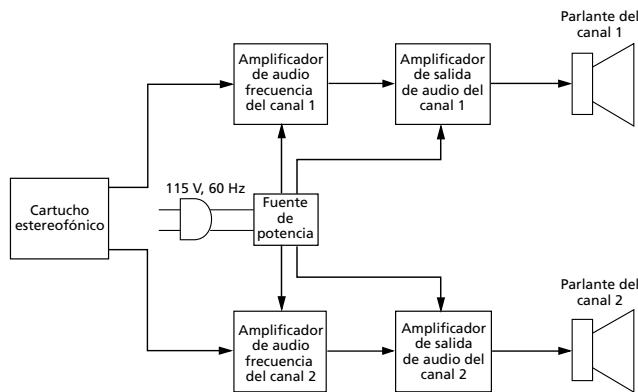
### Diagramas de bloques

Los **diagramas de bloques** se utilizan para ayudar a describir la operación global de instrumentos o sistemas de medición más bien complejos. Los conjuntos de componentes o partes del sistema se representan como bloques, de tal forma que la interpretación entre ellos puede lograrse fácilmente. La figura 6.2 es el diagrama de bloques de un tocadiscos estereofónico y se lee de izquierda a derecha.

Podemos observar que el diagrama de bloques nos permite rastrear el camino de una señal a través de todo el sistema; además, nos da una idea concisa y global de la operación y funcionamiento de éste. Sin embargo, no nos proporciona información detallada acerca de los componentes, conexiones y alambrado.

### Diagrama pictográfico

El **diagrama pictográfico** es una representación de los componentes eléctricos en un circuito a través de dibujos toscos. Estos diagramas tienen una función didáctica, pues permiten identificar más fácilmente los componentes y la manera en que están conectados. Sin embargo, requieren ciertas habilidades en el dibujo que no todos tienen. Además, sus representaciones podrían generar confusión, pues muchos componentes no tienen



**Figura 6.2** ■ Diagrama de bloques de un tocadiscos estéreo.

el mismo aspecto físico, a pesar de que su símbolo eléctrico y función sean los mismos (figura 6.1a).

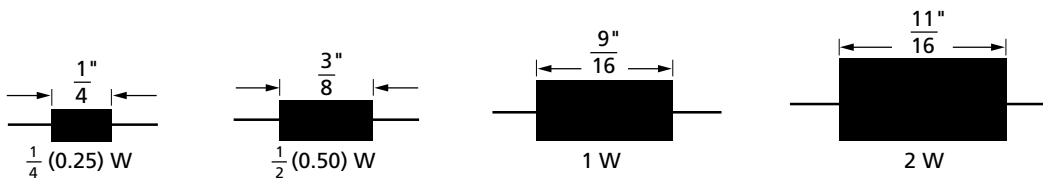
## Identificación de componentes

Antes de montar un circuito, es necesario identificar el tipo y valor de los **componentes** que se necesitarán. En las prácticas siguientes, se describirán en detalle algunos componentes, de modo que la información que sigue es sólo para la identificación de los mismos.

## Resistencias eléctricas

El tipo más común de **resistencias** es el de las resistencias de carbón. Es fácilmente identificable como un cilindro marrón con terminales de conexión axiales. El cuerpo de la resistencia lleva tres o cuatro bandas de color que indican el valor de resistencia en ohms y su tolerancia.

Otro parámetro importante de una resistencia es su potencia, que permite establecer la tensión o intensidad que admite sin ser destruida. Las resistencias de carbón generalmente se fabrican de  $\frac{1}{4}$  (0.25) W,  $\frac{1}{2}$  (0.50) W, 1 W y 2 W, que se identifican por las dimensiones del cuerpo cilíndrico. En la figura 6.3 pueden observarse dichas medidas.

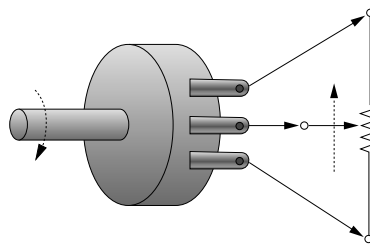


**Figura 6.3** ■ Dimensiones a tamaño de resistencias de carbón, de acuerdo con la potencia disipada.

Para potencias mayores de 2 W, las resistencias suelen ser de tipo cerámico. En estos casos, el valor óhmico y la potencia nominal suelen aparecer impresos sobre el cuerpo.

## Potenciómetros

Con frecuencia, es útil disponer de una resistencia cuyo valor óhmico pueda ajustarse de forma continua. Esta función la realiza el **potenciómetro**, que consiste en una resistencia variable de carbón o bobina de alambre con un contacto graduable por medio de un eje. A medida que el contacto varía de posición a lo largo del cuerpo de la resistencia, cambia el valor de la misma entre los extremos y el citado contacto. En la figura 6.4 se muestra un potenciómetro típico con el símbolo que lo representa en los circuitos.



**Figura 6.4** ■ Potenciómetro y circuito simbólico correspondiente.

Para identificar un potenciómetro, necesitamos conocer la resistencia máxima (valor entre sus bornes que se encuentran en los extremos) y la potencia que disipa. Esta información suele aparecer estampada en la caja metálica. A veces, la resistencia se indica mediante un código de tres dígitos.

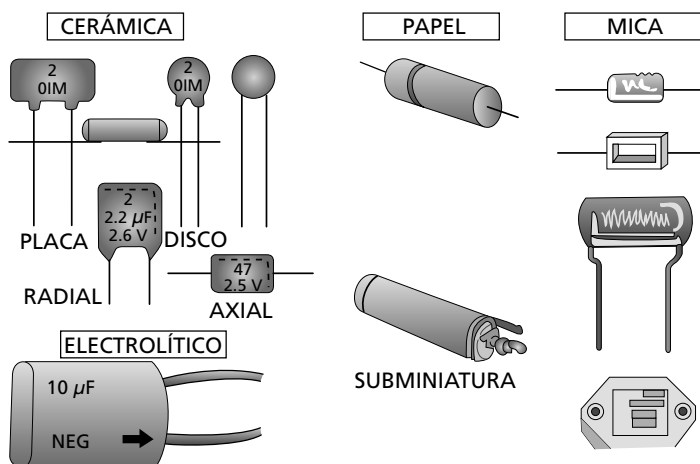
Al emplear un potenciómetro y desplazar su cursor, hay que tener la precaución de no exceder la máxima potencia capaz de disipar.

## Condensadores o capacitores

Los **condensadores** tienen una gran variedad de formas. Los electrolíticos y los de dieléctrico de papel suelen ser cilíndricos con terminales de conexión axiales. En general, llevan impreso en su cuerpo el valor de su capacidad en microfarads ( $\mu\text{F}$ ) y la tensión (V) de operación.

Los condensadores de dieléctrico de mica son cilíndricos, paralelepípedos o de forma irregular y, en general, llevan impreso el valor de su capacidad en picofarads (pF).

Los de tipo cilíndrico y paralelepípedo a veces llevan indicada la capacidad, la tolerancia y el coeficiente de temperatura. La tensión (voltaje) de operación y la polaridad son críticas en los condensadores electrolíticos, y deben ser estrictamente observadas (figura 6.5).



**Figura 6.5** ■ Tipos de capacitores.

## Bobinas (inductores)

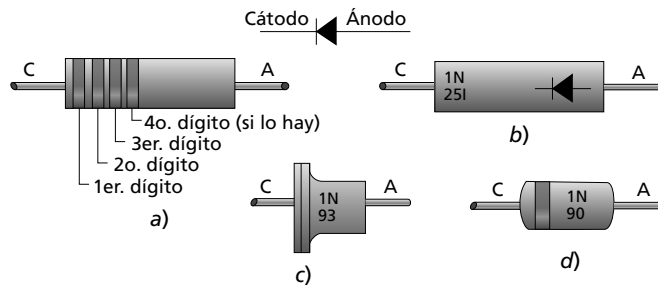
Las **bobinas** constituyen el componente menos utilizado en la mayoría de los circuitos eléctricos. El coeficiente de autoinducción que las caracteriza suele aparecer impreso en la caja, que puede tener formas muy diversas.

La única confusión que puede producirse es que las bobinas de pequeño coeficiente (del orden del microhenry,  $\mu\text{H}$ ) de forma cilíndrica son análogas a resistencias o condensadores cerámicos.

## Diodos semiconductores

Los **diodos semiconductores** existen en gran variedad de formas. Los más pequeños suelen ser cilíndricos con terminales axiales y se parecen bastante a las resistencias de  $\frac{1}{4}$  W, incluso en la identificación del código de color. No obstante, difieren en el color del cuerpo, marrón en las resistencias y negro en los diodos.

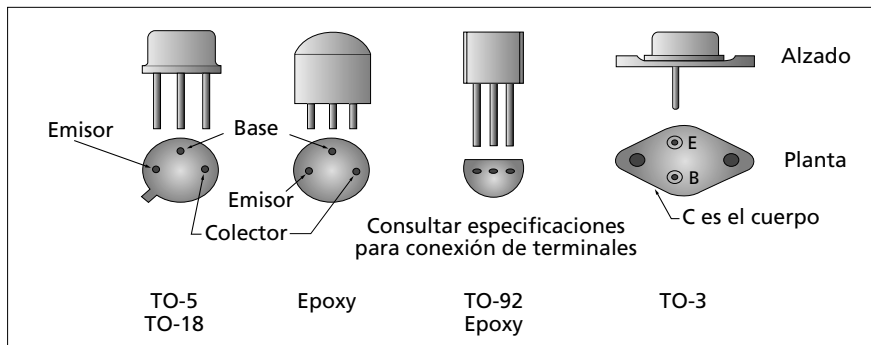
En otros casos, van montados en vidrio, de modo que se identifican fácilmente por transparencia. Otros vienen encapsulados en plásticos de color y en distintas cajas metálicas.



**Figura 6.6** ■ Diodos semiconductores.

## Transistores

Como los diodos, los **transistores** existen en una gran variedad de formas. Los de baja potencia, inferior a 1 W, generalmente van montados en recipientes metálicos o encapsulados en plástico. Los de mayor potencia están en cuerpos con más superficie de contacto, o en pernos para facilitar el montaje con aletas disipadoras. En la figura 6.7 se observan algunas de las formas de presentación y conexiones típicas de los transistores.



**Figura 6.7** ■ Transistores.

## Material

- Instructivo de la actividad experimental
- Un circuito electrónico

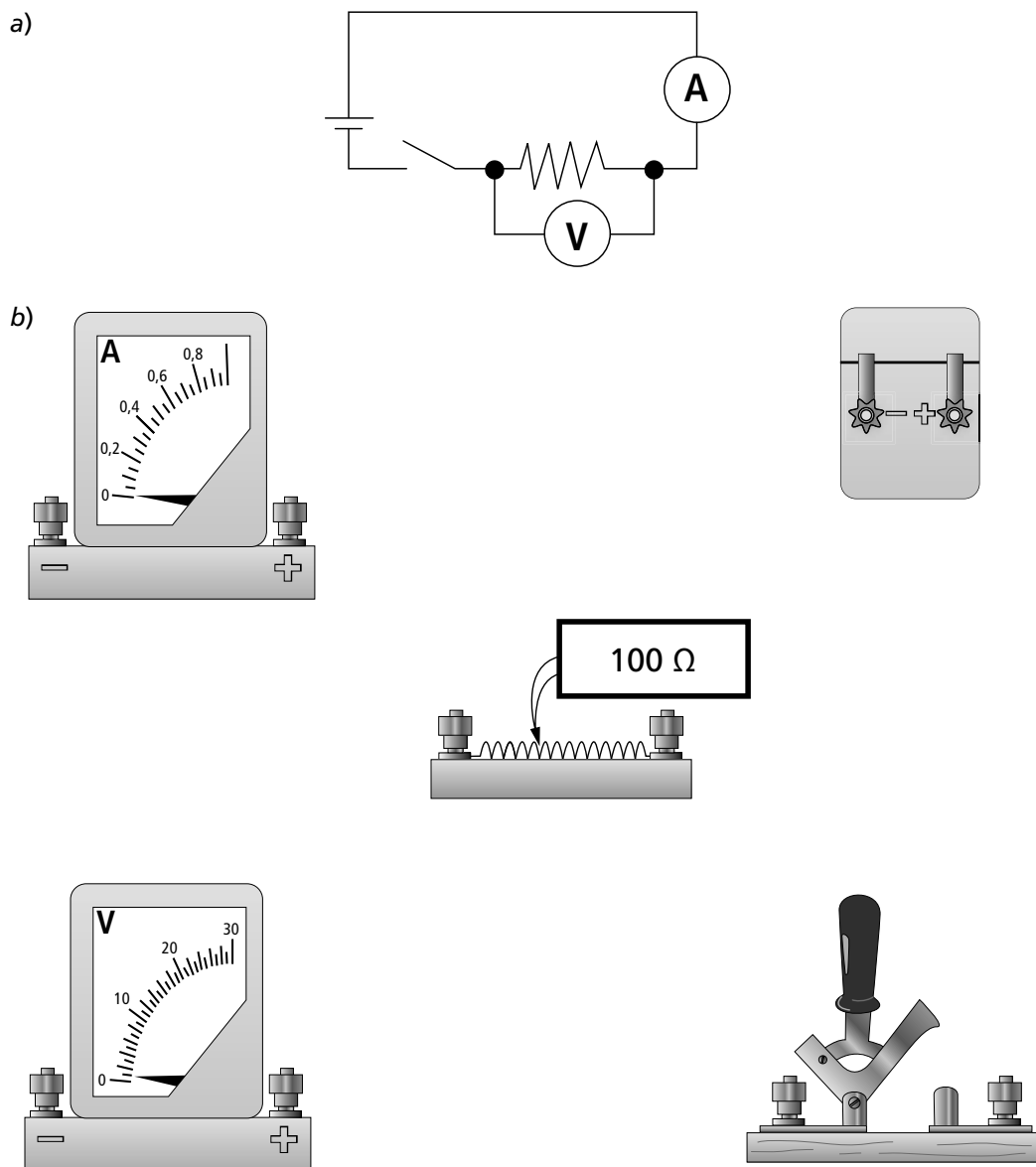
## Desarrollo experimental

Las actividades planeadas en esta práctica no pretenden sustituir los trabajos prácticos, sino ser un antecedente de éstos que facilite el montaje de circuitos en las siguientes prácticas.

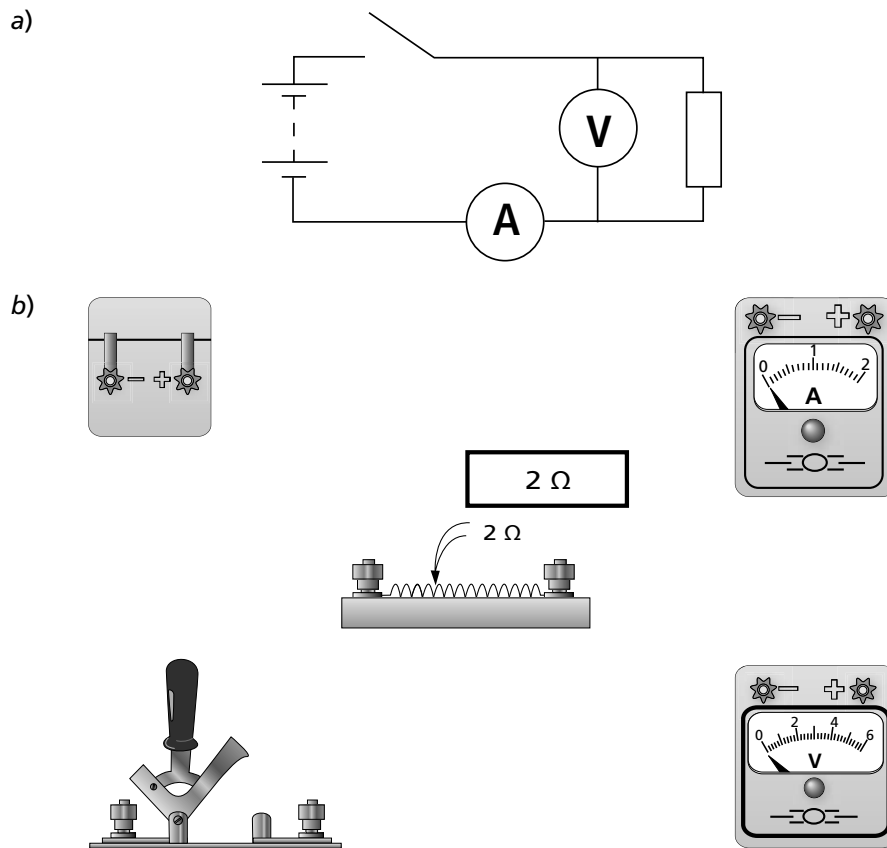
En este sentido, se presentan "esquemas de montaje", es decir, diagramas pictográficos donde aparecen los componentes y cables de conexión colocados y fijados de manera definida para dibujar el diagrama esquemático. De la misma manera, se presentan diagramas esquemáticos para obtener los esquemas de montaje equivalentes a dichos circuitos a través del trazado de líneas que simbolicen los cables de conexión y los símbolos de los componentes correspondientes.

### Actividad I

A partir de los diagramas esquemáticos de las figuras 6.8a y 6.9a, dibuja mediante líneas el cableado de los elementos o componentes presentados en el circuito eléctrico, de forma que las líneas que presentan los conductores de conexión no se crucen y se observe la polaridad de conexión de los aparatos eléctricos de medición (figura 6.8b y 6.9b).



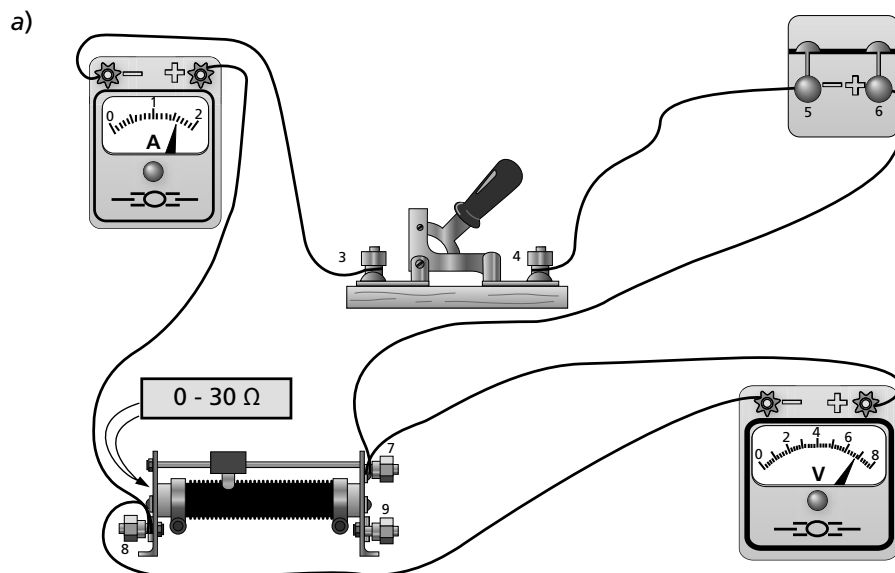
**Figura 6.8** ■ a) Diagrama esquemático del circuito, b) esquema de montaje del diagrama esquemático del circuito.



**Figura 6.9** a) Diagrama esquemático del circuito, b) esquema de montaje.

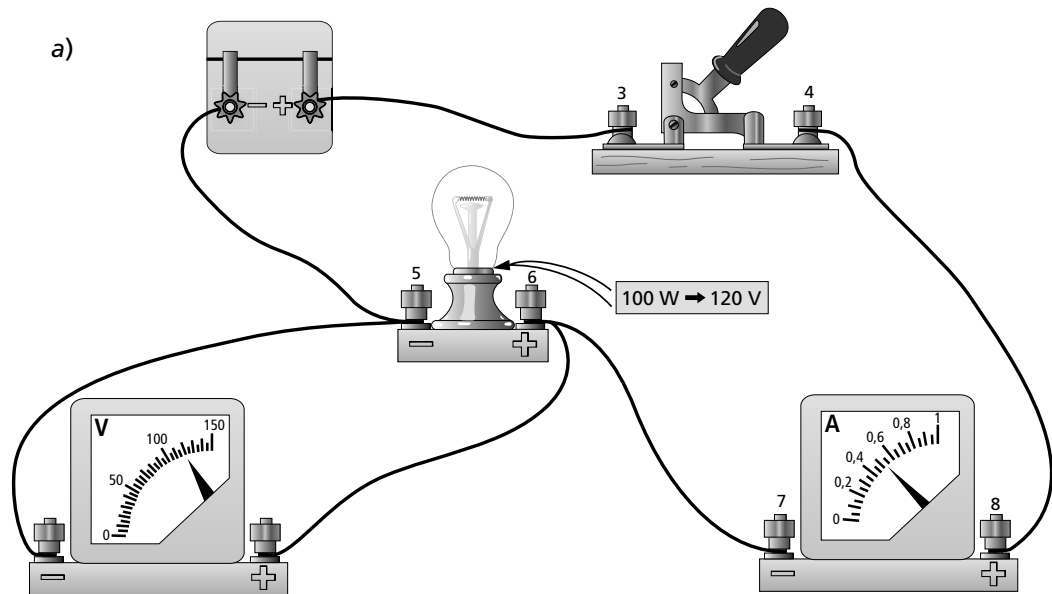
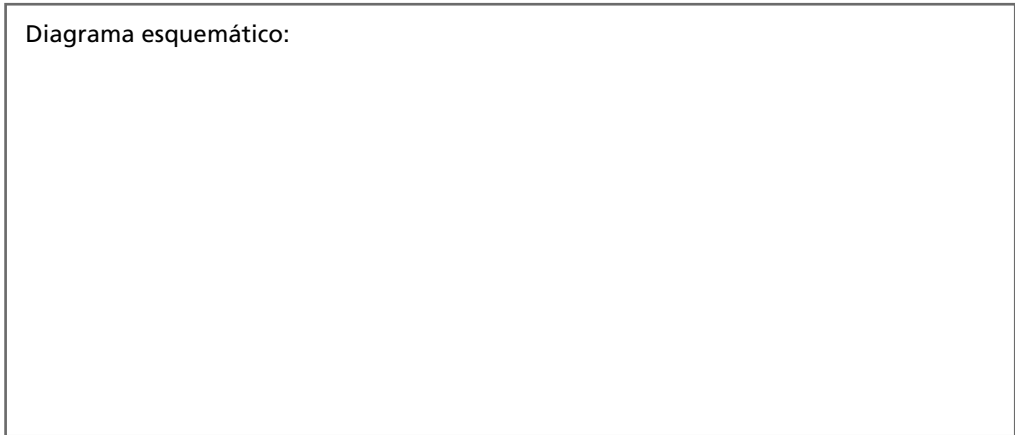
## Actividad II

A partir de los esquemas de montaje de las figuras 6.10a y 6.11a, dibuja en los espacios correspondientes los diagramas esquemáticos.



**Figura 6.10** a) Esquema de montaje, b) diagrama esquemático equivalente.

b)



**Figura 6.11** ■ a) Esquema de montaje, b) diagrama equivalente o esquemático.

b)







**■ Actividades complementarias**

Contesta las siguientes preguntas de manera breve.

1. ¿Por qué se emplean los diagramas esquemáticos?

---

---

---

---

2. ¿Qué es un diagrama de bloques?

---

---

---

---

3. ¿Qué es un diagrama equivalente?

---

---

---

---

Previa investigación, describe algunas características básicas de los siguientes componentes eléctricos.

1. Resistores

---

---

---

---

2. Capacitores

---

---

---

---

3. Diodos

---

---

---

---

**4. Transistores**

---

---

---

---

**5. Transformadores**

---

---

---

---

**6. Pilas**

---

---

---

---

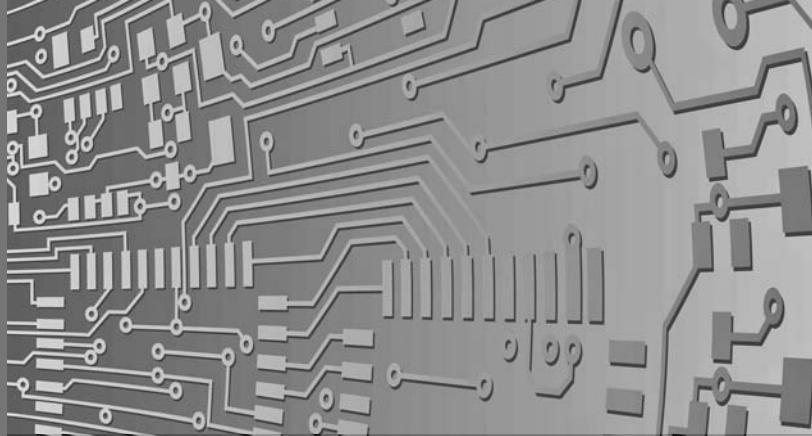
**BIBLIOGRAFÍA**

---

**Enríquez Harper**, *Fundamentos de electricidad, dispositivos y circuitos en corriente continua*, México: Limusa Noriega, 1994.

**Wedlock, B. y J. Roberge**, *Componentes electrónicos y mediciones*, España: Prentice Hall, 1973.

**Wolf, Stanley**, *Guía para mediciones electrónicas. Prácticas de laboratorio*, Colombia: Prentice Hall, 1980.



## Conexiones eléctricas

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Identificará los tipos más comunes de alambres, cables y conexiones.
- Clasificará las conexiones en permanentes, semipermanentes y separables.

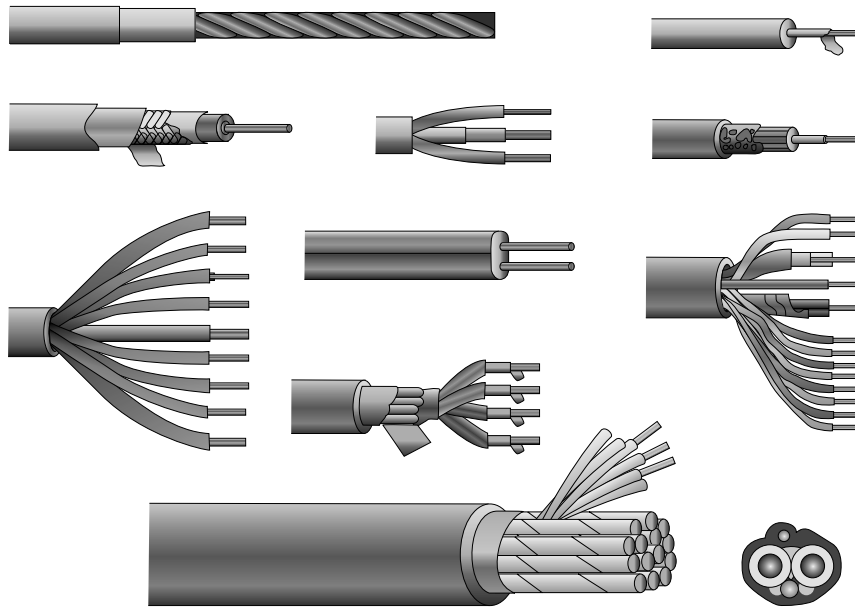
### INTRODUCCIÓN

Una gran mayoría de las señales eléctricas se transmiten a través de **conductores eléctricos sólidos**. Éstos pueden ser **alambres o cables** (un alambre está formado por un solo conductor; un cable es una configuración de dos o más alambres). El tipo de cable depende de la aplicación. *Los conductores eléctricos son cuerpos que dejan pasar la corriente eléctrica.*

Normalmente, el mejor conductor eléctrico es el que presenta las menores pérdidas por resistencia durante la transmisión de señales eléctricas. Por consiguiente, los conductores en los alambres y cables están hechos por lo general de cobre (en algunos casos, este material se reemplaza por aluminio, debido al alto costo del cobre).

Los alambres y cables están normalmente rodeados por algún tipo de **aislante eléctrico**; esto previene que la corriente conducida se filtre a cualquier otro material conductor con el cual haga contacto. Los materiales escogidos deben poseer altas resistencias de aislamiento, alta resistencia mecánica y durabilidad. Además, están diseñados para operar sobre un amplio rango de temperatura y para resistir el aceite y los químicos corrosivos sin sufrir deterioro. Los materiales aislantes más populares son PVC (polyvinyl chloride), teflón, polietileno y caucho. De este grupo, el PVC y el polietileno son los más utilizados. El teflón es muy inerte, pero muy costoso, por lo cual únicamente se utiliza en cables que deben soportar condiciones ambientales extremas.

Los tipos más comunes de alambres y cables (figura 7.1) son los siguientes:



**Figura 7.1** ■ Cables y alambres típicos de electrónica. De arriba hacia abajo: alambre trenzado, alambre para puntas de prueba, cable blindado, cable especial para audio y sonido, cable coaxial, cable de conductores múltiples, cordón con dos terminales, cable blindado de conductores múltiples, cable ojo de TV, cable para propósitos múltiples con partes blindadas.

**Alambre trenzado (Hookup Wire).** Generalmente, consiste en un solo conductor formado por varios hilos más delgados, los cuales están trenzados o enrollados entre sí, rodeados por PVC o polietileno. Se utiliza para conectar elementos en los circuitos de baja frecuencia.

**Alambre para puntas de prueba.** Alambre muy flexible rodeado por un forro de caucho. Se utiliza en las puntas de prueba de los instrumentos de medida. Se desea una alta flexibilidad en este alambre, de tal forma que no se rompa al doblarse repetidamente. El forro de caucho suministra una alta resistencia de aislamiento y muy buena flexibilidad.

**Cable blindado.** Consta de un conductor interno que transporta la señal y una capa de trenzado metálico que lo rodea. El conductor interno y la funda metálica que lo rodea están separados por medio de una capa flexible de material aislante. La capa externa del alambre también es un aislador. Este cable se utiliza para conducir señales de bajo nivel. La funda metálica reduce efectivamente las señales de interferencia que tratan de llegar hasta el conductor interior.

**Cable de conductores múltiples.** Consta de muchos conductores envueltos juntos en una sola funda. Puede tener cualquier número de conductores de diferente tipo en el mismo paquete. En la figura 7.1 se muestran varios cables de este tipo.

**Cable coaxial.** Es similar al cable blindado en su construcción, pero se utiliza para transportar señales de alta frecuencia y pulsos. A altas frecuencias, un cable ordinario de un solo conductor radia mucha energía durante la transmisión de la señal. El cable coaxial elimina este problema.

El futuro ingeniero o técnico no sólo debe ser capaz de identificar los alambres y cables en las conexiones, sino de poder hacer las conexiones más adecuadas a la necesidad demandada en el circuito y de conocer las principales técnicas para conectar los componentes eléctricos y electrónicos de manera segura y confiable.

## Conexiones y conectores

Una **conexión** es una *unión establecida entre dos o más circuitos, aparatos o sistemas eléctricos*. Los **conectores** son *dispositivos usados para efectuar una conexión*.

Los componentes de los circuitos eléctricos y los instrumentos de medición y de control se interconectan normalmente por medio de alambres y cables. En los puntos donde se hacen las uniones, deben tenerse los medios adecuados para obtener conexiones eléctricas satisfactorias. Una conexión se considera así cuando no altera las características de las señales que se transmiten a través de ella. Por tanto, un requisito general que debe reunir una conexión es el introducir la resistencia más baja posible en el circuito eléctrico.

Los métodos utilizados para unir alambres pueden clasificarse dependiendo de si las conexiones son permanentes, semipermanentes o separables.

**Las conexiones permanentes** normalmente se hacen por medio de estañamiento, soldadura o estrechamiento. El **estañamiento** es probablemente el más común de estos métodos. La soldadura de estaño es una composición de estaño u otro metal que se derrite a una baja temperatura ( $\approx 400^\circ\text{C}$ ) y "moja" las superficies en las cuales se aplica. Después de enfriarse, forma una conexión permanente de baja resistencia entre las superficies.

De esta forma, las conexiones pueden hacerse rápidamente. Además, permite hacer conexiones múltiples de manera simultánea. Por lo anterior, posibilita el empleo de técnicas automáticas para elaborar gran cantidad de uniones. Las conexiones por estañamiento no son estrictamente permanentes, es decir, pueden desconectarse y rehacerse un número limitado de veces.

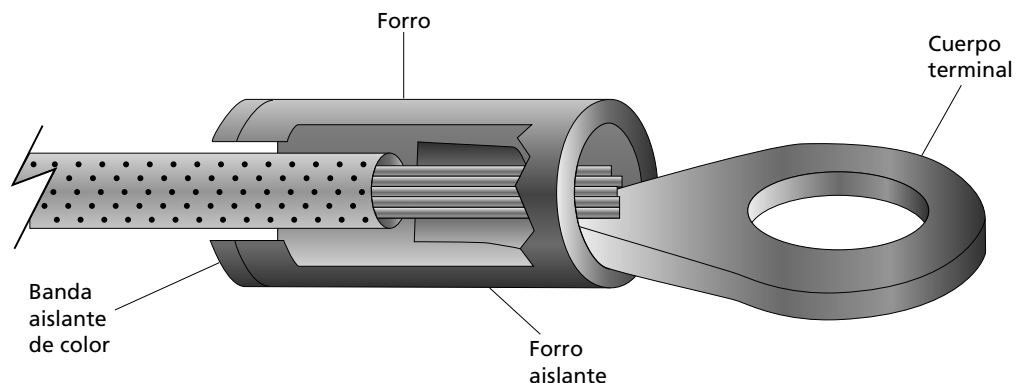
Las herramientas y equipo necesario para realizar conexiones por estañamiento son un caudín, la soldadura de estaño, alambres delgados y terminales. La calidad de las conexiones efectuadas depende en un buen grado de la pericia y práctica del operador.

El segundo tipo de conexión permanente, la **soldadura**, es el más permanente y fuerte de las conexiones eléctricas. En la soldadura, un contacto directo se efectúa calentando y fundiendo los metales de los cables que se desea unir. Resulta una conexión muy fuerte.

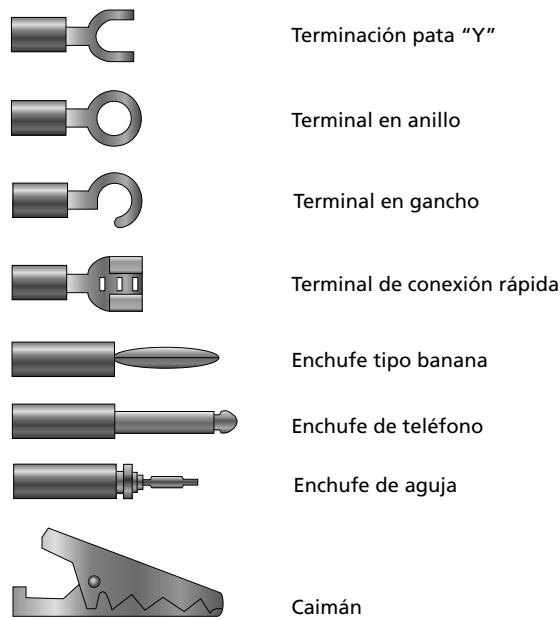
Sin embargo, la soldadura requiere equipo especial y es apropiada únicamente para conexiones de alambres sólidos, puesto que otros métodos permiten realizar conexiones más fácilmente; este tipo de conexión es limitado en su uso (se utiliza en aplicaciones especiales cuando la conexión debe soportar altas temperaturas).

**Estrechamiento o prensado** es el tercer método para unir alambres en forma permanente. En este método, se presiona uno contra el otro por medio de una herramienta especial para prensar. La alta presión fuerza a los metales a alcanzar, por deformación, un contacto íntimo y de baja resistencia eléctrica. La seguridad de este tipo de conexión es muy alta. El prensado es el método más común para unir alambres a terminales (figura 7.2).

**Las conexiones semipermanentes** se realizan por medio de las terminales de atornillar. Algunas de estas terminales (también llamadas de lengüeta) se muestran en la figura 7.3.



**Figura 7.2** ■ Cómo unir una terminal y un alambre mediante el prensado.

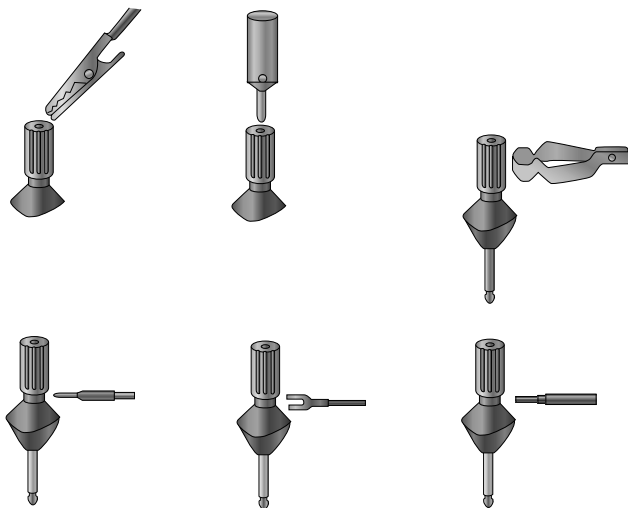


**Figura 7.3** ■ Terminales para conexiones semipermanentes.

Estas terminales se unen a los alambres por medio de estañamiento o prensado. El alambre con esta terminal puede conectarse a otra terminal o borne por medio de una tuerca. También existen terminales que mantienen el contacto por presión.

La figura 7.4 muestra algunos bornes típicos. Las cuerdas de estos bornes pueden hacerse de un material aislador o de metal. Estas terminales están diseñadas para acomodar alambre desnudo, bananas, enchufe macho de teléfono y terminales de gancho y de pala (figura 7.3).

La figura 7.5 muestra dos tipos de terminales. El tipo con barra aisladora tiene un material aislante entre cada terminal de conexión a fin de aislarlo de las terminales vecinas. La conexión se efectúa por medio de los tornillos de cada terminal. El bloque de terminales tipo lengüeta está diseñado para aceptar conexiones por medio de estañamiento. Las conexiones en los bloques de terminales se utilizan más a menudo en las aplicaciones de bajo voltaje y baja potencia, así como en conexiones permanentes.



**Figura 7.4** ■ Cómo hacer conexiones a un borne.

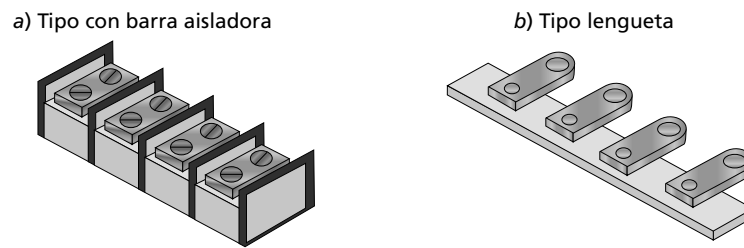


Figura 7.5 ■ Bloques terminales.

Cuando un circuito o instrumento se diseña para unirse o conectarse a otros componentes eléctricos, se requiere alguna forma de conexión separable. Los componentes utilizados para lograr **conexiones separables** se llaman **conectores**, que normalmente tienen dos partes que pueden acoplarse. Una de las mitades recibe el nombre de enchufe, pin o terminal macho. La otra se conoce como receptáculo, toma o terminal hembra. Normalmente, el receptáculo se monta en la parte permanente o fija del equipo (chasis, caja, etc.). El enchufe está conectado al cable o parte móvil.

Los enchufes más simples son tipo banana, el de teléfono o el tipo punta. Estos enchufes se muestran en la figura 7.3. Otras terminales que sirven como enchufes son el tipo caimán y el tipo garra (dentado). Estos dos últimos se encuentran en las puntas de prueba de los instrumentos o en los cables que se utilizan para hacer conexiones rápidas.

Para cables con más de un conductor, se utilizan los conectores con múltiples agujas (pines) o terminales. Cada aguja está conectada a un conductor específico del cable y todos los conductores pueden conectarse correctamente cada vez que el conector es acoplado. Para asegurar que los conectores se acoplan en forma correcta, las agujas se alinean en patrones especiales. Este método para suministrar una orientación correcta se llama dolarización.

Hay muchos tipos diferentes de conectores de múltiples agujas. En el hogar, el cordón de alimentación de los electrodomésticos es un ejemplo, puesto que posee dos o tres enchufes o agujas y un receptáculo. La figura 7.6 muestra otro ejemplo de este tipo de conectores. Los conectores circulares se utilizan para unir dos cables. Los rectangulares se emplean para conectar un cable a un chasis.

Los contactos de los conectores con múltiples agujas están normalmente montados de tal forma que al insertarse pueden autoalinearse. Las agujas están colocadas en una caja formada de un material aislador (como la melamina o el fenol). Los contactos se hacen de níquel, bronce o aleaciones de oro-plata. La acción de resorte suministra una resistencia baja en los contactos y una conexión segura. Las cajas de las dos mitades que se acoplan se aseguran por medio de tornillos o por uniones tipo bayoneta.

Para cables coaxiales, deben utilizarse conectores especiales. Éstos normalmente son diseñados de tal forma que su impedancia se acople con la del cable al cual se van a unir, lo que permite suministrar un camino de baja distorsión para las señales que ellos conducen. El tipo más común de conectores "coaxiales" es el BNC y son tipo bayoneta (figura 7.7).

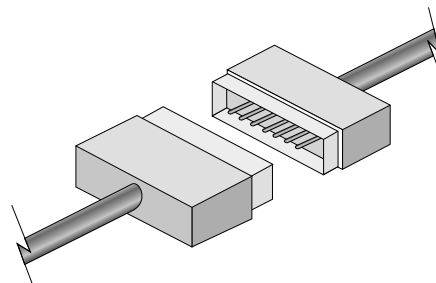
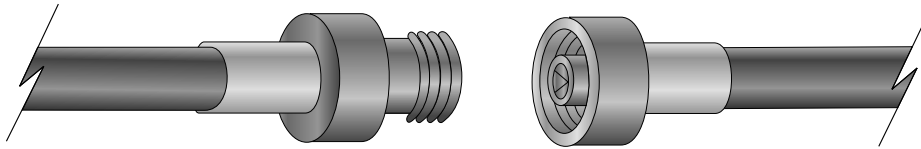


Figura 7.6 ■ Ejemplos de conectores con múltiples agujas.



El equivalente del tipo roscado se llama conector TNC. Otros tipos de esta clase son los N, Hn, C y UHF.



**Figura 7.7** ■ Ejemplo de conector coaxial.

## ■ Datos requeridos para comprar cables eléctricos

Se incluye aquí lo especificado por las normas NTC 1099, 1332, 2186, 2204 y 2356, que son adaptadas de las normas americanas ICEA S-61-402 UL62, S-66524, S-68-516 y ul83, relativas a aislamientos en materiales termoplásticos en polietileno reticulado y en etileno propileno caucho, respectivamente.

### Información que debe suministrar el comprador

Cuando se solicite cable al fabricante, debe suministrarse la siguiente información:

#### Características del sistema en donde se usará el cable

1. Corriente alterna o continua
2. Frecuencia en Hz
3. Tensión normal de operación entre fases o si es corriente continua
4. Número de fases y conductores. Si es alumbrado en serie, dar la tensión del circuito abierto y establecer si el sistema es operado con o sin protecciones
5. Nivel de aislamiento del cable
6. Temperatura mínima a la cual se instalará el cable
7. Descripción de la instalación
  - En edificios
  - En ductos subterráneos
  - Área
  - Sobre cable mensajero con anillos metálicos
  - Sobre cable mensajero con amarres
  - Preensamblados
  - Campo abierto
  - Enterrados directamente
  - Submarinos
  - Otras
8. Condiciones de instalación
  - Temperatura ambiente
  - Cantidad de cables en un banco de ductos o de tubos, indicando el tipo de tubos (metálicos o no), cantidad de tubos ocupados, encapsulados o expuestos y espacio entre tubos
  - Factor de carga
  - Método de conexión y puesta a tierra de las cubiertas metálicas (influyendo pantallas)
  - Sitio húmedo o seco

## Cantidades y descripción del cable

1. Longitud total con su tolerancia, incluidas longitudes de ensayo y de tramos específicos en casos requeridos
2. Tipo de cable. Describir como conductor sencillo, como dos conductores en configuración plana, como dos conductores en configuración redonda, etc.
3. Tensión nominal del circuito.
4. Tipo de conductor: cobre o aluminio
5. Calibre del conductor AWG, circular mils, o  $\text{MM}^2$ . Si las condiciones requieren un cableado diferente al normalizado, debe darse una descripción completa
6. Aislamiento
7. Espesor del aislamiento
8. Tipo de la cubierta exterior
9. Diámetro total máximo permitido. Cuando el espacio en ductos no esté limitado, es deseable no restringir el diámetro
10. Método de identificación
11. Carretes: aun cuando el costo de los carretes en muchos casos es reembolsable, debe ser considerado a efecto de emitir la orden de compra con el monto correcto. Debe indicarse al fabricante las longitudes que van a ser suministradas por cada carrete. Cuando un cable va a ser seccionado, es de vital importancia tener en cuenta las condiciones específicas de aplicación de cada caso, ya que según el tipo de instalación, será necesario utilizar un cable más flexible y con una cubierta que sea resistente a ciertos factores, como humedad, zonas arborizadas, influencia de los rayos solares, etc. Al tomar en cuenta estas consideraciones se asegura el buen funcionamiento del cable y se logra obtener una vida más prolongada con un mayor rendimiento.

## Material

- Instructivo
- Diversos tipos de alambres y cables
- Diversos tipos de terminales
- Componentes y cables conectados en forma permanente, semipermanente y separable

## Desarrollo experimental

### Actividad I. Identificación de cables y alambres

Consigue cables y alambres en las empresas que los fabrican o en ferreterías, así como los manuales que describen sus características y usos.

Dibuja en los espacios de la tabla 7.1 los cables y alambres proporcionados por el profesor o los que se consiguieron en las empresas fabricantes de estos cables; previa investigación, debajo de cada dibujo escribe su nombre. Asimismo, escribe en el espacio correspondiente su uso.

**Tabla 7.1** Cables y alambres

Cables	Alambres
<p><b>1.</b></p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>	<p><b>4.</b></p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>
<p><b>2.</b></p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>	<p><b>5.</b></p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>
<p><b>3.</b></p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>	<p><b>6.</b></p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>

**Actividad II. Identificación de terminales**

Consigue bornes y terminales en las empresas que los fabrican o en ferreterías, así como los manuales que describen sus características y usos.

Dibuja en los espacios de la tabla 7.2 los bornes y las terminales proporcionados por el profesor o los que se consiguieron en la empresa fabricante de estas terminales; previa investigación, debajo de cada dibujo escribe su nombre y su uso.

Tabla 7.2 Terminales y bornes

Terminales	Bornes
<p>1.</p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>	<p>4.</p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>
<p>2.</p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>	<p>5.</p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>
<p>3.</p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>	<p>6.</p>          <p>Nombre _____</p> <p>Uso _____</p> <p>_____</p>

### Actividad III. Tipo de conexiones

Dibuja en el espacio correspondiente de la tabla 7.3 las conexiones de los componentes proporcionados por el profesor o los que hayas conseguido.

**Tabla 7.3** Tipos de conexiones

Permanente	Semipermanente	Separable
1.	2.	3.
4.	5.	6.

**■ Conclusiones**

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---



---



---



---



---

**■ Actividades complementarias**

Contesta brevemente las siguientes preguntas.

1. ¿Cuándo se considera que una conexión es satisfactoria?

---

---

---

2. ¿Qué es una conexión permanente?

---

---

---

3. ¿En qué consiste el método conocido como prensado para unir alambres?

---

---

---

4. ¿Para qué se utilizan las conexiones separables?

---

---

---

5. ¿A qué temperatura se derrite la soldadura de estaño?

---

---

---

6. ¿Cómo está constituido el cable blindado?

---

---

---

7. ¿Cuál es la diferencia entre alambre y cable?

---

---

---

**Previa investigación, realiza lo que se te pide.**

Sobre una placa de acrílico o de fibracel, coloca al menos 10 tipos de cables, y 10 tipos de terminales o bornes. Deberás incluir su nombre y sus usos; realiza en equipo esta actividad y presenta sus resultados al profesor en la siguiente sesión.

**Terminología usual en conductores eléctricos**

Relaciona mediante una línea las dos columnas cuando las figuras sean iguales. Después, responde la pregunta que aparece al final.

Alambre ○		◇ Un conductor compuesto de un grupo de alambres o de cualquier combinación de grupos de alambres, retorcidos helicoidalmente
Conductor +		⊛ Un conductor compuesto de un núcleo central rodeado por una o más capas de alambres en disposición helicoidal alterna
Conductor trenzado ◇		○ Una varilla o filamento delgado de metal, de sección uniforme
Conductor concéntrico ⊛		+ Un alambre, o conjunto de alambres no aislados uno del otro, adecuado para llevar una corriente eléctrica
Conductor comprimido ⊙		☺ Un conductor trenzado (cable monoconductor) o una combinación de conductores aislados uno del otro (cable multiconductor)
Conductor compactado ⊖		⊙ Conductor concéntrico convencional, sometido a procesos de laminación o deformación para obtener un diámetro hasta 3% inferior al del convencional de la misma sección, conservando su área transversal
Cable ☺		⊖ Conductor concéntrico convencional, sometido a procesos de laminación o deformación para obtener un diámetro de 8 a 10% inferior al del convencional de la misma sección, conservando su área transversal

¿Cuál es la diferencia entre un cable y un alambre?

---

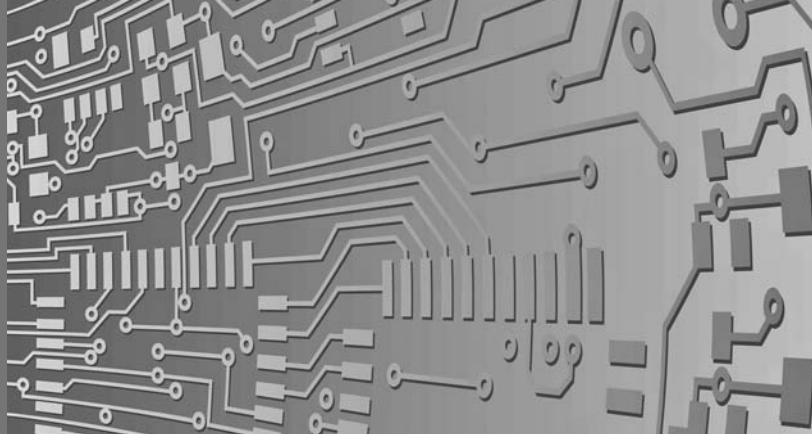


---

**BIBLIOGRAFÍA**

---

Wolf, Stanley, *Guía para mediciones electrónicas. Prácticas de laboratorio*, Colombia: Prentice Hall, 1980.  
 Zbar, Paul, *Prácticas de electricidad*, España: Marcombo, 1974.



## Resistor

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Explicará el efecto que tiene un resistor en un circuito eléctrico.
- Identificará los símbolos que representan a la resistencia eléctrica.
- Expresará el valor de la resistencia con sus respectivas incertidumbres.
- Manejará el código de colores de los resistores.

### INTRODUCCIÓN

La **resistencia eléctrica** describe la tendencia de un material para impedir el flujo de cargas eléctricas a través de él. La unidad de medida de la resistencia en el SI es el *ohm* ( $\Omega$ ). Si un circuito o dispositivo necesita el efecto que produce una cantidad específica de resistencia (como limitar la corriente que pasa a través de él o disipar energía), se emplea un elemento que aumenta la resistencia total del circuito. Este elemento recibe el nombre de **resistor**.

Los resistores (que comúnmente se llaman resistencias) se fabrican con materiales que conducen la corriente, pero que poseen una oposición grande al paso de ésta comparada con la resistencia de los alambres conductores y de los contactos. El símbolo de un resistor se muestra en la figura 8.1. El voltaje a través de una resistencia es directamente proporcional a la corriente que pasa a través de él. La ecuación que describe esta relación fue descubierta por Georg Simon Ohm en su trabajo con circuitos de corriente directa en 1836, se conoce como *ley de Ohm* y está dada por:

$$V = R I$$

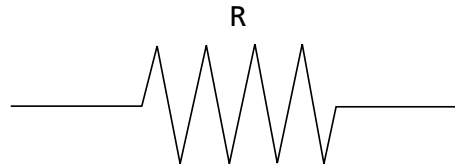


donde

$V$  = voltaje

$I$  = intensidad de corriente eléctrica

$R$  = resistencia eléctrica



**Figura 8.1** ■ Símbolo del resistor.

Si se desea expresar cuán bien un resistor conduce un elemento, en lugar de cuán bien impide el paso de la electricidad, la ley de Ohm puede escribirse en la forma siguiente:

$$I = GV$$

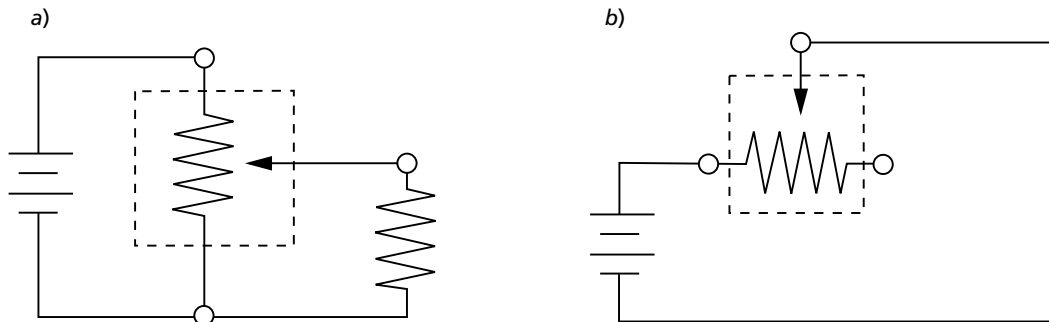
En donde a  $G = 1/R$  se le llama *conductancia* y sus unidades en el SI son los *siemens* (S). Decir que un elemento de circuito tiene una baja conductancia implica que conduce poca electricidad y que tiene una resistencia alta. Por ejemplo, una conductancia de  $10^{-6}$  S (conductancia muy baja) es equivalente a una resistencia de  $1\text{ M}\Omega$  ( $10^6\ \Omega$ ).

Las resistencias se emplean en muchos instrumentos, como calentadores eléctricos, elementos divisores de corriente y de voltaje, y dispositivos limitadores de corriente. Sus valores y tolerancias varían ampliamente. Se fabrican resistencias desde  $0.1\ \Omega$  hasta muchos megaohms. Las tolerancias aceptables pueden ir desde  $\pm 20\%$  (resistencia de los elementos calefactores) hasta  $\pm 0.001\%$  (resistencia de precisión en los instrumentos sensibles de medición).

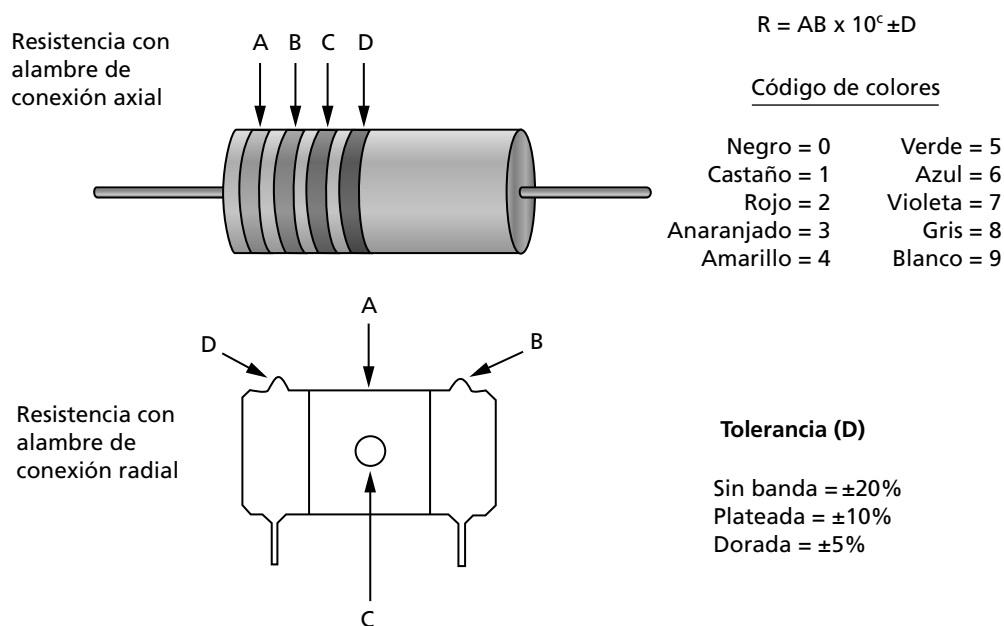
Se fabrican algunas resistencias que tienen valores ajustables o variables. Esas resistencias variables tienen por lo general tres terminales: dos fijas y una móvil. Si se hace contacto con sólo dos de las terminales de la resistencia, la resistencia variable se emplea como un *reóstato* (figura 8.2b). Si se emplean los tres contactos en un circuito (figura 8.2a), a la resistencia se le llama *potenciómetro*.

## Usos comunes de las resistencias en los circuitos

1. *Limitar la corriente* que fluye en una rama de un circuito. En estas aplicaciones, las resistencias pueden actuar a fin de proteger otros elementos en la rama, tales como los dispositivos semiconductores o los movimientos de medidores muy sensibles.
2. Como *divisores de voltaje*, de tal forma que únicamente un voltaje deseado aparezca a través de una sección de un circuito.



**Figura 8.2** ■ a) Potenciómetro, b) reóstato.



**Figura 8.3** ■ Código de colores para las resistencias de carbón.

3. Como *elementos eléctricos de calefacción* y en las lámparas incandescentes.
4. Como elementos que sirven como *camino de baja resistencia* (por ejemplo, en las resistencias de derivación o shunts).
5. Como *amortiguador* (para reducir) de oscilaciones indeseadas. En estas aplicaciones, disipan la energía de las oscilaciones.

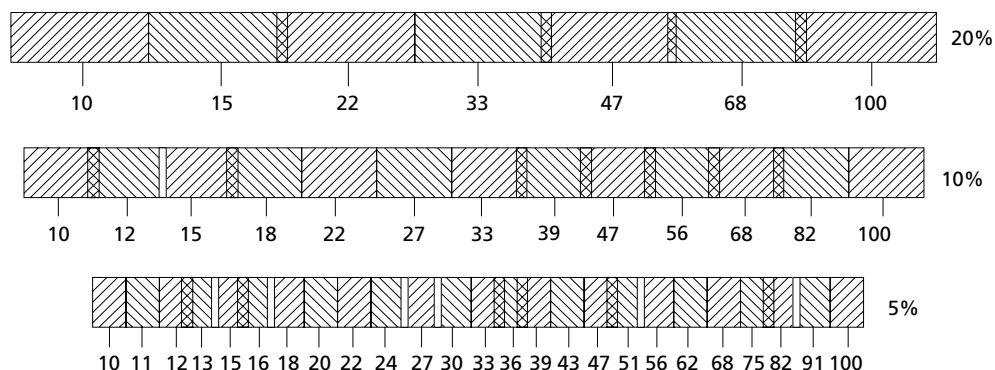
## Código de colores de las resistencias

La mayoría de las resistencias grandes tienen su valor y tolerancia impresos en sus cuerpos. Sin embargo, las de carbón y algunas de alambre devanado son muy pequeñas para utilizar este método de identificación. Se utiliza un **código de colores para identificar visualmente el valor y tolerancia de las resistencias de carbón sin tener que medirlas**. Se pintan tres o cuatro bandas de colores en el cuerpo de la resistencia a fin de identificar estos datos. La figura 8.3 muestra una resistencia de carbón y la fórmula utilizada para calcular su valor y tolerancia a partir de los colores de las bandas.

Las *primeras dos bandas de colores dan los valores de los dos primeros dígitos del valor nominal de la resistencia; la tercera banda de color corresponde al número de ceros*, es decir, si las primeras dos bandas de colores de un resistor son café y rojo, y la tercera banda es anaranjada, la resistencia tiene un valor de 12 000  $\Omega$ . *La cuarta banda de colores corresponde a la tolerancia*; si la resistencia de nuestro ejemplo tiene una banda plateada, su tolerancia es de 10% de su valor, es decir, el fabricante garantiza que la resistencia de dicho resistor está comprendida entre 10 800 y 13 200  $\Omega$ .

El valor indicado por el código de colores en las resistencias de carbón se llama **valor nominal**. Se fabrican únicamente en un conjunto específico de valores nominales. Estos valores se determinan de acuerdo con una fórmula que establece que cada valor nominal es aproximadamente  $(1 + 2N)$  veces el valor nominal precedente (donde N es la tolerancia de la resistencia).

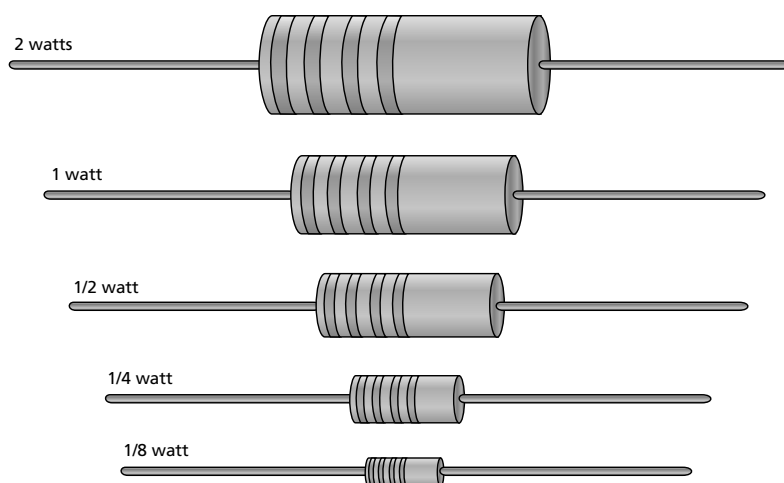
Conforme a esta fórmula, el valor de cada resistencia se ubica dentro del rango de tolerancia de cada valor nominal. La figura 8.4 muestra los valores nominales para tolerancias de 5, 10 y 20%.



**Figura 8.4** ■ Valores nominales y rangos de tolerancia para resistencias de carbón (escala logarítmica).

La máxima potencia que una resistencia de carbón puede manejar depende de su tamaño. Se fabrican con capacidades de  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 y 2 watts. La figura 8.5 muestra el tamaño real de las resistencias de carbón disponibles en el comercio y su correspondiente capacidad de potencia.

Cuando se requiere una capacidad mayor de 2 watts, se utilizan resistencias de alambre. Su capacidad de potencia se encuentra impresa directamente en la resistencia.

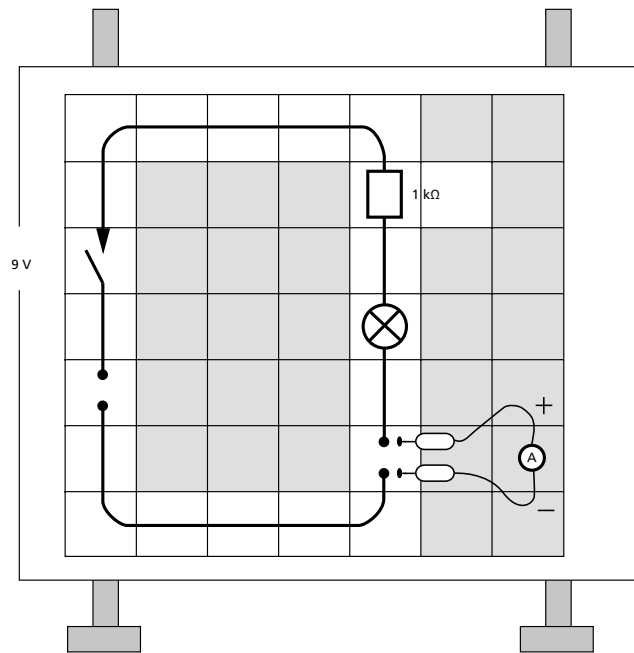


**Figura 8.5** ■ Tamaño aproximado de las resistencias de carbón.

## Material

- 1 tablero para módulos magnéticos
- 2 pinzas de mesa
- 2 barras de hierro de 1 m de longitud
- 2 módulos de conductor recto (magnéticos)
- 1 módulo conductor interrumpido (magnético)
- 1 módulo con interruptor (magnético)
- 1 módulo con resistor de 100 ohms (magnético)
- 1 módulo con resistor de 1 k $\Omega$  (magnético)
- 1 módulo con socket

- 1 foco de 7 V, 0.03A
- 1 batería de 9 V
- 1 módulo para conector puente
- 2 cables banana-caimán
- 2 cables banana-banana
- 10 resistores de carbón



**Figura 8.6** ■ Circuito eléctrico.

## ■ Desarrollo experimental

### Actividad I. Efecto de la resistencia en un circuito

En estos experimentos, el alumno identificará al resistor como un elemento que debe ser considerado en el circuito eléctrico. La lámpara incandescente va a ser empleada como un indicador de la intensidad de corriente eléctrica, y en la siguiente etapa del experimento, el amperímetro aparece como un indicador preciso de la intensidad de corriente eléctrica, que circula por el circuito.

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 8.6. Está integrado básicamente por una pila de 9 V, un resistor y la lámpara incandescente (foquito). El resistor conectado a dicho circuito debe ser de 1 KΩ.
2. Puntea con un cable el módulo de conductor interrumpido y oprime el interruptor para cerrar el circuito. ¿Qué se observa en el foquito?

---



---



---

3. Desconecta el interruptor y conecta en el módulo de conductor interrumpido un amperímetro en serie con la lámpara. Haz la elección adecuada de la escala del amperímetro. Oprime nuevamente el interruptor y registra en la tabla 8.1 el valor de la corriente eléctrica medida.

---



---



---

4. Desconecta el amperímetro, puentea el módulo de conductor interrumpido y conecta el resistor de  $100\ \Omega$  en lugar del resistor de  $1\ \text{K}\Omega$ ; cierra el circuito con el interruptor. ¿Qué observas ahora?

---



---



---

5. Conecta nuevamente en el módulo de conductor interrumpido el amperímetro en serie con la lámpara. Ajusta la escala del amperímetro si es necesario. Registra en la tabla 8.1 la nueva lectura.

---



---



---

## Resultados

**Tabla 8.1** Corriente eléctrica en el resistor

Circuito con resistencia de	Intensidad de corriente eléctrica ( )*
100 $\Omega$	
1 000 $\Omega$	

\* En el paréntesis, escribe la unidad de la intensidad de corriente.

## Discusión

1. ¿En qué condiciones se prende el foco?

---



---



---

2. ¿Qué efecto tiene el resistor en el circuito?

---



---



---

3. Previa investigación, describe el efecto Joule.

---



---



---



---

4. Para incrementar la corriente eléctrica en el circuito, ¿se debe incrementar el valor de la resistencia de dicho circuito? Explica.

---



---



---



---

## Actividad II. Valor nominal de los resistores

1. En esta actividad, determinarás el valor nominal de los resistores. En la tabla 8.2 escribe el valor nominal de los 10 resistores que se te proporcionan. Utiliza el código de colores para determinar la resistencia de cada resistor.
2. Asimismo, registra la tolerancia y determina los valores máximos y mínimos que puede tener cada resistor según su tolerancia.
3. En la tabla 8.3, escribe la incertidumbre absoluta y la incertidumbre relativa de cada uno de los resistores de la tabla 8.2. Consulta el libro *Introducción a la metodología experimental* que aparece en la bibliografía.

**Tabla 8.2** Valor nominal

Resistor	Valor nominal ( $\Omega$ )	Tolerancia %	Valor máximo ( $\Omega$ )	Valor mínimo ( $\Omega$ )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Tabla 8.3** Resistencia e incertidumbres asociadas a cada resistor

Resistor	Valor nominal ( $\Omega$ )	Incertidumbre absoluta ( $\Omega$ )	Incertidumbre relativa
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### ■ Conclusiones

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---



---

### ■ Actividades complementarias

Responde las siguientes preguntas.

1. ¿De qué valor es la diferencia de potencial en el resistor de  $100 \Omega$  cuando se encuentra conectado en el circuito de la figura 8.6? Justifica tu respuesta.

---



---



---

2. Para que encienda el foco cuando se conecta en serie con el resistor de  $1 \text{ K}\Omega$ , ¿de qué valor debe ser la diferencia de potencial entre las terminales de la pila? Justifica tu respuesta.

---



---



---

3. ¿Qué usos tienen los resistores?

---

---

---

---

4. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error?

---

---

---

---

**Investiga y responde.**

1. ¿La resistencia de un material depende de la temperatura?

---

---

---

---

2. ¿La resistencia eléctrica de un material es la misma si circula corriente directa que si lo hace corriente alterna?

---

---

---

---

**BIBLIOGRAFÍA**

---

**Bueche, Frederick**, *Física, tomo 2*, México: McGraw-Hill, 1996.

**Gutiérrez, Carlos**, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

**Gutiérrez, Carlos**, *Introducción a la metodología experimental*, México: Limusa-Noriega, 2006.

**Wolf, S. y R. Smith**, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, México: Prentice Hall, 1992.



# Ley de Ohm

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

## OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Determinará la relación entre el voltaje, la intensidad de corriente y la resistencia.
- Dadas dos de las variables de la ley de Ohm, podrá conocer la tercera variable.
- Identificará la gráfica característica de la ley de Ohm.

## INTRODUCCIÓN

Georg Simon Ohm (1789-1854) realizó experimentos similares al sugerido en la figura 9.1. Encontró que la resistencia eléctrica (oposición al paso de la corriente) y la magnitud de la corriente están interrelacionadas por la siguiente ecuación:

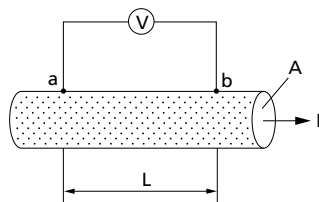
$$I = \frac{V}{R}$$

donde:

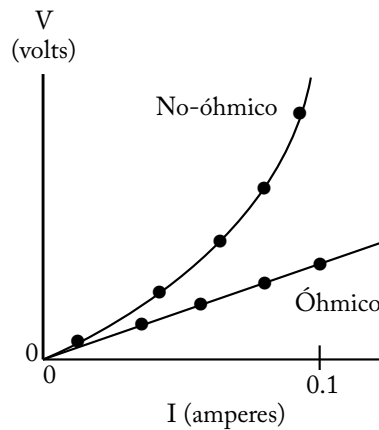
$I$  = intensidad de corriente eléctrica

$V$  = voltaje

$R$  = resistencia eléctrica



**Figura 9.1** ■ El voltímetro lee la diferencia de potencial  $V$  entre  $a$  y  $b$ :  $V = V_a - V_b$ .



**Figura 9.2** ■ No todos los materiales obedecen a la ley de Ohm.

Ohm encontró una proporción directa entre  $V$  e  $I$ , en donde  $R$  es la constante de proporcionalidad. Por tanto, una gráfica de  $V$  contra  $I$  da una línea recta, como se muestra en la figura 9.2. Los materiales cuya gráfica es una línea recta se conocen como **materiales óhmicos** y se dice que obedecen a la **ley de Ohm**; sin embargo, como se verá después, la resistividad (y la resistencia) de un material varía con la temperatura y con otros factores. Por tanto, el comportamiento no óhmico se presenta con frecuencia. Por ejemplo, la curva no óhmica que aparece en la figura 9.2 corresponde al filamento de una lámpara incandescente. Su resistencia se incrementa con la temperatura y, en consecuencia, con la corriente que fluye a través de él.

La ecuación  $V = IR$  se conoce con frecuencia como la ley de Ohm. Ésta es en realidad la ecuación que define la resistencia, mientras que la ley de Ohm afirma que  $R$  es una constante para todos los valores de  $V$  e  $I$ . Sin embargo, aquí se seguirá la costumbre y se facilitará el análisis al hacer referencia a la expresión  $V = IR$  como la ley de Ohm.

Los experimentos que se realizan para encontrar la relación entre  $V$  e  $I$  en un resistor son afectados por:

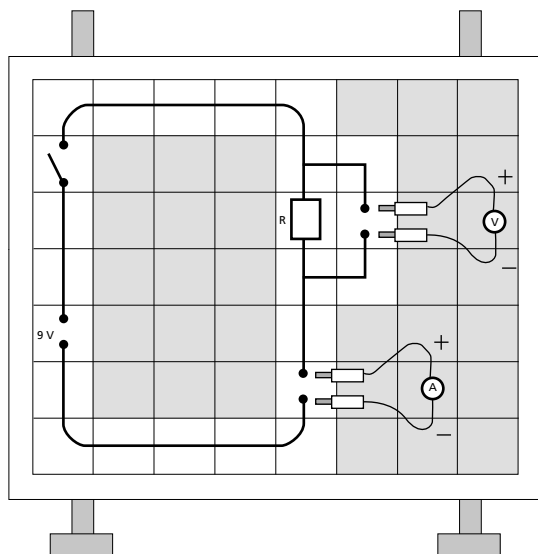
1. La resistencia interna de los instrumentos de medición.
2. La tolerancia de los resistores empleados.
3. La resistencia interna de la fuente de alimentación.

Para poder verificar la ley de Ohm, debe reconocerse que una de las tres variables tiene que permanecer constante, de manera que la segunda pueda ser examinada en relación con la tercera.

## Material

- 1 tablero para módulos magnéticos
- 2 pinzas de mesa
- 2 módulos de conductor recto
- 2 módulos de conductor en ángulo
- 2 módulos de conductor en T
- 2 módulos de conductor interrumpido
- 1 módulo con resistor de 100 ohms
- 1 módulo con resistor de 1 000 ohms
- 1 módulo con resistor de 10 k ohms

- 1 fuente de alimentación de 9 V cd 0.1 A
- 2 multímetros
- 6 cables de conexión



**Figura 9.3** ■ Circuito eléctrico.

## ■ Desarrollo experimental

### Nota preliminar

*Si cada equipo de trabajo no cuenta con los multímetros necesarios, dos equipos de trabajo deberán compartir sus multímetros para la medición simultánea del voltaje y la corriente.*

### Actividad I. Relaciones entre el voltaje y la intensidad de corriente

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 9.3. Está integrado por una fuente de alimentación, dos multímetros, un resistor, cables de conexión y un interruptor.
2. En el siguiente espacio, haz un diagrama esquemático del circuito de la figura 9.3.



**Figura 9.4** ■ Diagrama esquemático del circuito de la figura 9.3.

3. Inserta el resistor de 100 ohms en el circuito, manteniendo abierto el interruptor.
4. Para medir los voltajes en el resistor, selecciona la escala de 10 V de corriente continua en el multímetro.
5. Para medir las corrientes en el resistor, selecciona la escala de 100 mA de corriente continua en el multímetro.
6. Mediante el ajuste correspondiente en la fuente de alimentación, aplica un voltaje de 2 V al resistor y cierra el interruptor.
7. Registra en la tabla 9.1 el valor de la corriente medida en el multímetro.
8. Cambia el voltaje aplicado al resistor por los valores marcados en la tabla 9.1 y registra en esa tabla, en cada caso, la corriente que circula en el resistor.
9. Efectúa para cada valor  $V$  el cociente  $V/I$  y regístralo en la tabla 9.1. ¿Qué observas en dichos cocientes?

---



---



---

10. Determina la tolerancia del resistor de 100  $\Omega$  y con ésta calcula los valores máximos, mínimos y la incertidumbre absoluta. Registra éstos en la tabla 9.2.

### Resultados

**Tabla 9.1** Relación entre voltajes y la corriente en un resistor óhmico

$V$ (V)	$I$ (A)	$V/I$ (V/A)
0		
2		
4		
5		
6		
8		

**Tabla 9.2** Tolerancia del resistor

Resistencia $\Omega$	Tolerancia (%)	Valor máximo ( $\Omega$ )	Valor mínimo ( $\Omega$ )	Incertidumbre absoluta ( $\Omega$ )

11. En una hoja de papel milimétrico, grafica los valores de  $V$  e  $I$  de la tabla 9.1. En el eje de las abscisas localiza los valores de  $V$ .

12. Obtén el valor de la pendiente de la gráfica  $V$  vs.  $I$  mediante el método de pares de puntos y compáralo con el valor de la resistencia del resistor. Escribe tus cálculos y resultados en el siguiente espacio. Para esto, consulta el libro *Introducción a la metodología experimental*.

## ■ Discusión

1. El cociente  $V/I$  de la tabla 9.1 se encuentra dentro del intervalo (valor máximo y valor mínimo) que aparece en la tabla 9.2. ¿A qué se debe?

---



---

2. ¿Qué tipo de relación se obtuvo entre el voltaje y la corriente?

---



---

3. ¿Qué representa la pendiente de la gráfica  $V$  vs.  $I$ ?

---



---

## Actividad II. Relación entre la resistencia y la intensidad de corriente cuando el voltaje es constante

1. Ajusta la fuente de alimentación para que entre los extremos del resistor de la figura 9.3 aparezca un voltaje de 9 V.
2. Mide la corriente que circula por el resistor y regístrala en la tabla 9.3.
3. Manteniendo el voltaje de 9 V, cambia el resistor en el circuito (en la tabla 9.2 aparecen los valores del resistor) y mide en cada caso la corriente. Registra los valores en la tabla 9.2.
4. Determina el producto de la intensidad por la resistencia eléctrica. Anota tus resultados en la columna correspondiente de dicha tabla.

## Resultados

**Tabla 9.3** Relación entre  $R$  e  $I$

$R$ (ohms)	$I$ (A)	$RI$ (A · Ω)
100		
1 000		
10 000		

## ■ Discusión

1. ¿Qué tipo de relación existe entre la resistencia y la corriente?

---



---

2. Compara el producto  $Rl$  de la tabla 9.2 con el valor de 9 V. ¿Qué observas?

---



---

**■ Conclusiones**

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---

**■ Actividades complementarias**

Haz lo que se te indica.

1. En la tabla 9.4 se muestra cómo varía la corriente en un material conductor de acuerdo con la diferencia de potencial (o voltaje) aplicada entre sus extremos.
  - a) Traza en una hoja de papel milimétrico la gráfica de intensidad de corriente eléctrica corriente vs. diferencia de potencial (voltaje).
  - b) Marca sobre la gráfica el punto a partir del cual la ley de Ohm deja de aplicarse.
  - c) Calcula la resistencia del material hasta dicho punto.
  - d) ¿Cómo varía la resistencia más allá de este punto?

**Tabla 9.4** Relación  $V$  e  $I$

$V$ (V) $\pm 0.1 V$	$I$ (A) $\pm 0.02 A$
1.0	0.16
2.0	0.32
3.0	0.48
4.0	0.64
5.0	0.76
6.0	0.80
7.0	0.81

Define con tus propias palabras la ley de Ohm.

---



---



---

**Resuelve los siguientes problemas.**

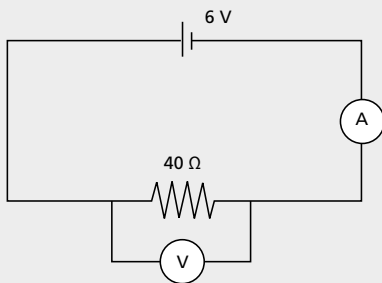
1. Una corriente de 150 mA circula a través de un resistor de 4 KΩ. ¿Cuál es el voltaje en el resistor?

Solución:

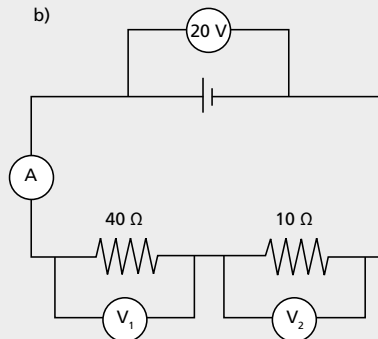
Resultado:

2. Aplicando la ley de Ohm, escribe las lecturas que se tendrían en amperímetros y voltímetros en los siguientes circuitos de la figura 9.5.

a)



b)



**Figura 9.5** ■ Problemas de aplicación de la ley de Ohm.

$I =$  \_\_\_\_\_

$V =$  \_\_\_\_\_

$I =$  \_\_\_\_\_

$V_1 =$  \_\_\_\_\_

$V_2 =$  \_\_\_\_\_

**Responde las siguientes preguntas.**

1. ¿Cuál es la incertidumbre que puede asociarse a los valores de  $R$  en la tabla 9.3? Justifica tu respuesta.

---



---



---



---

2. ¿Cuál es la incertidumbre que puede asociarse a los valores medidos de  $I$  y de  $V$  en la tabla 9.1?

---



---



---



---

3. ¿Cuáles son las principales fuentes de error en las actividades realizadas en esta práctica?

---

---

---

---

4. ¿Qué es un semiconductor? ¿Obedece la ley de Ohm?

---

---

---

---

5. ¿Qué es un superconductor? ¿Obedece la ley de Ohm?

---

---

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

**Gutiérrez, Carlos**, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

**Gutiérrez, Carlos**, *Introducción a la metodología experimental*, México: Limusa Noriega, 2006.

**Sears, Francis et al.**, *Física, tomo 2*, México: Pearson, 2005.

**Wolf, S. y R. Smith**, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, México: Prentice Hall, 1992.



## Circuito con resistores en serie

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Determinará que la intensidad de corriente es la misma en todos los puntos de un circuito de resistores conectados en serie.
- Identificará cómo varía la intensidad de corriente al incrementarse la resistencia en un circuito de corriente continua.
- Encontrará la relación entre el voltaje de la pila y los voltajes de resistores conectados en serie con ella.
- Verificará que la resistencia total es la suma de las resistencias conectadas en serie.

### INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los circuitos eléctricos no consisten simplemente en una sola fuente y un solo resistor externo, sino que comprenden cierto número de fuentes, resistores y otros componentes, como capacitores, bobinas, motores, etc., interconectados de diferente manera.

Un **circuito eléctrico** es una red cerrada de componentes eléctricos (resistores, capacitores, pilas, bobinas, etc.) unidos mediante alambres conductores a una batería o fuente de energía eléctrica (figura 10.1).

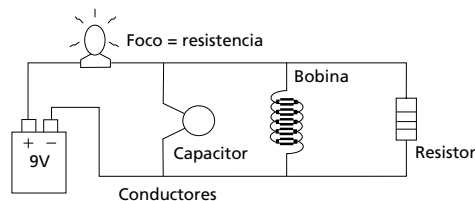
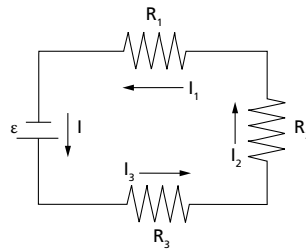


Figura 10.1 ■ Circuito eléctrico.

*Todo circuito eléctrico es cerrado* porque ésta es una condición fundamental para que las cargas eléctricas fluyan de un lado a otro. Por ejemplo, si conectamos un extremo de un alambre a una pila y el otro a un foco, éste no encenderá. La pila ni siquiera se gasta, pues el circuito no está cerrado. Se requiere que otro alambre una a la pila con el foco por los extremos no conectados para que las cargas eléctricas empiecen a fluir y el foco encienda.

El circuito más simple se compone de una sola fuente de alimentación unida a un resistor mediante conductores.

**Circuito serie.** En este tipo de circuitos, los elementos (por ejemplo, dos o más resistores) están conectados formando un camino continuo, de manera que la corriente pasa de uno a otro. En el circuito serie, la corriente que sale de la fuente de alimentación pasa por cada uno de los elementos (resistores) y vuelve a la fuente de alimentación (figura 10.2).



**Figura 10.2** ■ Circuito serie.

## Características del circuito serie

Las características del circuito serie pueden ser resumidas como sigue:

1. La intensidad de corriente eléctrica es igual en todas las partes del circuito.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \dots$$

2. El voltaje suministrado por la fuente de alimentación es igual a la suma de los voltajes a través de los resistores individuales.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

3. La resistencia equivalente o total del circuito es igual a la suma de las resistencias individuales.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

4. La potencia total consumida es igual a la suma de las potencias absorbidas en los resistores.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

5. La energía consumida o disipada en el circuito es igual a la suma de energías disipadas en cada resistor.

Una de las limitaciones del circuito serie es que si por alguna razón se desconecta un elemento o se rompe un alambre conductor en cualquier punto del circuito, ya no pasará corriente por ninguna parte de él, por lo que no funcionará.

## Material

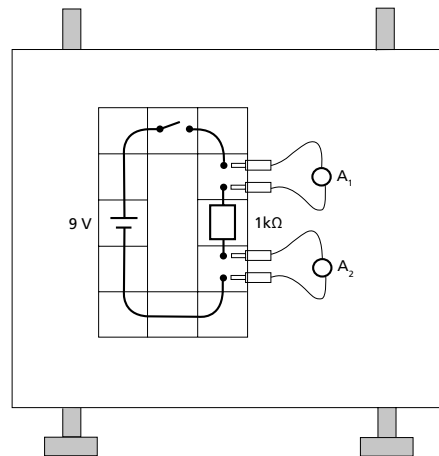
- 1 tablero para módulos magnéticos
- 2 pinzas de mesa
- 2 barras de hierro de 1 m de longitud

- 4 módulos de conductor recto
- 3 módulos de conductor interrumpido
- 2 módulos con resistor de  $1\text{ k}\Omega$
- 1 módulo con resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$
- 1 módulo con un interruptor
- 1 módulo para conectar la batería de  $9\text{ V}$
- 1 batería de  $9\text{ V}$
- 2 multímetros
- 8 cables de conexión
- 5 módulos de conductor en ángulo de  $90^\circ$

## Desarrollo experimental

### Actividad I. Corriente en el circuito simple

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 10.3. Este circuito está integrado básicamente por una pila de  $9\text{ V}$ , un resistor de  $1\text{ k}\Omega$ , un interruptor y dos multímetros.



**Figura 10.3** ■ Circuito simple.

2. Dibuja en el siguiente espacio un diagrama esquemático del circuito de la figura 10.3.



**Figura 10.4** ■ Diagrama esquemático del circuito de la figura 10.3.

3. Antes de cerrar el interruptor del circuito, elige la función del multímetro para que trabaje como amperímetro y selecciona la escala conveniente para medir la intensidad de corriente. Emplea la ley de Ohm para calcular la intensidad de corriente que probablemente se desplazará por el circuito.
4. Una vez que se hayan conectado los multímetros, cierra el interruptor y registra las lecturas en la tabla 10.1.
5. Abre el interruptor del circuito y cambia el módulo que tiene el resistor de 1 kΩ por el módulo que tiene el resistor de 4.7 kΩ, y cierra nuevamente el interruptor. Registra las nuevas lecturas de los multímetros en la tabla 10.1.

## Resultados

**Tabla 10.1** Corriente en un resistor

Resistor (kΩ)	Corriente eléctrica	
	Multímetro 1 (mA)	Multímetro 2 (mA)
1		
4.7		

## Discusión

1. ¿Cómo son las intensidades de corriente eléctrica antes de llegar al resistor y después de fluir por él?

---



---

2. ¿Cómo es la intensidad de corriente al aumentar la resistencia?

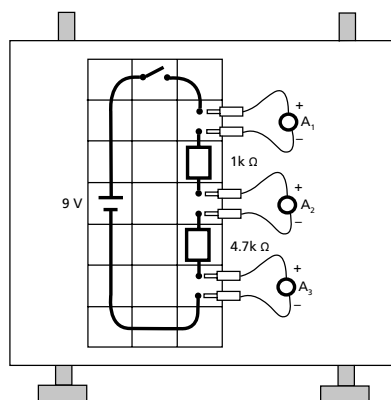
---



---

## Actividad II. Corriente en el circuito serie

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 10.5. Está integrado básicamente por una pila de 9 V, un resistor de 1 kΩ, un resistor de 4.7 kΩ, un interruptor y tres multímetros. *Para armar este circuito, deberán compartirse los multímetros con los de los otros equipos de trabajo.*



**Figura 10.5** | Medición de la corriente en un circuito serie.

- Una vez que se hayan seleccionado la función y las escalas adecuadas, cierra el interruptor para medir la corriente que se desplaza por el circuito. Registra las lecturas en la tabla 10.2.
- Repite el procedimiento anterior, pero en lugar del resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$  conecta un resistor de  $1\text{ k}\Omega$ . En estas condiciones, el circuito será llamado circuito 2. Registra los resultados en la tabla 10.2.

## Resultados

**Tabla 10.2** Corriente en un circuito serie

Circuito	Corriente eléctrica		
	Multímetro 1 (mA)	Multímetro 2 (mA)	Multímetro 3 (mA)
1			
2			

## Discusión

- ¿Cómo es la intensidad de corriente eléctrica que circula en cada parte del circuito?

---



---

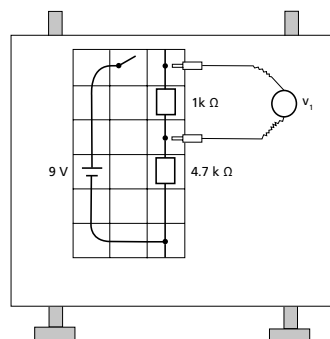
- ¿Cuáles son las incertidumbres porcentuales de los valores de las corrientes eléctricas de la tabla 10.2? Registra los resultados en la tabla 10.3.

**Tabla 10.3** Incertidumbres porcentuales de las corrientes eléctricas

Circuito	Incertidumbre porcentual		
	Multímetro 1 (%)	Multímetro 2 (%)	Multímetro 3 (%)
1			
2			

## Actividad III. Voltaje en el circuito serie

- Arma el circuito que se muestra en la figura 10.6. Está integrado básicamente por una pila de  $9\text{ V}$ , un resistor de  $1\text{ k}\Omega$ , un resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$ , un interruptor y un multímetro (ajustado para medir voltajes).



**Figura 10.6** Voltaje en cada elemento del circuito serie.

- En el siguiente espacio realiza un diagrama esquemático del circuito de la figura 10.6.



**Figura 10.7** | Diagrama esquemático de la figura 10.6.

- Previo selección de la escala adecuada, mide el voltaje en cada resistor ( $V_1$  y  $V_2$ ) y en los extremos de la pila ( $V$ ) y registra dichos valores en la tabla 10.4.
- Suma  $V_1$  y  $V_2$  y registra el resultado en la tabla 10.4.
- Efectúa el cociente  $(V_1 + V_2) / V$  y registra el resultado en la tabla 10.4.
- Repite el procedimiento anterior, cambiando al resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$  por otro de  $1\text{ k}\Omega$  en el circuito de la figura 10.5. En estas condiciones, el circuito será llamado circuito 2.

### Resultados

**Tabla 10.4** Voltaje en el circuito serie

Circuito	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_1 + V_2$ (V)	$V$ (V)	$\frac{V_1 + V_2}{V}$
1					
2					

### ■ Discusión

- ¿Cómo es la relación de la suma de voltajes en los resistores con respecto al voltaje de la pila?

---



---

- ¿Qué valor se obtuvo del cociente  $\frac{V_1 + V_2}{V}$ ?, ¿por qué?

---



---

### Actividad IV. Resistencia equivalente en el circuito serie

- Determina en forma teórica la resistencia equivalente de los dos resistores conectados en serie de la figura 10.6 y registra el valor ( $R_{eT}$ ) en la tabla 10.5. Asimismo, registra los valores nominales de los resistores ( $R_1$  y  $R_2$ ). El símbolo  $R_{eT}$  representa la resistencia equivalente teórica de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ .

2. Con un multímetro con la función y escala correspondiente para medir resistencias, mide en forma independiente el valor de cada resistor ( $R_{1E}$  y  $R_{2E}$ ), así como el de la resistencia equivalente ( $Re_E$ ) cuando dichos resistores están conectados en serie. Los símbolos  $R_{1E}$  y  $R_{2E}$  representan los valores medidos (experimentales) de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ .
3. Efectúa el cociente  $Re_T / Re_E$  y regístralo en la tabla 10.5.

## Resultados

**Tabla 10.5** Resistencia equivalente

$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$Re_T$ ( $\Omega$ )	$R_{1E}$ ( $\Omega$ )	$R_{2E}$ ( $\Omega$ )	$Re_E$ ( $\Omega$ )	$\frac{Re_T}{Re_E}$

## Discusión

1. ¿Cómo es la relación  $Re_T / Re_E$ ?

---



---



---

2. ¿A qué se debe?

---



---



---

3. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error?

---



---



---

## Conclusiones

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---



---



---

**■ Actividades complementarias**

**Responde las siguientes preguntas.**

1. Si se tienen varios resistores en serie, ¿pasa más corriente eléctrica por la de menor valor? Explica.

---



---



---

2. En una instalación eléctrica doméstica, dos lámparas están conectadas de modo que al fundirse una se apaga la otra. ¿Qué error se cometió al hacer el montaje?

---



---



---

3. En un circuito eléctrico, ¿un amperímetro debe montarse antes o después de la resistencia de consumo?

---



---



---

4. Disponemos de dos focos de 110 V y 100 W montados en serie con una fuente de 110 V. ¿Qué ocurre si sólo se conecta uno a la fuente de 110 V? ¿Aumenta o disminuye su iluminación? Explica.

---



---



---

**Resuelve los siguientes problemas.**

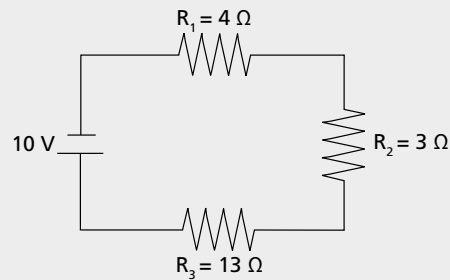
1. La resistencia equivalente de cuatro resistores iguales conectados en serie es de 440 Ω. ¿Cuál es el valor de la resistencia de cada uno de los resistores?

Solución
Resultado

2. Determina la caída de voltaje y la potencia consumida en cada resistor del siguiente circuito de la figura 10.8.

Solución
----------



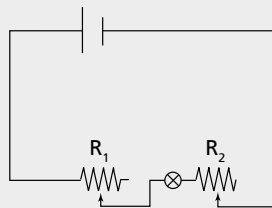


**Figura 10.8** ■ Circuito serie.

Resultado

**Previa investigación, coloca en el paréntesis la opción correcta.**

El circuito está integrado por una batería, un foco y dos reóstatos conectados como se indica en la figura 10.9. Los reóstatos  $R_1$  y  $R_2$  pueden aumentar o disminuir su resistencia.



**Figura 10.9** ■ Foco conectado a una pila y dos reóstatos.

1. ( ) Si se disminuye  $R_1$ , el brillo del foco debe:
 

a) Aumentar	b) Disminuir	c) Quedar igual
-------------	--------------	-----------------
2. ( ) Si  $R_2$  aumenta, el brillo del foco debe:
 

a) Aumentar	b) Disminuir	c) Quedar igual
-------------	--------------	-----------------
3. ( ) Si  $R_2$  disminuye, el brillo del foco debe:
 

a) Aumentar	b) Disminuir	c) Quedar igual
-------------	--------------	-----------------
4. ( ) Si  $R_1$  aumenta, el brillo del foco debe:
 

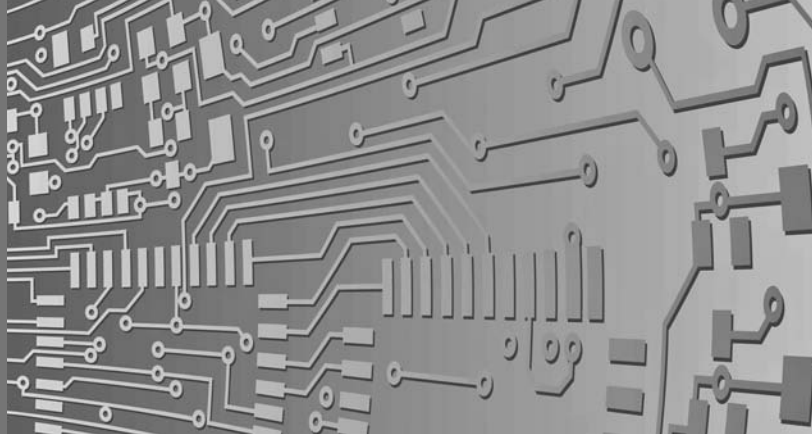
a) Aumentar	b) Disminuir	c) Quedar igual
-------------	--------------	-----------------

## BIBLIOGRAFÍA

Gutiérrez, Carlos, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

Sears, F. et al., *Física universitaria*, México: Pearson, 2005.

Wolf, S. y R. Smith, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, México: Prentice-Hall, 1992.



## Circuito con resistores en paralelo

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

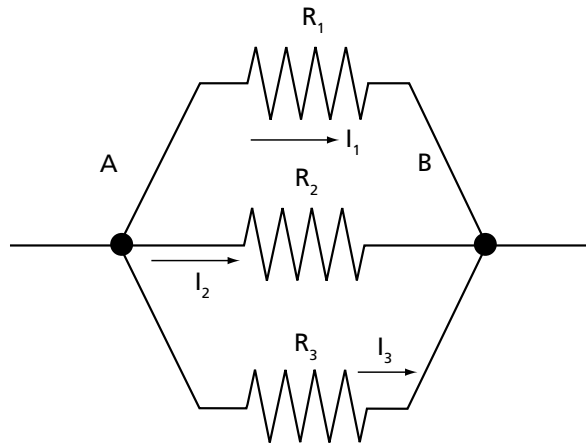
Al término de esta práctica, el alumno:

- Reconocerá que la intensidad de corriente eléctrica depende del valor de la resistencia de los resistores conectados en paralelo.
- Verificará que la intensidad de corriente total cambia si un resistor del mismo valor al que aparece en el circuito se conecta en paralelo con él.
- Comprobará que el voltaje en cada resistor en paralelo es igual al voltaje (fem) de la fuente de energía.
- Identificará que la resistencia equivalente de un grupo de resistores en paralelo es menor que el valor más pequeño de las resistencias conectadas en dicho arreglo.

### INTRODUCCIÓN

Un **circuito paralelo** es aquel en el que se conectan dos o más elementos (resistores, capacitores, etc.) de manera que la corriente eléctrica puede pasar por dos o más caminos simultáneamente. En este circuito existen tantas trayectorias para la corriente que sale de la fuente de alimentación como elementos (resistores) conectados en el circuito.

Los elementos (resistores) en este circuito se conectan a dos puntos comunes (figura 11.1).



**Figura 11.1** ■ Circuito paralelo.

## Características del circuito paralelo

Las características del circuito paralelo pueden ser resumidas como sigue:

1. La corriente total en un circuito paralelo es igual a la suma de las corrientes que circulan en cada resistor (rama del circuito).

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

2. La caída de voltaje a través de cada resistor (o cada rama del circuito) es la misma y es equivalente a la caída total del voltaje; en magnitud, es igual al valor del voltaje suministrado.

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$

3. El recíproco de la resistencia equivalente o total es igual a la suma de los recíprocos de la resistencia de los resistores conectados en paralelo.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

4. La potencia total consumida en el circuito es igual a la suma de las potencias consumidas en cada resistor.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

Una ventaja del circuito paralelo cuando se usa en forma doméstica es que si hay una rotura en cualquiera de sus ramas o se desconecta cualquier resistor, la corriente no deja de circular en los otros resistores. El empleo de circuitos paralelos hace posible quitar o poner en funcionamiento cualquier lámpara o dispositivo eléctrico sin que se vean afectados los demás.

Los circuitos domésticos son siempre cableados de tal forma que los focos y los aparatos eléctricos estén conectados en paralelo.

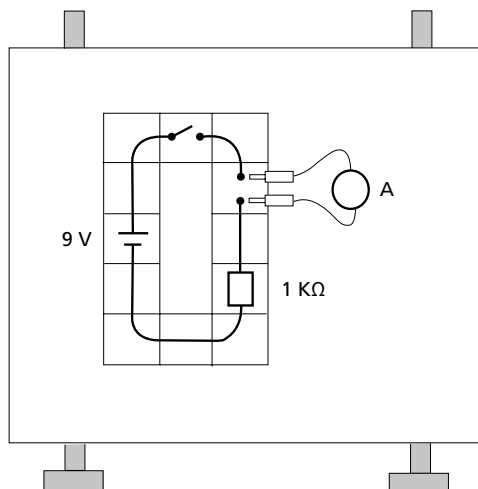
## Material

- 1 tablero para módulos magnéticos
- 2 pinzas de mesa
- 2 barras de hierro de 1 m de longitud
- 2 módulos de conductor recto
- 4 módulos de conductor a ángulo recto
- 2 módulos de conductor en forma de T
- 4 módulos de conductor interrumpido
- 1 módulo interruptor
- 2 módulos con resistor de 1 k $\Omega$
- 1 pila de 9 V
- 1 multímetro
- 1 módulo con resistor de 4.7 k $\Omega$
- 8 cables de conexión

## Desarrollo experimental

### Actividad I. Corriente eléctrica en el circuito al conectar resistores en paralelo

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 11.2. Está integrado básicamente por una pila de 9 V, un resistor de 1 k $\Omega$ , un interruptor y un multímetro.
2. Antes de cerrar el interruptor del circuito, selecciona la escala y la función del multímetro para hacer la medición de la corriente que circula.
3. Cierra el interruptor del circuito y registra la lectura del multímetro en la tabla 11.1.

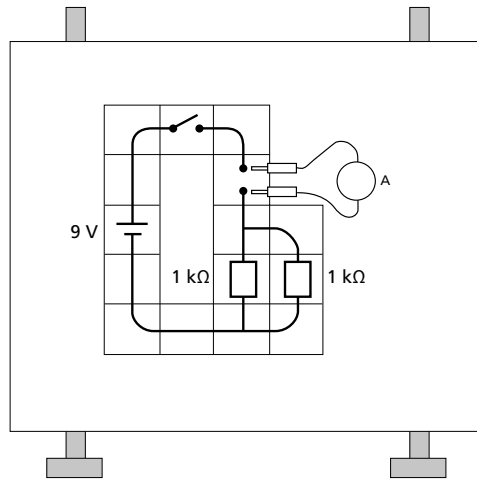


**Figura 11.2** ■ Circuito simple.

4. Abre el interruptor del circuito y conecta otro resistor de 1 k $\Omega$  en paralelo con el primer resistor de 1 k $\Omega$ , como se muestra en la figura 11.3.
5. Nuevamente cierra el interruptor y registra la lectura del multímetro en la tabla 11.2.
6. Repite los pasos 4 y 5, pero ahora conecta un resistor de 4.7 k $\Omega$  en paralelo al de 1 k $\Omega$ .

**Tabla 11.1** Corriente en el circuito

Resistor(es) (k $\Omega$ )	Corriente eléctrica (mA)
Uno de 1 k $\Omega$	
Dos en paralelo de 1 k $\Omega$ cada uno	
Dos en paralelo de 1 k $\Omega$ y 4.7 k $\Omega$	

**Figura 11.3** | Circuito de dos resistores en paralelo.

7. En el siguiente espacio, haz un diagrama esquemático del circuito de la figura 11.3.

**Figura 11.4** | Diagrama esquemático del circuito de la figura 11.3.

## ■ Discusión

1. Al conectar un resistor en paralelo con el resistor del circuito, ¿cómo varía la corriente?

---



---

2. ¿En qué caso la corriente es mayor en el circuito? ¿Por qué?

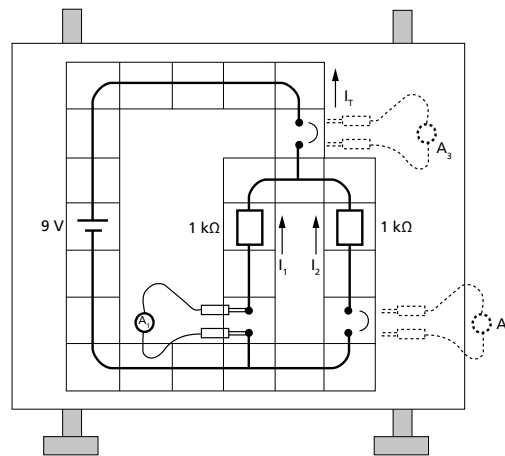
---



---

### Actividad II. Corriente eléctrica en los resistores conectados en paralelo

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 11.5. El multímetro previamente calibrado para medir corrientes se conecta en serie con uno de los resistores como se ilustra en la figura, mientras se puentea con cable los otros dos módulos de conductor interrumpido.



**Figura 11.5** ■ Circuito para identificar cómo varía la corriente en cada resistor.

2. Cierra el interruptor y registra en la tabla 11.2 la corriente ( $I_1$ ) que circula por dicho resistor. Después de hacer la lectura, abre el interruptor.
3. Coloca el multímetro en serie con el otro resistor de  $1\text{ k}\Omega$  y puentea el módulo de conductor interrumpido del primer resistor de  $1\text{ k}\Omega$ .
4. Cierra el interruptor y registra en la tabla 11.2 la corriente ( $I_2$ ) que circula por este resistor.
5. Realiza un procedimiento similar para determinar la corriente total ( $I_T$ ) en el circuito.
6. Suma las corrientes  $I_1$  y  $I_2$  y dicho resultado divídalo entre la corriente total ( $I_T$ ); registra tu cálculo en la tabla 11.2.
7. Repite todo el procedimiento anterior, pero, en esta ocasión, conecta el resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$  en lugar de uno de los resistores de  $1\text{ k}\Omega$ . En estas condiciones, éste será llamado circuito 2.

**Tabla 11.2** Comparación de la corriente en cada rama del circuito paralelo

Circuito	Corriente eléctrica				
	$I_1$ (mA)	$I_2$ (mA)	$I_T$ (mA)	$I_1 + I_2$ (mA)	$\frac{I_1 + I_2}{I_T}$
1					
2					

## Discusión

1. ¿En qué resistor fluye menos corriente?, ¿a qué se debe?

---



---

2. ¿En qué circuito la corriente total es menor?, ¿a qué se debe?

---



---

3. ¿Cómo es la relación entre las corrientes  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_T$ ?

---



---

4. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error?

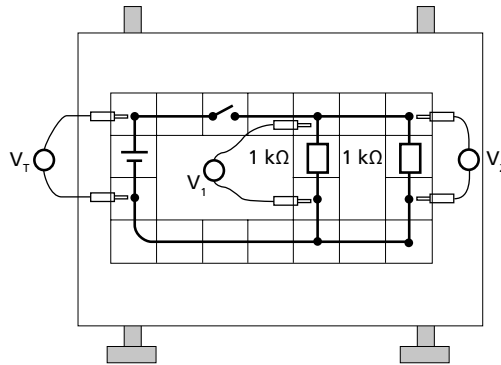
---



---

## Actividad III. Voltaje en un circuito paralelo

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 11.6. El multímetro deberá calibrarse para medir voltajes de corriente directa.



**Figura 11.6** ■ Medición del voltaje en un circuito paralelo.

2. Cierra el interruptor del circuito, mide el voltaje de la pila ( $V_T$ ) y registra la lectura en la tabla 11.3. Mide el voltaje entre los extremos de cada resistor ( $V_1$  y  $V_2$ ) y registra dichas lecturas en la tabla 11.3.
3. Cambia uno de los resistores de  $1\text{ k}\Omega$  por uno de  $4.7\text{ k}\Omega$  y repite el procedimiento anterior. Éste será llamado el circuito 2.

**Tabla 11.3** Voltaje en el circuito paralelo

Circuito	Voltajes		
	$V_T$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)
1			
2			

### ■ Discusión

1. ¿Cómo es el voltaje en cada resistor?

---



---

2. Al variar el valor del resistor, ¿el voltaje cambia en un circuito paralelo? Explica.

---



---

3. ¿Cuáles fueron las fuentes de error?

---



---

### Actividad IV. Resistencia equivalente en el circuito paralelo

1. Determina en forma teórica la resistencia equivalente de los dos resistores conectados en paralelo de la figura 11.6 y registra el valor ( $Re_T$ ) en la tabla 11.4. Asimismo, registra los valores nominales de los resistores ( $R_1$  y  $R_2$ ).
2. Con un multímetro con la escala y función correspondiente para medir resistencias, mide en forma independiente el valor de cada resistor ( $R_{1E}$  y  $R_{2E}$ ), así como el valor de la resistencia equivalente ( $Re_E$ ) cuando dichos resistores están conectados en paralelo.
3. Efectúa el cociente  $Re_T / Re_E$  y regístralo en la tabla 11.4.

### Resultados

**Tabla 11.4** Resistencia equivalente

$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	$Re_T$ ( $\Omega$ )	$R_{1E}$ ( $\Omega$ )	$R_{2E}$ ( $\Omega$ )	$Re_E$ ( $\Omega$ )	$\frac{Re_T}{Re_E}$

### ■ Discusión

1. ¿Cómo es la relación  $Re_T / Re_E$ ?

---



---

2. ¿La resistencia equivalente es mayor o menor que los valores de  $R_1$  y  $R_2$ ?

---



---

3. ¿Por qué no fueron iguales  $Re_T$  y  $Re_E$ ?

---



---



4. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error?

---



---

**Conclusiones**

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---



---



---



---



---

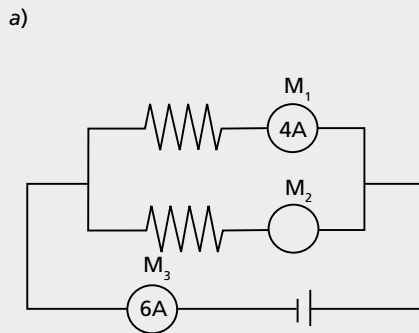


---

**Actividades complementarias**

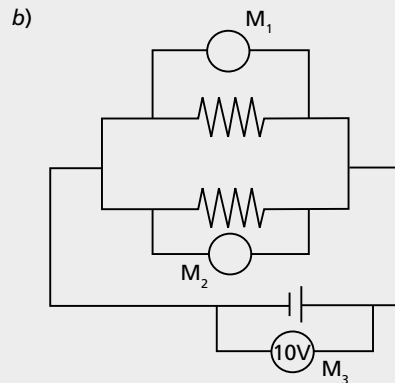
Resuelve los siguientes problemas.

1. ¿Cuáles serán las lecturas en los medidores  $M_1$ ,  $M_2$  y  $M_3$  de la figura 11.7?



$M_1 =$  \_\_\_\_\_

$M_2 =$  \_\_\_\_\_



$M_1 =$  \_\_\_\_\_

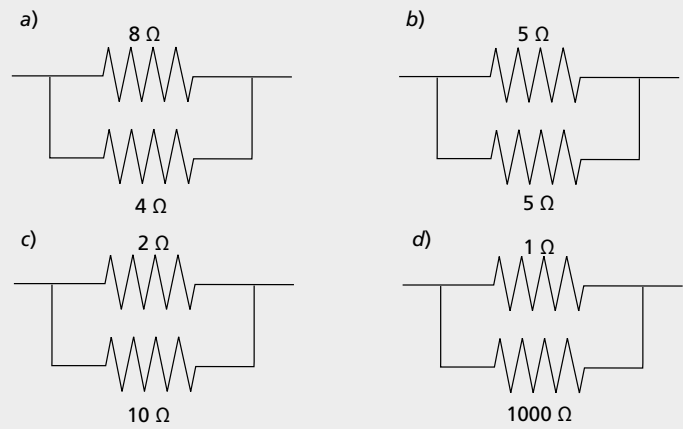
$M_2 =$  \_\_\_\_\_

**Figura 11.7a** || Corrientes en el circuito.

**Figura 11.7b** || Voltaje en el circuito.

2. ¿Cuál arreglo de la figura 11.8 tiene la resistencia equivalente más baja?, ¿cuál arreglo tiene mayor resistencia equivalente?

Solución



**Figura 11.8** ■ Resistores conectados en paralelo.

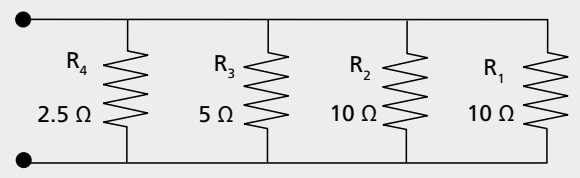
Resultado

3. Tres resistores iguales se conectan en paralelo. Si la resistencia equivalente es de  $300\ \Omega$ , ¿cuál es el valor de cada resistor?

Solución

Resultado

4. ¿Cuál es la resistencia equivalente del siguiente arreglo de resistores?



**Figura 11.9** ■ Cuatro resistores conectados en paralelo.

Solución

Resultado

Responde la siguiente pregunta.

1. ¿Por qué se conectan en paralelo los aparatos eléctricos en un circuito doméstico?

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

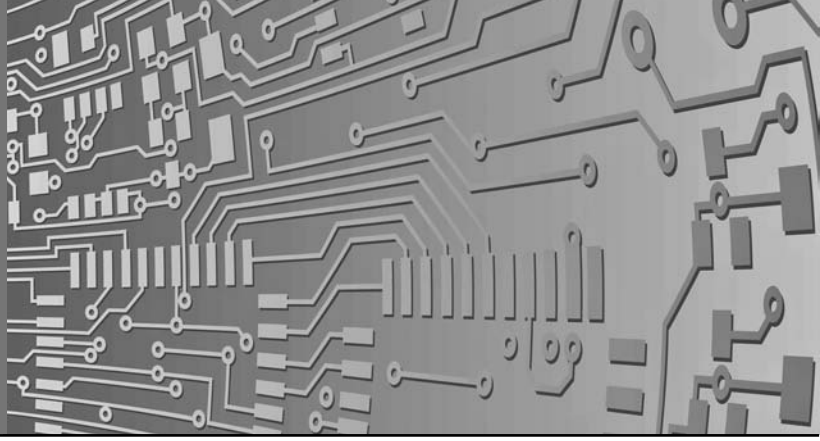
---

Gutiérrez, Carlos, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

Gutiérrez, Carlos. *Introducción a la metodología experimental*, México: Limusa-Noriega, 2006.

Sears, F. et al., *Física universitaria. Tomo 2*, México: Pearson, 2005.

Wolf, S. y R. Smith, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, México: Prentice-Hall, 1992.



## Leyes de Kirchhoff

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Verificará que la suma de las corrientes que entran en un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen.
- Confirmará que la suma de los incrementos y caídas de voltaje alrededor de un circuito cerrado es cero.
- Aplicará las leyes de Kirchhoff en la solución de circuitos.

### INTRODUCCIÓN

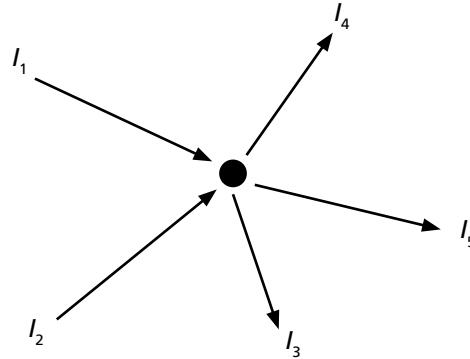
Existen muchos circuitos eléctricos que no tienen componentes conectados exclusivamente en serie o en paralelo, sino en serie-paralelo o en otras formas complejas. Para solucionar estos circuitos, además de las reglas dadas en los circuitos serie y paralelo, se requiere el empleo de métodos más generales. Un método para analizar los circuitos fue desarrollado en 1817 por el físico alemán Gustav Kirchhoff y comprende la aplicación de dos leyes que llevan su nombre.

La **primera ley de Kirchhoff**, también conocida como **ley de las corrientes** (o de los nodos), establece que: *la suma de las corrientes que entran en un punto llamado nodo (o punto de unión) es igual a la suma de las corrientes que salen del mismo nodo*. Matemáticamente se puede expresar por:

$$\sum I_{\text{entran}} = \sum I_{\text{salen}}$$

Esta ley también puede establecerse de la siguiente forma: *la suma algebraica de las corrientes que entran en un punto de unión más las corrientes salientes del mismo debe ser igual a cero*.

Cuando se define de esta manera, se establece la siguiente convención: *las corrientes que entran o llegan al nodo se consideran positivas y todas las que salen se consideran negativas* (figura 12.1).



$$\text{nodo } \sum I_{\text{entran}} = \sum I_{\text{salen}}$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

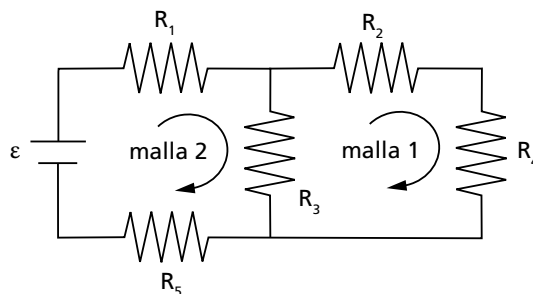
**Figura 12.1** ■ La suma de las corrientes que entran en un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen del mismo.

La **segunda ley de Kirchhoff**, conocida también como la **ley de los voltajes (o de las mallas)**, establece que: *la suma de los incrementos y caídas de voltaje alrededor de un circuito cerrado es cero*. Matemáticamente se expresa por:

$$\sum V = 0$$

Esta ley es un modo particular de expresar la ley de la conservación de la energía para una carga que recorra un circuito cerrado, es decir, *en un circuito, una carga eléctrica debe ganar tanta energía como la que pierde*. Cualquier carga que se mueve en torno de cualquier circuito cerrado (sale de un punto y llega al mismo punto) debe ganar tanta energía como la que pierde. Su energía puede decrecer en forma de caída de potencial,  $-IR$ , a través de un resistor.

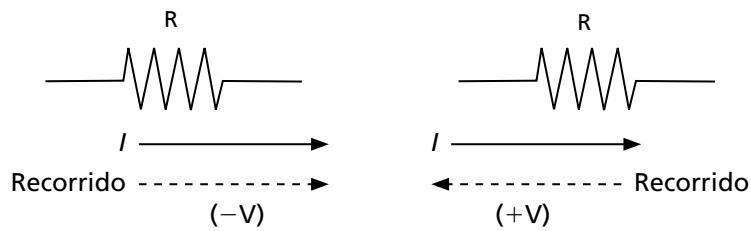
Un **circuito cerrado o malla** es cualquier trayectoria cerrada continua alrededor de un circuito que deja un punto en una dirección y retorna al mismo punto (figura 12.2).



**Figura 12.2** ■ La malla es una trayectoria cerrada; este circuito consta de dos mallas.

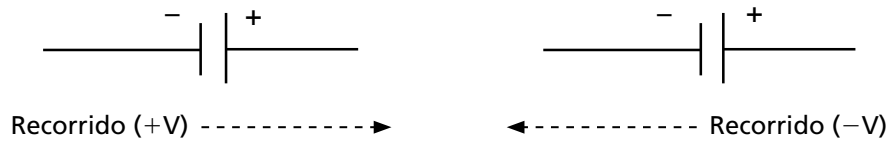
Para aplicar la segunda ley de Kirchhoff deben observarse las siguientes convenciones:

1. Si se recorre la **resistencia** en la dirección de la corriente, el voltaje a través de la resistencia se considera **negativo**, pero si se recorre en dirección opuesta, el voltaje se toma como **positivo** (figura 12.3).



**Figura 12.3** ■ Convención de signos del voltaje en el resistor para aplicar la segunda ley de Kirchhoff.

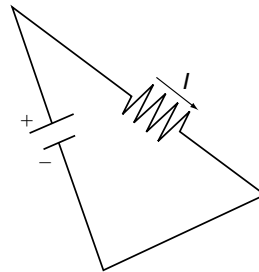
2. Si la **fuerza de alimentación** (batería o generador eléctrico) se recorre en la dirección de fem (de la terminal  $-$  a la  $+$ ), el cambio de voltaje es **positivo**, y si la fuente de alimentación se recorre en la dirección opuesta a la fem (de la terminal  $+$  a la  $-$ ), el cambio de voltaje es **negativo** (figura 12.4).



**Figura 12.4** ■ Convención de signos para el voltaje de la fuente de alimentación.

Es importante recordar que se acostumbra referirse a la dirección del flujo de la corriente eléctrica como opuesta a la dirección real del flujo de los electrones.

A fin de que puedas recordar las anteriores convenciones, observa la figura 12.5. Cuando la corriente es recorrida por el resistor en el sentido en que fluye la corriente, se tiene una caída de voltaje, y cuando se recorre en sentido contrario, tendremos una subida. De la misma manera, cuando se recorre una fuente de voltaje de menos a más, tendremos un voltaje positivo, y cuando se recorre de más a menos, tendremos un voltaje negativo.



**Figura 12.5** ■ Esta figura te permite recordar las convenciones para asignar los signos a los voltajes.

Al aplicar las leyes de Kirchhoff en la solución de circuitos, deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La **ley de los nodos** puede utilizarse siempre que sea necesario, pero considerando que al escribir una ecuación se incluya una corriente que no haya sido utilizada previamente en alguna otra ecuación de la ley de los nodos. En general, el número de veces que puede ser utilizada la ley de los nodos es uno menos que el número de uniones (nodos) que tenga el circuito.
2. La **ley de las mallas** puede ser utilizada siempre que sea necesario, en tanto que un nuevo elemento de circuito (resistor o batería) o una nueva corriente aparezca en cada nueva ecuación. En general, el número de ecuaciones independientes que se necesitan debe ser al menos igual al número de incógnitas para poder dar solución al problema de un circuito en particular.

## Estrategia para la solución de circuitos aplicando las leyes de Kirchhoff

1. Lo primero que se hace es asignar el símbolo y numeración correspondiente a cada uno de los componentes eléctricos del circuito, tanto a los que se conoce su valor como a los de valor desconocido.
2. En seguida debe asignarse una corriente a cada parte del circuito. No hay que preocuparse si no se asigna correctamente el sentido a la corriente eléctrica. Si esto sucediera, en los resultados se obtendrá un valor negativo, lo que indicará que el sentido de la corriente es contrario al que se asignó originalmente. Aun cuando la asignación de la corriente es arbitraria, debe respetarse la dirección asignada durante la aplicación de las leyes de Kirchhoff.
3. Al realizar lo anterior, se sugiere aplicar la primera ley de Kirchhoff a los nodos del circuito. En la aplicación de esta ley, se debe considerar que al escribir una ecuación para un nodo, se incluya una corriente que no haya sido considerada en algunas de las ecuaciones de los otros nodos del circuito. En general, el número de veces que debe ser aplicada la ley de los nodos es una menos que el número de nodos que tenga el circuito.
4. Después, se aplica la segunda ley de Kirchhoff a tantas mallas en el circuito como sean necesarias para determinar las incógnitas. Al aplicar esta ley, deben identificarse correctamente los cambios de potencial (voltaje) de cada elemento al recorrer la malla; ¡cuidado con los signos!, deben seguirse las convenciones dadas y resumidas en las figuras 12.3, 12.4 y 12.5.
5. Por último, deben resolverse las ecuaciones obtenidas por los métodos algebraicos convenientes que permitan conocer el valor de las incógnitas del circuito. Debe tenerse cuidado en las operaciones algebraicas con el fin de evitar errores en los resultados. En general, el número de ecuaciones independientes que se obtienen debe ser al menos igual al número de incógnitas para tener una solución al problema del circuito.

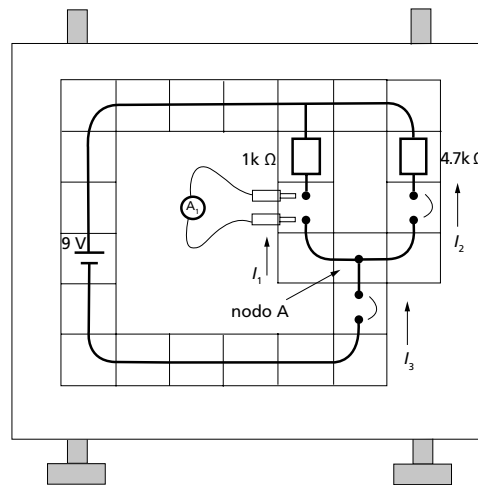
## Material

- 1 tablero para módulos magnéticos
- 2 pinzas de mesa
- 2 barras de hierro de 1 m de longitud
- 7 módulos de conductor recto
- 4 módulos de conductor interrumpido
- 2 módulos de conductor en forma de T
- 2 módulos de conductor a ángulo recto
- 1 módulo interruptor
- 1 módulo con resistor de 1 k $\Omega$
- 1 módulo con resistor de 10 k $\Omega$
- 1 módulo con resistor de 4.7 k $\Omega$
- 1 pila de 9 V
- 1 pila de 1.5 V
- 1 multímetro
- 8 cables de conexión

## Desarrollo experimental

### Actividad I. Primera ley de Kirchhoff

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 12.6. Está integrado básicamente por una pila de 9V, un resistor de 1 kΩ, un resistor de 4.7 kΩ, un interruptor y un multímetro.
2. El multímetro, previamente calibrado para medir corrientes y en la escala conveniente, se conecta en serie con uno de los resistores, como se ilustra en la figura 12.6, mientras se puentean con cable los otros dos módulos de conductor interrumpido.



**Figura 12.6** ■ Del nodo A salen las corrientes  $I_1$  e  $I_2$ .

3. Al puentear los dos módulos de conductor interrumpido y cerrar el interruptor, registra en la tabla 12.1 la corriente ( $I_1$ ) que circula por dicho resistor. Después de haber hecho la lectura, abre el interruptor.
4. Ahora coloca el multímetro en serie con el resistor de 4.7 kΩ y puentea el módulo de conductor interrumpido conectado en serie con el del primer resistor (el de 1 kΩ).
5. Cierra el interruptor y registra en la tabla 12.1 la corriente ( $I_2$ ) que circula por este otro resistor. Realizado esto, abre el interruptor del circuito.
6. Retira el multímetro y puentea el módulo de conductor interrumpido conectado al resistor de 4.7 kΩ.
7. Conecta el multímetro en el tercer módulo de conductor interrumpido. Asegúrate de que la escala sea la adecuada para medir la corriente  $I_3$ .
8. Cierra el interruptor y registra el valor de la corriente  $I_3$  en la tabla 12.1.
9. Considera que la corriente  $I_3$  entra al nodo A y las corrientes  $I_1$  e  $I_2$  salen del nodo A.
10. Calcula y registra la suma algebraica  $I_3 - I_1 - I_2$  en la tabla 12.1.

### Resultados

**Tabla 12.1** Corrientes en el nodo

$I_1$ (mA)	$I_2$ (mA)	$I_3$ (mA)	$I_3 - I_1 - I_2$ (mA)



## Discusión

1. ¿Cómo resultó la suma algebraica  $I_3 - I_1 - I_2$ ?

---



---

2. Si la suma algebraica  $I_3 - I_1 - I_2$  no es cero, ¿a qué se debe?

---



---

3. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error en esta actividad?

---



---

4. ¿Cuál es la tolerancia de los resistores que se conectaron en el circuito?

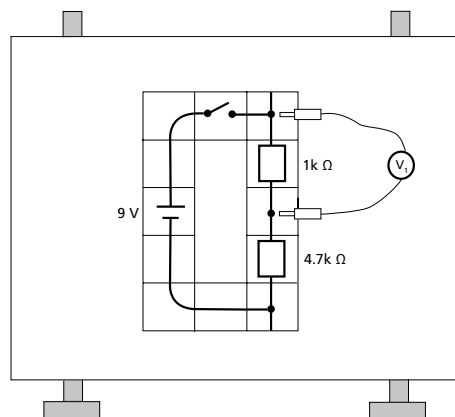
Resistor valor	Tolerancia

5. ¿Cuál es la incertidumbre de la corriente?

Corriente eléctrica ( )	Incertidumbre absoluta ( )
$I_1 =$	
$I_2 =$	
$I_3 =$	

## Actividad II. Segunda ley de Kirchhoff

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 12.7. Está integrado básicamente por una pila de 9 V, un resistor de 1 k $\Omega$ , un resistor de 4.7 k $\Omega$ , un interruptor y un multímetro (ajustado para medir voltajes).



**Figura 12.7** ■ Voltaje en cada elemento de un circuito cerrado.

2. Antes de cerrar el interruptor, mide el voltaje de la pila (o sea la subida de voltaje  $V$ ) y regístralo en la tabla 12.2.
3. Cierra el interruptor y, previa selección de la escala adecuada, mide el voltaje en cada resistor ( $V_1$  y  $V_2$ ), es decir, las caídas de voltaje, y registra dichos valores en la tabla 12.2.
4. Calcula la suma algebraica  $V - V_1 - V_2$  y registra dicho valor en la tabla 12.2.

### Resultados

**Tabla 12.2** Voltajes en un circuito cerrado

$V$ (V)	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V - V_1 - V_2$ (V)

### Discusión

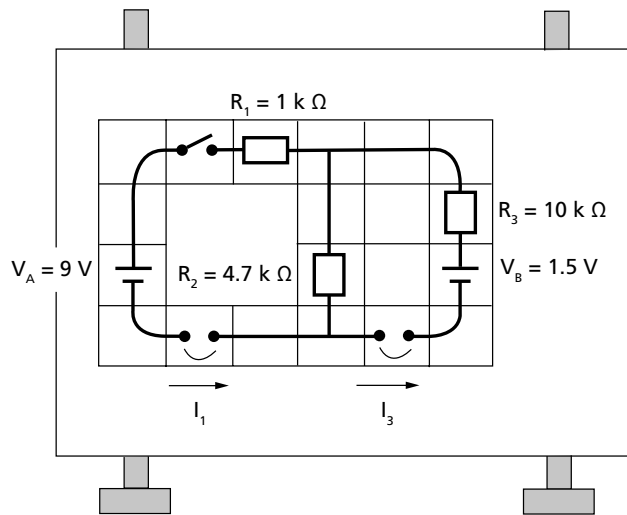
1. ¿Cómo resultó la suma algebraica  $V - V_1 - V_2$ ?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
2. Si la suma algebraica  $V - V_1 - V_2$  no es cero, ¿a qué se debe?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
3. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error en esta actividad?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
4. ¿Cuáles son las incertidumbres absolutas de los valores de los voltajes?

Voltaje ( )*	Incertidumbre absoluta ( )
$V_1 =$	
$V_2 =$	
$V_3 =$	

\*Coloca la unidad correspondiente en cada paréntesis.

### Actividad III. Aplicaciones de las leyes de Kirchhoff en los circuitos

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 12.8. Está integrado básicamente por una pila de 9 V, una pila de 1.5 V, un resistor de 10 kΩ, un resistor de 1 kΩ, un resistor de 4.7 kΩ, un interruptor y un multímetro.
2. Calcula teóricamente las corrientes  $I_1$  e  $I_3$ , así como los voltajes en cada resistor ( $V_1$ ,  $V_2$  y  $V_3$ ) del circuito de la figura 12.8, y registra dichos valores en la tabla 12.3.



**Figura 12.8** ■ Circuito de dos mallas.

3. Cierra el interruptor del circuito y mide experimentalmente los voltajes con el multímetro previamente ajustado para medir voltajes y registra dichos valores en la tabla 12.3.
4. Mide las corrientes  $I_1$  e  $I_2$  con el multímetro ajustado para medir corrientes y registra los valores en la tabla 12.3.

## Resultados

**Tabla 12.3** Corrientes y voltajes en el circuito de dos mallas

Valores	$V_1$ (V)	$V_2$ (V)	$V_3$ (V)	$I_1$ (mA)	$I_2$ (mA)
Teóricos					
Experimentales					

## Discusión

1. ¿Coincidieron los valores teóricos con los valores experimentales? Justifica la respuesta.

---



---



---

2. ¿Qué tipo de errores influyeron en las mediciones?

---



---



---

**■ Conclusiones**

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---



---



---

**■ Actividades complementarias**

Responde las siguientes preguntas.

1. Dos leyes de conservación dan cuerpo a las leyes de Kirchoff, ¿cuáles son éstas?

---



---



---

2. ¿Cuándo puede ser positiva una diferencia de potencial a través de un resistor?

---



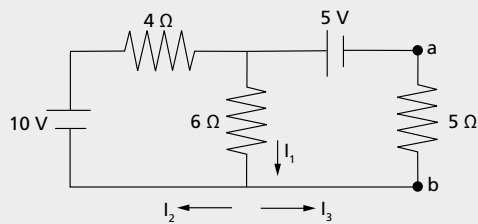
---



---

Resuelve el siguiente problema.

Aplicando las leyes de Kirchoff, determina la diferencia de potencial entre los puntos *a* y *b* del siguiente circuito.



**Figura 12.9** ■ ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos *a* y *b*?

Solución:
Resultado:

## BIBLIOGRAFÍA

---

**Gutiérrez, Carlos**, *Física general*, México: McGraw-Hill, 2009.

**Sears, F. et al.**, *Física universitaria. Tomo 2*, México: Pearson, 2005.

**Serway, Raymond**, *Física Tomo II*, México: McGraw-Hill, 1993.

**Wolf, S. y R. Smith**, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, México: Prentice-Hall, 1992.

## Circuitos divisores de tensión

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Identificará las características de un divisor de voltaje con carga y sin carga.
- Reconocerá que un divisor de voltaje puede ser utilizado como fuente que suministra el voltaje o tensión a una carga.

### INTRODUCCIÓN

En los circuitos que están integrados por varios resistores en serie, el voltaje en cada resistor es proporcional al valor de la resistencia de cada resistor. Éste es el **principio de la división del voltaje**: el voltaje entre las terminales de los resistores en serie es dividido en proporción directa a sus resistencias. Por esta razón, el circuito de la figura 13.1 se llama divisor de voltaje o tensión.

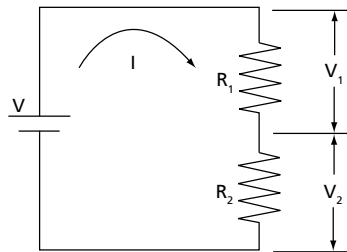


Figura 13.1 ■ Circuito divisor de voltaje.

**Divisores de tensión.** El circuito de la figura 13.1 representa el más simple de los circuitos divisores de tensión continua. Está formado por dos resistores  $R_1$  y  $R_2$  conectados en serie y entre cuyos extremos se aplica una tensión continua  $V$ .

Los voltajes entre los extremos de los resistores  $R_1$  y  $R_2$  y del conjunto  $R_1 + R_2$  son, respectivamente.

$$V_1 = IR_1 \quad V_2 = IR_2 \quad V = I(R_1 + R_2) \quad (1)$$

Siendo  $I$  la intensidad de la corriente que circula por igual en el circuito. Las dos primeras igualdades nos conducen a:

$$\frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}$$

al reordenar:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (2)$$

De modo que el voltaje en cada resistor es proporcional a la resistencia de ese mismo resistor. Así, si en la figura 13.1 el voltaje de la fuente ( $V$ ), es de 50 V y deseáramos dividir ese voltaje de modo que  $V_1 = 10$  V y  $V_2 = 40$  V, habría que elegir  $R_1$  y  $R_2$  con unos valores tales que se encuentren en la relación.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{10}{40} = \frac{1}{4}$$

de tal forma que si elegimos  $R_1 = 1$  k $\Omega$ ,  $R_2$  debe ser igual a 4 k $\Omega$ .

Otra manera de proceder para determinar  $R_1$  y  $R_2$  es utilizar la primera y tercera de las igualdades de la ecuación (1) para obtener

$$\frac{V_1}{V} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

de modo que en el ejemplo anterior será  $V_1/V = 10/50 = 1/5$ , es decir,

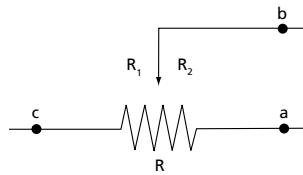
$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{5}$$

de tal forma que  $R_1$  debe ser la quinta parte de la resistencia total del circuito.

Las expresiones (2) y (3) son útiles para calcular los circuitos divisores de voltaje o tensión. En la práctica, puede ser difícil conseguir resistores con los valores exactos calculados a partir de dichas expresiones. Para superar este inconveniente, se hace uso del potenciómetro.

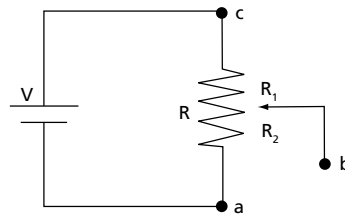
## Potenciómetro

El **potenciómetro** es, esencialmente, un resistor provisto de tres terminales. La resistencia que existe entre las terminales extremas ( $a$  y  $c$ , en la figura 13.2) es fija y representa el valor  $R$  del potenciómetro. La terminal o trazo central va conectada a un cursor o contacto deslizante sobre el material resistivo del potenciómetro y divide a éste en dos porciones de resistencias respectivas  $R_1$  y  $R_2$ , de modo que siempre es  $R = R_1 + R_2 = \text{constante}$ . Esquemáticamente, un potenciómetro se representa como se indica en la figura 13.2. Desplazando el contacto deslizante, en un sentido u otro, podemos establecer cualquier relación  $R_1/R_2$  que se desee.



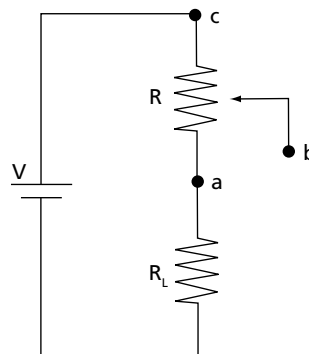
**Figura 13.2** ■ Esquema de un potenciómetro.

Así, si en la figura 13.1 sustituimos las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  por el potenciómetro de resistencia  $R$ , el circuito correspondiente será el de la figura 13.3, que nos permite, ajustando convenientemente la posición del cursor, disponer de cualquier valor  $V_1$  comprendido entre cero y la tensión total  $V$  aplicada al potenciómetro.



**Figura 13.3** ■ Circuito divisor de voltaje con un potenciómetro.

Naturalmente, será posible limitar el margen de variaciones de la tensión  $V_1$  conectando el potenciómetro en serie con uno o más resistores, como se indica en la figura 13.4.



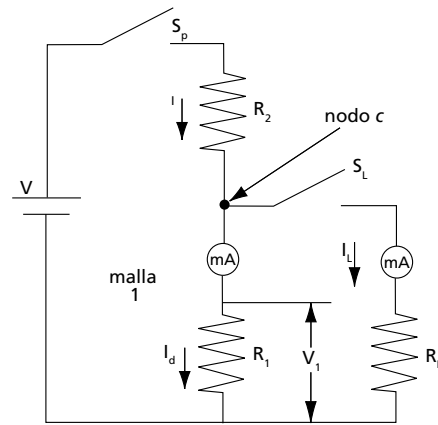
**Figura 13.4** ■ Al potenciómetro se le puede conectar en serie un resistor.

**Divisor de tensión (con carga).** En los circuitos divisores de voltaje continuo descritos anteriormente, la única corriente era la correspondiente a la de la propia red divisora, que recibe el nombre de *corriente de drenaje* y que representamos por  $I_d$ . Generalmente utilizamos las redes divisoras como fuentes que suministran voltaje a una carga (puede ser un resistor), la cual consume una corriente llamada *corriente de carga*, que representaremos por  $I_L$ . En estas condiciones, las relaciones del voltaje del divisor [expresiones (2) y (3)] obtenidas en las condiciones de ausencia de carga (o funcionamiento en vacío) no son ya aplicables, puesto que, como veremos, dependen de la intensidad de la corriente de carga  $I_L$ .

Consideremos el circuito de la figura 13.5, con  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  y  $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$ , donde  $V$  es una fuente regulada de voltaje o tensión continua capaz de mantener 50 V entre los extremos del divisor de tensión, sin carga y con carga. Sin carga (interruptor  $S_L$  abierto), el voltaje suministrado por el divisor de voltaje es  $V_1 = 10 \text{ V}$  y la corriente consumida, que es la corriente de drenaje, es  $I_d = I = 10 \text{ mA}$ . Si ahora cerramos el interruptor  $S_L$ , añadimos un resistor de carga  $R_L$  que consumirá una cierta corriente de carga  $I_L$ . El voltaje  $V_1$  suministra-



do por el divisor será distinto al existente en la condición de ausencia de carga y también será distinta la corriente de drenaje  $I_d$ .



**Figura 13.5** ■ Divisor de tensión con carga.

Supongamos que haya una corriente de drenaje  $I_d$  cuando la resistencia de carga  $R_L$  consume una intensidad de carga  $I_L$ . Por aplicación de las leyes de Kirchhoff, obtenemos para la malla 1

$$I_d R_1 + I R_2 = V \quad (4)$$

para el nodo c

$$I = I_d + I_L \quad (5)$$

combinando estas ecuaciones

$$I_d R_1 + (I_d + I_L) R_2 = V$$

de donde, despejando  $I_d$

$$I_d = \frac{V - I_L R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

de modo que si en el circuito de la figura 13.5 se tiene que  $R_1 = 1\,000\ \Omega$ ,  $R_2 = 4\,000\ \Omega$ ,  $V = 50\ \text{V}$  y la corriente de carga es  $I_L = 3\ \text{mA}$ , entonces:

$$I_d = \frac{50 - 0.003(4\,000)}{1\,000 + 4\,000} = 7.6\ \text{mA}$$

de lo que se deduce que el voltaje suministrado por el divisor a la carga es:

$$V_1 = I_d R_1 = (7.6\ \text{mA})(1\ \text{k}\Omega)$$

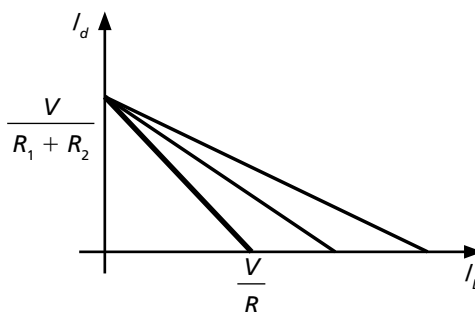
$$V_1 = (0.0076)(1\,000) = 7.6\ \text{V}$$

y resulta evidente que tanto la corriente de drenaje como el voltaje suministrado por el divisor son afectados cuando se añade una carga al divisor de voltaje.

La ecuación (6) puede reordenarse de la siguiente manera:

$$I_d = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} I_L + \frac{V}{R_1 + R_2} \quad (7)$$

Esta ecuación nos indica que existe una relación lineal entre la corriente de drenaje  $I_d$  y la corriente de carga  $I_L$ , supuesto que  $V$  sea siempre la misma, de modo que si representamos gráficamente  $I_d$  frente a  $I_L$ , obtendremos una recta como se indica en la figura 13.6. Los puntos de corte de dicha recta con los ejes coordenados son  $I_L = 0$ ,  $I_d = V/(R_1 + R_2)$  e  $I_L = V/R_2$ ,  $I_d = 0$ , correspondientes a la ausencia de carga y a la máxima corriente de carga que puede suministrar el divisor de voltaje. Las rectas de trazo más delgado corresponden a distintos valores decrecientes del resistor  $R_2$ , manteniéndose constante la resistencia total  $R_1 + R_2$  del divisor de voltaje, es decir, a valores crecientes de la razón  $R_1/R_2$  con  $R_1 + R_2 = \text{cte}$ .



**Figura 13.6** | Gráfica de corriente de drenaje en función de la corriente de carga.

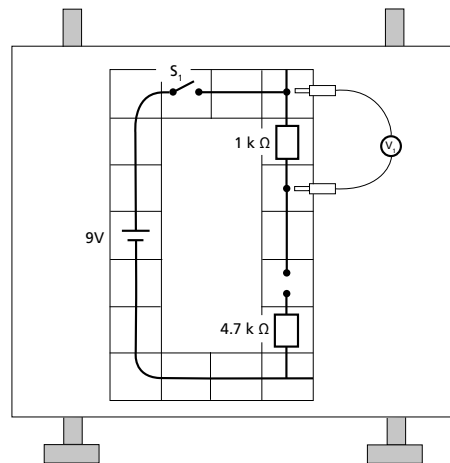
## Material

- 1 tablero para módulos magnéticos
- 2 pinzas de mesa
- 2 barras de hierro de 1 m de longitud
- 5 módulos de conductor recto
- 4 módulos de conductor interrumpido
- 5 módulos de conductor a ángulo recto
- 2 módulos de conductor en forma de T
- 2 módulos interruptor
- 1 módulo con resistor de 1 k $\Omega$
- 1 módulo con resistor de 4.7 k $\Omega$
- 1 módulo con resistor de 10 k $\Omega$
- 1 módulo con resistor de 100  $\Omega$
- 1 pila de 9 V
- 2 multímetros
- 6 cables de conexión

## Desarrollo experimental

### Actividad I. Divisor simple

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 13.7. Está integrado básicamente por una pila de 9 V, un resistor de 1 k $\Omega$ , un resistor de 4.7 k $\Omega$ , un interruptor y un multímetro (circuito 1).
2. Antes de cerrar el interruptor, mide con el multímetro, en la escala adecuada, el voltaje de la pila (V) y regístralo en la tabla 13.1.



**Figura 13.7** ■ Divisor de voltaje, ¿cuál es el valor de  $V_1$ ?

3. Calcula teóricamente el voltaje en el resistor de  $1\text{ k}\Omega$  ( $V_{1T}$ ) y regístralo en la tabla 13.1.
4. Cierra el interruptor y, previa selección de la escala adecuada, mide el voltaje ( $V_1$ ) en el resistor de  $1\text{ k}\Omega$  y registra dicho valor en la tabla 13.1.
5. Efectúa el cociente  $R_1/(R_1 + R_2)$  y regístralo en la tabla 13.1.
6. Efectúa el cociente  $V_1/V$  y regístralo en la tabla 13.1.
7. Realiza la división  $(V_1/V)/(R_1/(R_1 + R_2))$  y registra el resultado en la tabla 13.1.
8. Abre el interruptor del circuito, cambia el resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$  por otro de  $1\text{ k}\Omega$  y repite el procedimiento anterior (circuito 2).

## Resultados

**Tabla 13.1** Relación de voltajes

Circuito	$V$ (V)	$V_{1T}$ (V)	$V_1$ (V)	$\frac{V_1}{V}$	$\frac{R_1}{R_1 + R_2}$	$\frac{(V_1/V)}{\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)}$
1						
2						

## Discusión

1. ¿Cómo es  $V_1$  al variar la resistencia total del circuito? Explica.

---



---



---

2. ¿Al disminuir  $R_2$ , el voltaje  $V_1$  en  $R_1$  también disminuyó? Explica.

---



---



---

3. Al comparar los cocientes  $V_1/V$  y  $R_1/(R_1 + R_2)$ , ¿qué concluyes?

---



---

4. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error?

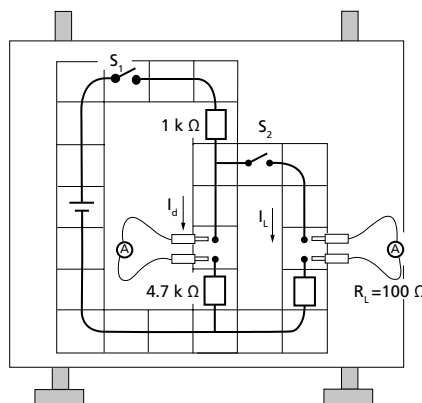
---



---

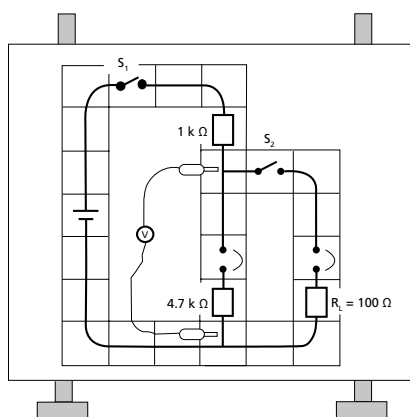
### Actividad II. Divisor de voltaje con carga

1. Arma el circuito que se muestra en la figura 13.8. Está integrado básicamente por un resistor de  $1\text{ k}\Omega$ , un resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$ , un resistor de  $100\ \Omega$ , una pila de  $9\text{ V}$ , dos interruptores y dos multímetros calibrados para medir corrientes.
2. Cierra el interruptor  $S_1$  y registra la corriente  $I_d$  que circula por el resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$  en la tabla 13.2, mientras se mantiene abierto el interruptor  $S_2$ .
3. Cierra ahora el interruptor  $S_2$  y registra en la tabla 13.2 la nueva corriente  $I'_d$  por el resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$ , así como la corriente  $I'_L$  que circula por la resistencia de carga de  $100\ \Omega$ .



**Figura 13.8** ■ Corrientes en un circuito divisor de voltajes con carga.

4. Abre los interruptores, desconecta los multímetros y puentea los módulos con conductor interrumpido en donde se encontraban conectados los multímetros.
5. Ajusta uno de los multímetros para medir voltajes y conéctalo como se muestra en la figura 13.9 para medir el voltaje entre las terminales del resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$ .



**Figura 13.9** ■ Voltajes en un circuito divisor de voltaje con carga.

6. Cierra el interruptor  $S_1$ , manteniendo abierto el interruptor  $S_2$ , y registra en la tabla 13.2 el voltaje ( $V_1$ ) del resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$ .
7. Cierra también el interruptor  $S_2$  y registra en la tabla 13.2 el nuevo voltaje ( $V'_1$ ) entre las terminales del resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$ , que son también las terminales del resistor de  $100\ \Omega$ .
8. Abre los interruptores y desmonta el circuito.
9. Calcula teóricamente los valores de  $I_d$  e  $I_L$  para el circuito divisor de voltaje con carga de la figura 13.8 y regístralos en la tabla 13.2.

## Resultados

**Tabla 13.2** Corriente y voltajes en un circuito de divisor de voltajes con carga

Valores experimentales					Valores teóricos	
$I_d$ (mA)	$I'_d$ (mA)	$I'_L$ (mA)	$V_1$ (V)	$V'_1$ (V)	$I_d$ (mA)	$I_L$ (mA)

## Discusión

1. ¿La corriente en el resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$  cambia al conectarse el resistor de  $100\ \Omega$  (carga)? ¿De qué manera?

---



---

2. ¿El voltaje en el resistor de  $4.7\text{ k}\Omega$  cambia al conectarse el resistor de  $100\ \Omega$  (carga)? ¿De qué manera?

---



---

3. ¿Los valores teóricos de la corriente coinciden con los valores experimentales? Explica.

---



---

4. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error?

---



---

## Conclusiones

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---



---

**Actividades complementarias**

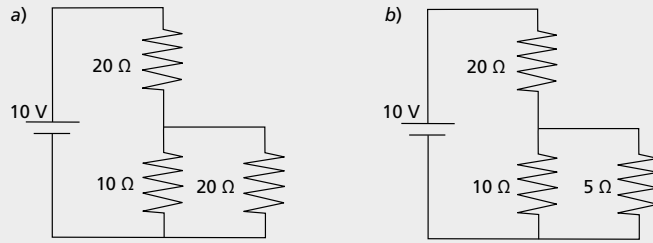
Responde las siguientes preguntas.

1. ¿En qué divisor de voltaje de la figura 13.10 la corriente de drenaje es mayor? ¿Por qué? Justifica con cálculos tu respuesta.

---



---



**Figura 13.10** ■ Divisores de voltaje.

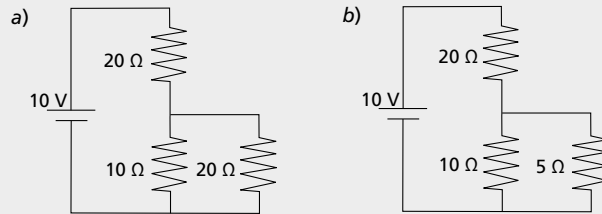
Cálculos
Resultado

2. ¿En cuál de los divisores de voltaje de la figura 13.11 el voltaje en el resistor de 10 Ω es menor? Explica.

---



---



**Figura 13.11** ■ Divisores de voltaje.

Cálculos
Resultado

3. ¿Qué es un reóstato?

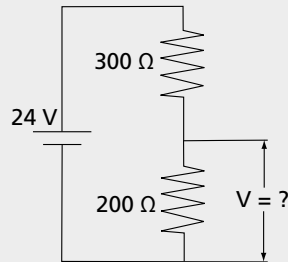
---



---

Resuelve los siguientes problemas.

1. ¿Cuál es el voltaje en el circuito divisor de voltaje que se muestra en la figura 13.12?

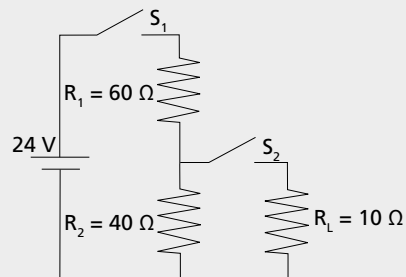


**Figura 13.12** ■ ¿Cuál es el voltaje en el resistor de 200 Ω?

Cálculos

Resultado

2. ¿Cuáles son los valores de la corriente en  $R_2$  cuando a) se cierra únicamente el interruptor  $S_1$  y b) cuando se cierran los interruptores  $S_1$  y  $S_2$ ?



**Figura 13.13** ■ ¿Cuál es el valor de la corriente eléctrica en  $R_2$ ?

Solución

Resultado

3. ¿Cuáles son los valores de los voltajes del divisor de voltaje del problema anterior con carga y sin carga?

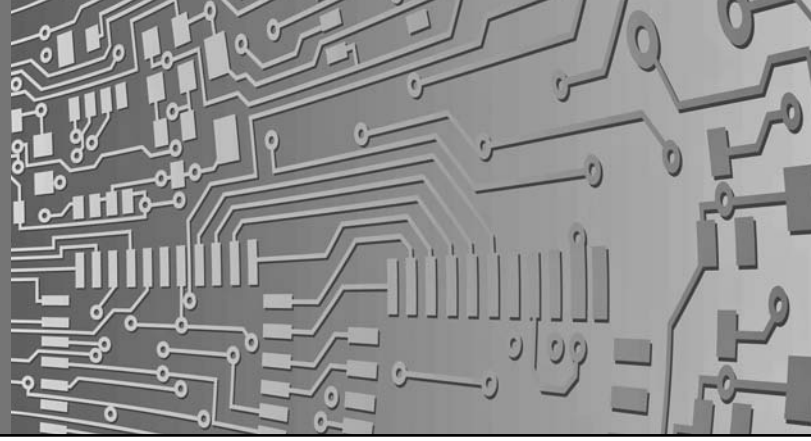
Solución
Resultado

### BIBLIOGRAFÍA

---

Gerrish, Howard, *Experimentos de electricidad*, México: Limusa-Wiley, 1973.  
Gutiérrez, Carlos, *Introducción a la metodología experimental*, México: Limusa-Noriega, 2006.  
Sears, F. et al., *Física universitaria*, México: Pearson, 2005.  
Serway, Raymond, *Física. Tomo II*, México: Thomson, 2004.  
Wolf, S. y R. Smith, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*, México: Prentice-Hall, 1992.





## Resistencia interna de pilas

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

### OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

- Determinará la resistencia interna de una pila seca dentro de los límites de precisión del experimento.
- Efectuará mediciones de tensiones (voltajes o fem) continuas, utilizando un multímetro o un voltmetro.
- Determinará la fuerza electromotriz que resulta de conectar pilas secas en arreglos serie y paralelo.

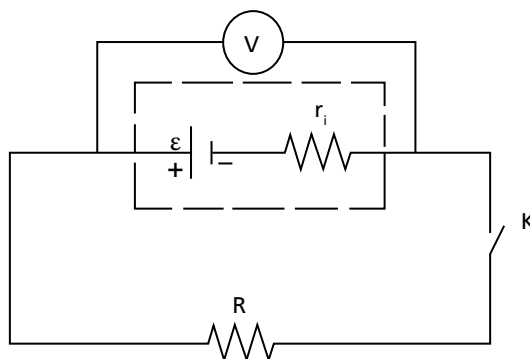
### INTRODUCCIÓN

Con el empleo de los **transductores** (*dispositivos que transforman energía de un tipo en otro*), magnitudes no eléctricas como la presión, la temperatura, la velocidad, etc., pueden ser manipuladas con rapidez y versatilidad al convertirse en señales eléctricas, las cuales pueden ser amplificadas, transmitidas, modificadas, moduladas y controladas mediante instrumentos electrónicos.

Todos los circuitos y dispositivos electrónicos requieren de una o más fuentes de voltaje para su operación. Una **fente de voltaje ideal** es un dispositivo cuyo voltaje se mantiene constante, independientemente de la corriente que circula a través de él. Las fuentes de voltaje ideales no existen en la naturaleza, pues todas las fuentes tienen asociada una **resistencia interna**. Sin embargo, las fuentes de voltaje pueden considerarse ideales cuando se va a resolver un problema real de circuitos en donde son suficientes las respuestas aproximadas.

## Resistencia interna de una pila

Para conocer la fem entre las terminales de una pila, el voltímetro se conecta como se muestra en la figura 14.1.



**Figura 14.1** ■ El multímetro o voltímetro se conecta a las terminales de una pila.

Con el interruptor  $K$  abierto, el voltímetro acusa una lectura  $\varepsilon$ , la cual viene a ser la fuerza electromotriz (fem) de la pila. Al cerrar el interruptor  $K$ , la pila alimenta a la resistencia de carga  $R$  y el voltímetro indica la diferencia de potencial  $V$  entre sus bornes, la cual es menor que  $\varepsilon$ . La diferencia entre la fuerza electromotriz  $\varepsilon$  y la diferencia de potencial  $V$  es la caída de tensión o voltaje en la pila debida a su resistencia interna.

Todas las pilas tienen una resistencia interna producida en mayor parte por el electrolito y parcialmente en las placas y en los bornes.

La corriente  $I$  que circula en el circuito de la figura 14.1, se puede expresar en tres formas:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r_i} \quad (1)$$

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

$$I = \frac{\varepsilon - V}{r_i} \quad (3)$$

Si se igualan (2) y (3), se tiene:

$$\frac{V}{R} = \frac{\varepsilon - V}{r_i}$$

Si se despeja  $r_i$ :

$$r_i = \left( \frac{\varepsilon - V}{V} \right) R \quad (4)$$

Esta última expresión es la que nos permite calcular el valor de la resistencia interna  $r_i$  de la pila, conociendo únicamente la fuerza electromotriz  $\varepsilon$ , el voltaje o la diferencia de potencial  $V$  y la resistencia de carga  $R$ .

La resistencia  $R$  no debe ser muy grande para que el valor de  $V$  no esté muy próximo al valor de  $\varepsilon$ , con lo que se evita que el error relativo sobre el término  $\varepsilon - V$  sea grande.

Pero la resistencia de carga  $R$  tampoco deberá ser muy pequeña porque la pila se polariza,  $V$  decrece rápidamente y la medición se dificulta.

Se escogerá para  $R$  un valor tal que la intensidad de corriente eléctrica  $I$  sea aproximadamente igual a la intensidad de corriente eléctrica que puede suministrar normalmente la pila.

## Método gráfico

Cuando se ha medido el voltaje entre las terminales de la pila o batería cada vez que se cambia de resistencia de carga  $R$  en el circuito de la figura 14.1, puede obtenerse el valor de  $r_i$  por medio de una gráfica. Para esto se desarrolla la ecuación (4) para convertirla en la siguiente:

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{R} \left( \frac{r_i}{\varepsilon} \right) + \frac{1}{\varepsilon} \quad (5)$$

Si hacemos:

$$\frac{1}{R} = x \quad y \quad \frac{1}{V} = y$$

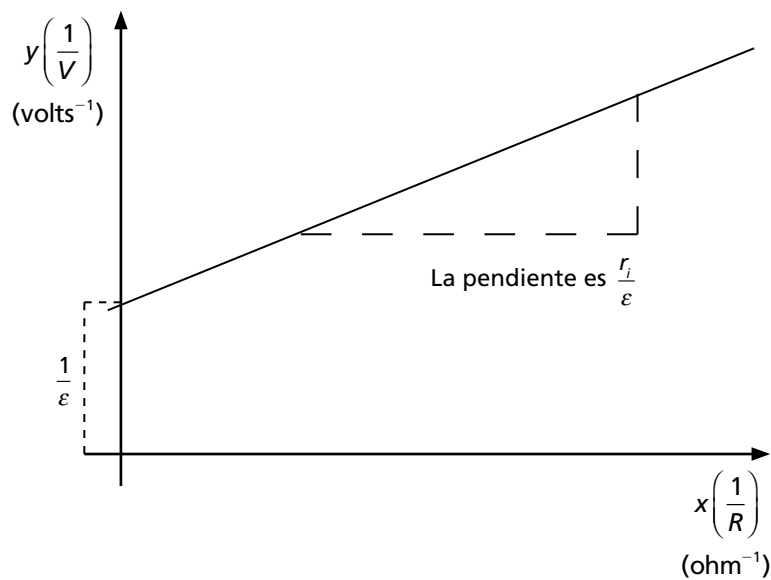
Tendremos:

$$y = \left( \frac{r_i}{\varepsilon} \right) x + \frac{1}{\varepsilon} \quad (6)$$

Por analogía con la ecuación de la recta:

$$y = mx + b \quad (7)$$

Observamos entonces que al ser graficada la ecuación (5) nos dará una recta, en donde  $1/R$  es la variable independiente,  $1/V$  la variable dependiente, la expresión  $1/\varepsilon$  es la ordenada al origen,  $r_i/\varepsilon$  es la pendiente y, como se trata de una recta, entonces este último cociente es constante (figura 14.2).

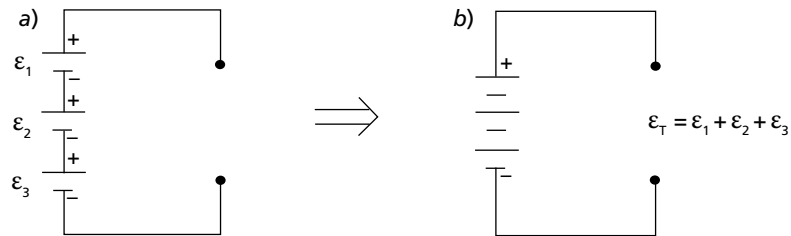


**Figura 14.2** ■ Gráfica de  $1/V$  vs.  $1/R$  que permite conocer el valor de la resistencia interna  $r_i$  de la pila, al medir los voltajes cuando se varía la resistencia de carga  $R$ .

### Baterías secas

Las baterías secas están constituidas por pilas secas, las cuales producen individualmente una tensión baja.

Conectando *pilas secas* en **serie** aditiva, como se ilustra en la figura 14.3 (el borne negativo de una conectado al borne positivo de la siguiente), se forma una *batería* cuya *tensión o fuerza electromotriz es la suma de las tensiones de cada una de las pilas*.

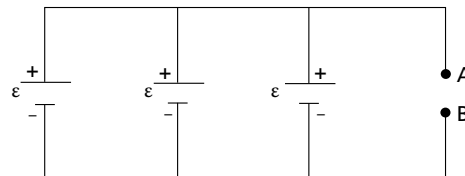


**Figura 14.3** ■ a) Pilas conectadas en serie; b) batería integrada por tres pilas en serie.

Este tipo de agrupamiento se utiliza toda vez que las pilas de las que se dispone presentan una fuerza electromotriz muy baja para crear entre los bornes de los aparatos la fuerza electromotriz que corresponde a su funcionamiento normal.

Ahora, si conectamos dos o más pilas en **paralelo**, como se ilustra en la figura 14.4, se forma una *batería* cuya *tensión es la misma que la de una sola pila seca*.

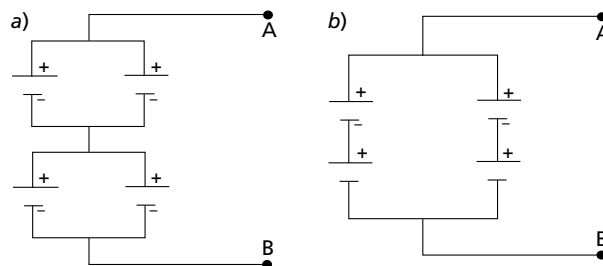
Se utiliza este agrupamiento en paralelo cuando se quiere obtener una corriente cuya intensidad sobrepase el límite que caracteriza a cada pila.



**Figura 14.4** ■ Pilas conectadas en paralelo.

Las baterías secas consisten usualmente en una agrupación de pilas en serie-paralelo como se ilustra en la figura 14.5.

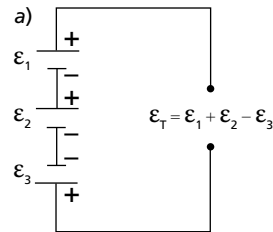
Estas agrupaciones forman una batería cuya tensión es más alta que la de una pila seca individual y cuya vida útil es también más larga.



**Figura 14.5** ■ Arreglos de pilas conectadas en serie-paralelo.

No siempre se conectan las pilas secas y baterías en serie aditiva. Algunas veces se agrupan en serie, pero en oposición, como se ilustra en la figura 14.6. Esto trae como consecuencia que las fuerzas electromotrices se opongan y es la pila o batería de mayor fuerza electromotriz la que impone el sentido de la corriente eléctrica.

Además, en este tipo de agrupamiento las resistencias internas de las pilas o baterías se suman.



**Figura 14.6** ■ La pila  $\varepsilon_3$  está conectada en oposición a las pilas  $\varepsilon_1$  y  $\varepsilon_2$

## Material

- 1 multímetro o voltímetro
- 1 pila seca de 6 V
- 8 cables de conexión
- 1 interruptor, 1 polo, 1 tiro
- 1 cuadro de conexiones
- 4 resistencias de 10, 15, 22 y 33  $\Omega$
- 4 pilas de 1.5 V (las cuales deberán ser traídas por el alumno)

## Desarrollo experimental

Actividad I. Determinación de la resistencia interna  $r_i$  de la pila

### Procedimiento

1. Arma el circuito como se muestra en la figura 14.1, empleando para ello la pila seca de 6 V y la resistencia  $R = 10$  ohms. Utiliza el multímetro o voltímetro en la escala de 0 – 10 V c.d. Ten cuidado con la polaridad cuando midas los voltajes.
2. Con el interruptor abierto, mide y anota el valor de  $\varepsilon$  en la tabla 14.1.
3. Cierra el interruptor; mide y anota el valor de  $V$  en la tabla 14.1.
4. Abre el interruptor y desconecta la resistencia de 10  $\Omega$ . Repite el procedimiento anterior, para las resistencias de 15, 22 y 30  $\Omega$ .
5. Calcula los valores de la resistencia interna  $r_i$  con la ecuación (4) y registra los resultados en la tabla 14.1.

**Tabla 14.1** Mediciones de las diferencias de potencial

$R$ ( $\Omega$ )	$\varepsilon$ (V)	$V$ (V)	$r_i$ ( $\Omega$ )
10			
15			
22			
30			

6. Con la ayuda de la tabla 14.1, completa la tabla 14.2.

Tabla 14.2

$R$ ( $\Omega$ )	$x = \frac{1}{R}$ ( $\Omega^{-1}$ )	$V$ (V)	$y = \frac{1}{V}$ ( $V^{-1}$ )	$\varepsilon$ (V)	$I$ (A)
10					
15					
22					
30					

7. Grafica  $\frac{1}{V}$  vs.  $\frac{1}{R}$ , en papel milimétrico.
8. A partir de la gráfica, determina el valor de la resistencia  $r_i$  y compáralo con el valor obtenido en la tabla 14.1.

### ■ Discusión

1. Al incrementar el valor de la resistencia de carga  $R$  en el circuito de la figura 14.1, ¿qué sucedió con la corriente eléctrica en el circuito?

---



---



---

2. ¿Qué sucedió con la diferencia de potencial (voltaje) entre las terminales de la pila al aumentar la resistencia de carga?

---



---



---

3. ¿Qué sucede con el voltaje entre las terminales de una pila al aumentar la intensidad de corriente eléctrica que circula por ella?

---



---



---

4. ¿Cómo resultaron los valores de la resistencia interna de la tabla 14.1? ¿A qué se debe?

---



---



---

5. ¿Cómo resultó la resistencia interna de la pila mediante el método gráfico, comparada con las obtenidas en la tabla 14.1?

---



---



---

6. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error?

---



---



---

### ■ Conclusiones

¿Qué concluiste de este experimento?

---



---



---



---



---

## Actividad II. Combinación de pilas

### ■ Procedimiento

1. Mide la tensión de cada una de las pilas secas y anota las mediciones en la tabla 14.3. Realiza tres lecturas para cada pila y calcula el promedio.

**Tabla 14.3** Fuerza electromotriz de cada pila

PILA	Fuerzas electromotrices			
	$\varepsilon_1$ (V)	$\varepsilon_2$ (V)	$\varepsilon_3$ (V)	$\varepsilon^*$ (V)
A				
B				
C				
D				

\*  $\varepsilon$  es el promedio de  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  y  $\varepsilon_3$ .

2. Conecta dos pilas en serie aditiva; mide y anota en la tabla 14.4 la fuerza electromotriz total entre las terminales.

- Repite el punto anterior, pero ahora con 3 y 4 pilas en serie. Anota las medidas en la tabla 14.4.

**Tabla 14.4** Fuerza electromotriz en el arreglo de pilas en serie

Número de pilas	fem (V)
2	
3	
4	

- Conecta dos pilas en paralelo, mide la fuerza electromotriz total y anótala en la tabla 14.5.
- Repite el punto anterior, para 3 y 4 pilas en paralelo, respectivamente. Mide y anota tus lecturas en la tabla 14.5.

**Tabla 14.5** Fuerza electromotriz en el arreglo de pilas en paralelo

Número de pilas	fem (V)
2	
3	
4	

- Conecta las pilas, como se indica en las figuras 14.5 y 14.6; y en cada caso mide la tensión o voltaje entre los bornes *AB* y regístralo en la tabla 14.6.

**Tabla 14.6** Voltaje entre los bornes *A* y *B* de diversos arreglos de pilas

Arreglo de pilas	$V_{AB}$ (V)
Figura 14.5a	
Figura 14.5b	
Figura 14.6	

## ■ Discusión

- Al conectar las pilas en serie aditiva, ¿cómo resultó ser la fuerza electromotriz resultante con respecto a la fuerza electromotriz de cada pila?

---



---



---



2. Al conectar las pilas en paralelo, ¿cómo resultó ser la fuerza electromotriz resultante con respecto a la fuerza electromotriz de cada pila?

---



---



---

3. Si se conecta una pila en serie con otra pila de igual fem pero en oposición, ¿cuánto valdría la fuerza electromotriz resultante de dicho arreglo de pilas? Justifica tu respuesta.

---



---



---

4. ¿Cuáles fueron las principales fuentes de error en las mediciones?

---



---

### ■ Conclusiones

¿Qué conclusiones obtuviste de esta actividad?

---



---



---



---



---

### ■ Actividades complementarias

Responde las siguientes cuestiones.

1. Menciona al menos tres precauciones que se deben observar al realizar la medición de voltajes.

---



---



---

2. Indica qué ocurre cuando se cortocircuitan las terminales de una pila seca y por qué debemos evitarlo.

---



---



---

3. ¿Qué agrupación de seis pilas secas proporcionan la máxima fem?

---

---

---

---

---

**Resuelve los siguientes problemas.**

1. La fem de una batería en circuito abierto es de 2.20 volts. La tensión entre las terminales, medida cuando existe una corriente  $I = 12$  amperes, resulta ser de 1.98 volts; ¿cuál es la resistencia interna  $r_i$  de la pila?

---

---

---

---

---

---

2. Dos pilas de 1.5 volts tienen una resistencia interna de  $2 \Omega$  cada una. Si se conectan en paralelo, ¿cuál será el valor de la resistencia interna de dicho arreglo?

---

---

---

---

---

---

3. Una batería tiene una fem de 12.0 V y una resistencia interna de  $0.04 \Omega$ . Sus terminales están conectadas a una resistencia de carga de  $4.0 \Omega$ . Determina la intensidad de corriente eléctrica en el circuito y el voltaje en las terminales de la batería.

---

---

---

---

---

---

4. ¿Cuál es la expresión que permite determinar la resistencia interna de la pila de la figura 14.1 si se toma en cuenta la resistencia del voltímetro,  $R_V$ ?

---

---

---

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

Gutiérrez Carlos, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

Sears, W. Francis et al., *Física universitaria*, vol. 2, México: Pearson, 2004.

# Magnetismo

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

## OBJETIVOS

Al término de esta práctica, el alumno:

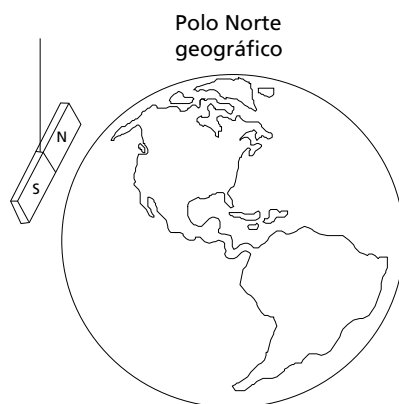
- Comprobará que los imanes tienen la propiedad de atraer cierto tipo de materiales.
- Reconocerá que la acción atractiva de un imán se concentra en regiones llamadas polos magnéticos.
- Verificará que los polos del mismo nombre se repelen y los de nombre contrario se atraen.
- Reconocerá que los imanes se orientan en una determinada dirección cuando son suspendidos.
- Comprenderá que en las cercanías de un imán existe una región llamada campo magnético.
- Identificará los espectros de las líneas de fuerza del campo magnético obtenido en la sección que hay entre dos imanes.

## INTRODUCCIÓN

La lista de aplicaciones tecnológicas del **magnetismo** es amplia. Por ejemplo, motores, generadores eléctricos, grandes electroimanes, etc. Los **imanes** son *materiales con la propiedad de atraer sólo determinados objetos*, como hierro, níquel, cobalto, ferritas y ciertas aleaciones (clavos, limaduras de hierro, alfileres, clips, tuercas, tachuelas, etc.).

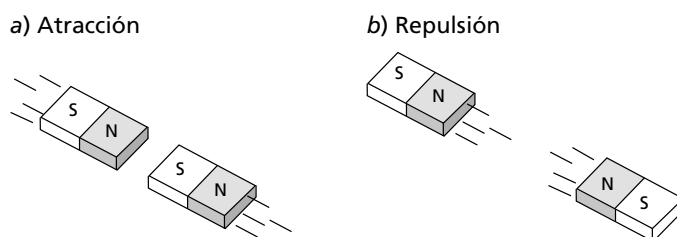
En un imán siempre existen dos regiones donde se concentra la acción atractiva, llamadas **polos magnéticos**.

Cuando un imán es suspendido en el aire por medio de un hilo libre para girar, éste toma una orientación especial con respecto a la Tierra, como se muestra en la figura 15.1. El polo del imán que se orienta hacia el norte geográfico se llama polo norte y el que se orienta hacia el sur geográfico se llama polo sur.



**Figura 15.1** ■ Orientación de un imán con respecto a la Tierra.

Los polos de nombre diferente se atraen y los polos de igual nombre se repelen, como se muestra en la figura 15.2.



**Figura 15.2** ■ Comportamiento de dos imanes.

Un **campo** es una región del espacio donde se producen interacciones entre cuerpos sin que éstos se toquen. La Tierra está rodeada por un campo gravitacional; alrededor de una carga eléctrica existe un campo eléctrico. Alrededor de un imán también hay un **campo magnético** que permite que otros imanes sean atraídos o repelidos por este imán o que se muevan limaduras de hierro sin necesidad de tocarlas.

Así como se utilizan líneas de fuerza para representar los campos eléctricos, también se utilizan líneas de fuerza para representar los campos magnéticos. Para visualizar las líneas de fuerza en un campo magnético, podemos utilizar limaduras de hierro. Si se esparcen éstas en una superficie (hoja de papel) y se acerca un imán, las limaduras de hierro se orientan formando las líneas de fuerza del campo magnético.

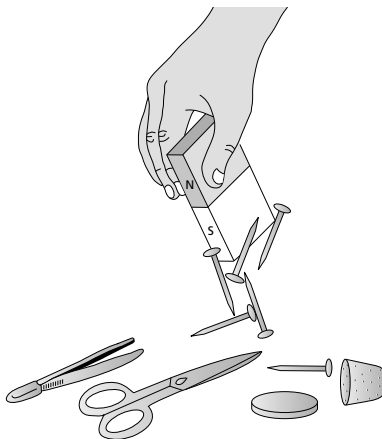
## Material

- 2 imanes rectos
- objetos de plástico, aluminio, madera y monedas
- clavitos
- limaduras de hierro
- objetos pequeños de acero
- placa de vidrio
- hilo cáñamo
- 1 brújula
- 2 hojas blancas (las cuales deben ser traídas por los alumnos)

## ■ Desarrollo experimental

### Actividad I. Acción atractiva del imán

1. Acerca un imán recto a los diferentes objetos y observa (figura 15.3).
2. Separa los objetos que son atraídos por el imán de aquellos que no lo son.
3. Registra en la tabla 15.1 tus observaciones.



**Figura 15.3** ■ El imán atrae cierto tipo de objetos.

### Resultados

**Tabla 15.1** Materiales magnéticos y no magnéticos

Materiales atraídos por el imán	Materiales que no fueron atraídos por el imán

## ■ Discusión

1. ¿Cuál es la característica común de los materiales que son atraídos por el imán?

---



---

2. ¿Cuál es la característica de los materiales que no son atraídos?

---



---

## ■ Conclusiones

¿Qué conclusión obtuviste de esta experiencia?

---



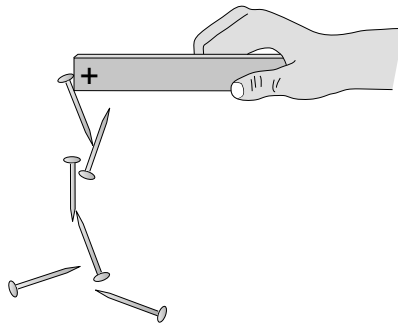
---



---

## Actividad II. Polos magnéticos

1. Espolvorea las limaduras de hierro sobre el imán y observa lo que sucede cuando éste es levantado de la mesa de trabajo.
2. Retira las limaduras del imán, acércalo al montón de clavitos y observa (figura 15.4).



**Figura 15.4** ■ La acción atractiva se concentra en los polos.

## ■ Discusión

1. ¿Cómo se distribuyen las limaduras en el imán?

---



---

2. ¿En qué regiones del imán se concentran los clavitos y las limaduras de hierro?

---

3. De acuerdo con lo observado, ¿cuántos polos tiene un imán recto?

---



---

## ■ Conclusiones

De los resultados experimentales, ¿qué puedes concluir?

---



---



---

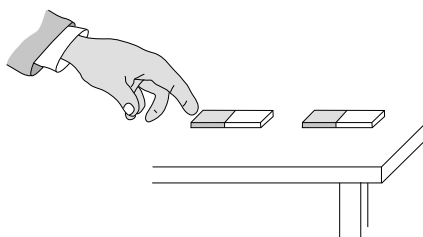
### Actividad III. Acción entre imanes

#### ■ Procedimiento

1. Sobre una mesa cuya cubierta sea una superficie pulida que no sea metálica, coloca uno de los imanes.
2. Acerca el polo de otro imán a uno de los polos del imán que se encuentra sobre la mesa, como se indica en la figura 15.5. ¿Qué observaste?

---

---



**Figura 15.5** ■ Acerca los imanes.

3. Nuevamente acerca el otro imán al imán que está sobre la mesa, pero por el polo opuesto. ¿Qué se observó en esta ocasión?

---

---

4. Repite lo anterior, pero invierte previamente el imán que se encuentra sobre la mesa. ¿Qué se observó en esta ocasión?

---

---

#### ■ Discusión

1. ¿Se comportan igual los polos de los imanes? ¿Por qué?

---

---

2. ¿Cuándo se atraen y cuándo se rechazan los polos de los imanes?

---

---

#### ■ Conclusiones

De acuerdo con lo observado, ¿cuál es tu conclusión sobre la acción entre imanes?

---

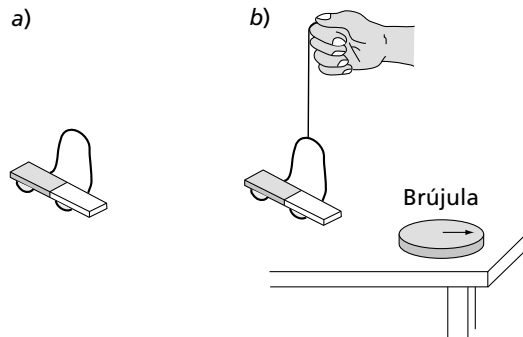
---

---



## Actividad IV. Orientación del imán

1. Coloca el imán en el soporte, como se indica en la figura 15.6a.
2. Con ayuda del hilo, suspende el imán, como se indica en la figura 15.6b. En este caso, debe evitarse que el otro imán se encuentre cerca. Observa lo que sucede.
3. Coloca sobre la mesa la brújula y compara la dirección de la aguja de la brújula con la que toma el imán suspendido. ¿Qué se observa?



**Figura 15.6** ■ a) Coloca el imán sobre el soporte, b) suspende el imán con el hilo y procura que se mantenga fijo.

## ■ Discusión

1. ¿Cuál es el polo norte de la brújula?  
\_\_\_\_\_
2. ¿Son idénticas las orientaciones de la brújula y del imán suspendido?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Qué nombre recibe el polo del imán que apunta hacia el norte geográfico?  
\_\_\_\_\_

## ■ Conclusiones

¿Qué puedes concluir de los polos del imán?

\_\_\_\_\_

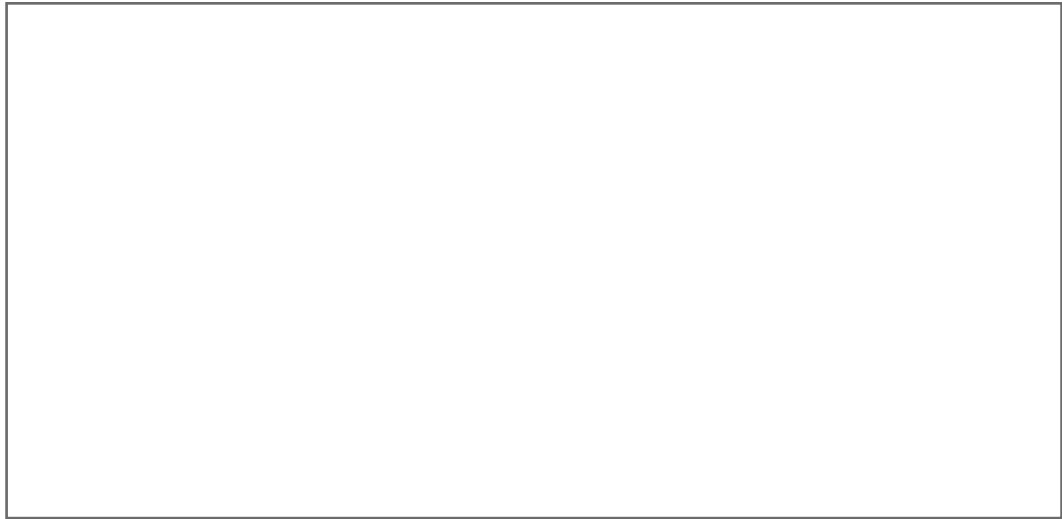
¿Qué otras conclusiones obtuviste de esta experiencia?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Actividad V. Espectro magnético

1. Coloca el imán sobre la mesa. Sobre el imán coloca la placa de vidrio y sobre ésta la hoja de papel blanco. Espolvorea las limaduras sobre el papel, mientras das golpecitos con el dedo. Observa cómo se acomodan las limaduras y en el siguiente cuadro de la figura 15.7 dibuja las líneas que se forman.



**Figura 15.7** ■ Espectro magnético del imán.

### ■ Discusión

1. ¿Qué sucede con las limaduras al espolvorearlas sobre el papel?

---

---

2. ¿Cómo se disponen las limaduras?

---

---

3. ¿Cómo es la concentración de las limaduras en la región que rodea el imán?

---

---

### ■ Conclusiones

La región que rodea un imán puede ser visualizada por:

---

¿Qué otras conclusiones obtienes de esta experiencia?

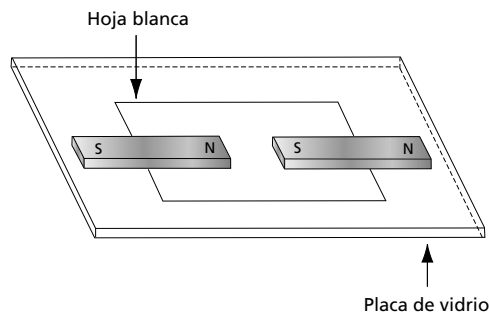
---

---

---

### Actividad VI. Espectro del campo magnético entre imanes

1. Sobre la hoja blanca, pon los dos imanes de tal manera que queden uno frente al otro pero sin tocarse (figura 15.8).



**Figura 15.8** ■ Espolvorea limadura de hierro sobre el vidrio.

2. Coloca la placa de vidrio sobre los imanes y espolvorea limadura de hierro sobre la misma. Dibuja en la figura 15.9a lo observado.
3. Repite lo anterior, después de haber girado uno de los imanes  $180^\circ$  y dibuja en la figura 15.9b lo que observaste.



**Figura 15.9** ■ Espectro magnético entre polos del mismo nombre y entre polos de distinto nombre.

## ■ Discusión

1. ¿Cómo resultó ser la configuración del campo magnético de dos polos de igual nombre y de dos polos de diferente nombre? ¿Son iguales?

---



---

## ■ Conclusiones

¿Qué conclusiones obtuviste de estas experiencias?

---



---

¿Qué conclusiones obtuviste de esta práctica?

---

---

---

---

---

**■ Actividades complementarias**

Responde las siguientes preguntas.

1. ¿Qué es un imán?

---

2. ¿En qué se emplean los imanes?

---

---

3. ¿Cuántos polos tiene un imán?

---

4. ¿Qué sucede al acercar dos polos del mismo nombre?

---

---

5. ¿Qué es el campo magnético?

---

---

6. ¿Qué es el espectro magnético?

---

---

Previa investigación, responde las siguientes preguntas.

1. Si se parte un imán a la mitad, ¿cada una de las partes tiene un solo polo?

---

---

2. ¿Es posible que un imán atraiga clavos por uno de sus extremos y no lo haga por el otro?

---

---

3. Dos barras iguales se atraen siempre, cualesquiera que sean los extremos de una o de otra que se enfrenten. ¿Qué quiere decir esto?

---

---

4. ¿Existe algún lugar de la Tierra donde una brújula marque el Norte con sus extremos?

---

---

5. ¿En el polo norte geográfico se encuentra el polo norte magnético?

---

---

6. ¿Por qué los imanes atraen al hierro?

---

---

7. ¿Qué es una línea de fuerza magnética?

---

---

8. ¿Cómo se define el flujo magnético?

---

---

9. ¿En qué unidades se mide el flujo magnético?

---

---

10. ¿Qué establece la ley de Gauss acerca del magnetismo?

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

Griffith, Thomas, *Física conceptual*, México: McGraw-Hill, 2008.

Gutiérrez, Aranzeta, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.

Sears, F. et al., *Física universitaria. Tomo 2*, México: Pearson, 2005.

# Transformador

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha de realización de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre de los profesores: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

## OBJETIVOS

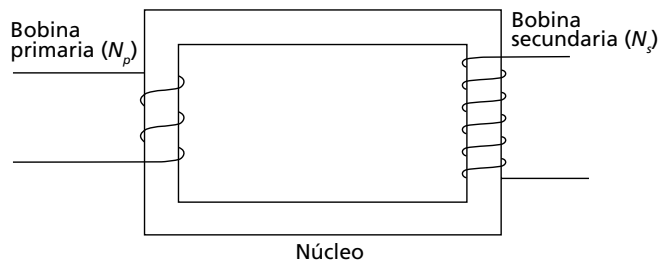
Al término de esta práctica, el alumno:

- Identificará los elementos que conforman un transformador.
- Diferenciará un transformador elevador de un transformador reductor.
- Determinará la eficiencia del transformador.
- Calculará la razón de transformación.

## INTRODUCCIÓN

Los **transformadores** se definen como *máquinas estáticas que tienen la misión de transmitir, mediante un campo electromagnético alterno, la energía eléctrica de un sistema, con determinado voltaje (tensión) a otro sistema con el voltaje deseado*. En otras palabras, un transformador es un dispositivo que permite cambiar un voltaje alterno sin pérdida apreciable de potencia. De este modo, puede encenderse una lámpara de 120 V a partir de la red industrial de 240 V, sólo con conectarla al transformador apropiado; igualmente, puede obtenerse un voltaje de 10 000 V para un aparato de rayos X a partir de la misma red de 240 V con otro transformador.

*El transformador consta de un núcleo de hierro sobre el que están arrolladas dos bobinas; una bobina primaria (o primario) con  $N_p$  vueltas (espiras) y una bobina secundaria (o secundario) con  $N_s$  vueltas, como se ilustra en la figura 16.1.*



**Figura 16.1** ■ Elementos básicos de un transformador.

El propósito del núcleo de hierro es aumentar el flujo magnético que pasa por las bobinas y proporcionar un medio en el cual casi todo el flujo magnético que pase por una bobina lo haga a través de la otra.

Se emplea un núcleo laminado con el objetivo de reducir las pérdidas por corrientes parásitas y se utiliza el hierro como el material del núcleo, por ser una sustancia ferromagnética blanda que reduce las pérdidas por histéresis. Esto hace que la mayoría de los transformadores comunes tengan eficiencias de potencia que varían de 90 a 99%. Sin embargo, en un transformador ideal, la eficiencia es de 100%, es decir, no hay pérdidas.

Si en un transformador no hay pérdidas, entonces toda la potencia (energía por segundo) proporcionada a la bobina primaria será entregada a la bobina secundaria. Ya que la potencia eléctrica se calcula multiplicando el voltaje por la corriente, entonces:

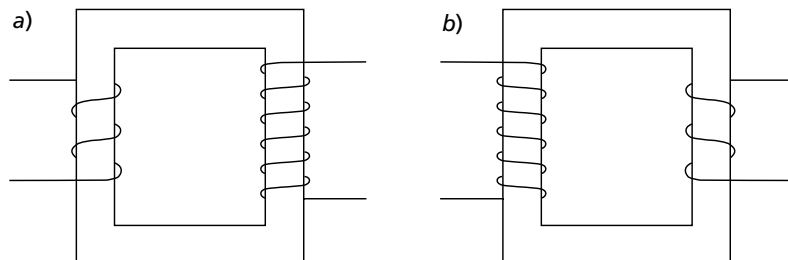
$$\left( \begin{array}{c} \text{Potencia en la} \\ \text{bobina primaria} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Potencia en la} \\ \text{bobina secundaria} \end{array} \right)$$

En forma de símbolos:

$$V_p I_p = V_s I_s$$

donde:  $V_p$  = voltaje en la bobina primaria  
 $V_s$  = voltaje en la bobina secundaria  
 $I_p$  = intensidad de corriente eléctrica en la bobina primaria  
 $I_s$  = intensidad de corriente eléctrica en la bobina secundaria

Según aumenten o disminuyan el voltaje, los transformadores pueden clasificarse en *transformadores elevadores* o *transformadores reductores* (figura 16.2). Y según el medio ambiente para el que estén preparados, en *transformadores para interior* o *para intemperie*.



**Figura 16.2** ■ a) Transformador elevador; el número de espiras de la bobina secundaria es mayor que el número de espiras de la bobina primaria, b) transformador reductor; el número de espiras de la bobina primaria es mayor que el número de espiras de la bobina secundaria.

La eficiencia de un transformador es igual al cociente de la salida de potencia en la bobina secundaria dividida entre la entrada de potencia en la bobina primaria, multiplicando dicho cociente por 100. Es decir:

$$E_f = \frac{\text{potencia de salida}}{\text{potencia de entrada}} \times 100$$

es decir:

$$E_f = \frac{P_s}{P_p} \times 100 = \frac{V_s I_s}{V_p I_p} \times 100$$

donde:  $E_f$  = eficiencia expresada en porcentaje.

Al aplicar una corriente alterna en la bobina primaria, las líneas de flujo magnético se mueven a través del núcleo del hierro, induciendo una corriente alterna en la bobina secundaria.

Puesto que el campo magnético es variable, entonces el flujo magnético a través de las bobinas primarias y secundarias también es variable y, por consiguiente, en ambas bobinas se induce una fuerza electromotriz (fem).

La fem inducida en cada bobina está dada por la ley de inducción de Faraday, es decir:

En la bobina primaria

$$\varepsilon_p = -N_p \frac{d\phi_B}{dt}$$

En la bobina secundaria

$$\varepsilon_s = -N_s \frac{d\phi_B}{dt}$$

Ya que la variación de flujo magnético es la misma en ambas ecuaciones, pues el mismo flujo magnético penetra en cada espira de ambas bobinas, al dividir las ecuaciones anteriores se obtiene la *ecuación del transformador*.

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

donde:

$\varepsilon_s$  = fem en la bobina secundaria

$\varepsilon_p$  = fem en la bobina primaria

$N_s$  = número de espiras en la bobina secundaria

$N_p$  = número de espiras en la bobina primaria

En un transformador de alta calidad, las resistencias de las bobinas son insignificantes, por lo que las magnitudes de las fuerzas electromotrices  $\varepsilon_s$  y  $\varepsilon_p$  son casi iguales a los voltajes terminales  $V_s$  y  $V_p$  a través de las bobinas. La ecuación del transformador suele escribirse en términos de los voltajes, es decir:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

donde:

$V_s$  = voltaje en la bobina secundaria

$V_p$  = voltaje en la bobina primaria

$N_s$  = número de espiras en la bobina secundaria

$N_p$  = número de espiras en la bobina primaria

Al analizar esta ecuación se deduce que al no haber pérdidas, los voltajes en el primario y secundario del transformador son proporcionales al número de espiras de dichas bobinas.

De esta ecuación se deduce que el voltaje en el secundario se obtiene de multiplicar el voltaje del primario por la relación del número de espiras del secundario al del primario; esta relación se denomina **coeficiente o razón de transformación**. Si este coeficiente es superior a la unidad, el voltaje en el secundario es superior a la del primario y el transfor-



mador suele llamarse *transformador elevador*. Si el citado coeficiente es menor que uno, el transformador es un *transformador reductor*. El coeficiente de transformación es una cantidad adimensional.

Los transformadores son aparatos que tienen una función muy importante en la transmisión de la energía eléctrica entre las centrales eléctricas y las comunidades.

## Material

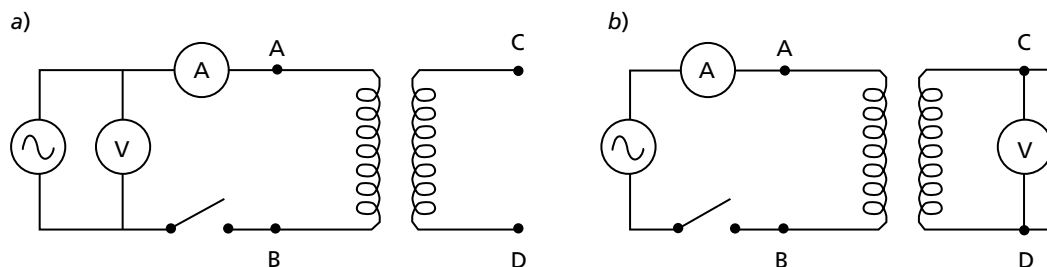
- 2 devanados de 600 espiras (o de igual número de espiras)
- 1 devanado de 1 200 espiras
- 1 multímetro
- 1 voltímetro de ca
- 1 soporte con núcleo laminado en U
- 2 interruptores de 1 polo 1 tiro
- 1 fuente de alimentación con selector variable de 0-15 V y corriente de 5 A máx
- 2 foquitos (aproximadamente 12 V)
- 10 cables de conexión

## Desarrollo experimental

### Transformador regulador en vacío

## Procedimiento

1. Coloca en cada extremo del soporte de núcleo laminado una bobina de 600 espiras (o las bobinas con igual número de espiras).
2. Conecta el voltímetro a los polos de la fuente de alimentación. Asimismo, conecta uno de los bornes del amperímetro a uno de los polos de la fuente de alimentación y el otro borne del amperímetro a uno de los bornes de la bobina primaria. Al otro borne de la bobina primaria conéctale el interruptor y éste a su vez al otro polo de la fuente de alimentación, como se ilustra en la figura 16.3a.



**Figura 16.3** ■ a) Medición del voltaje y la corriente eléctrica en la bobina primaria del transformador regulador, b) medición del voltaje en la bobina secundaria.

3. Para el voltímetro selecciona la escala de 0-30 V de corriente alterna o una escala ligeramente mayor. Para el amperímetro, selecciona la escala 0-100 mA, también en corriente alterna. Con respecto a la fuente de alimentación, ajústala para que su tensión máxima sea alrededor de 12 V. Si no se cuenta con una fuente de ali-

mentación que pueda proporcionar los 12 V, pídele a tu profesor que te dé las indicaciones pertinentes para seleccionar las escalas del voltímetro y del amperímetro de acuerdo con las características de la fuente de alimentación que te hayan proporcionado.

4. Antes de cerrar el interruptor, pide a tu profesor que revise el circuito.
5. Una vez que se haya cerrado el interruptor, registra las medidas que aparecen en los instrumentos de medición (corriente y voltaje en la bobina primaria) en la tabla 16.1.
6. Sin variar el control de la fuente de alimentación, abre el interruptor, desconecta el voltímetro de los bornes de la bobina primaria y conéctalo a los bornes de la bobina secundaria (figura 16.3b). En estas condiciones, vuelve a cerrar el interruptor y registra en la tabla 16.1 el voltaje ( $V_s$ ) que aparece en la bobina secundaria.
7. Efectúa el cociente  $V_s/V_p$  y registra tus cálculos en la tabla 16.1.
8. Repite todo lo anterior cuatro veces más para voltajes primarios de menor magnitud.

Tabla 16.1

Medida	$V_p$ (V)	$I_p$ (mA)	$V_s$ (V)	$\frac{V_s}{V_p}$
1				
2				
3				
4				
5				

9. Determina el coeficiente de transformación a partir del número de espiras de las bobinas y compáralo con el cociente  $V_s/V_p$  de la tabla 16.1. ¿Qué se observa?

### Transformador elevador

1. Coloca en un extremo del soporte de núcleo laminado una bobina de 600 espiras (o la de menor número de espiras) y en el otro extremo la bobina de 1 200 espiras (o la de mayor número de espiras).
2. Conecta el voltímetro a la fuente de alimentación y ésta a la bobina primaria (la de menor número de espiras) a través de un interruptor, como se ilustra en la figura 16.4a). El interruptor debe estar abierto.

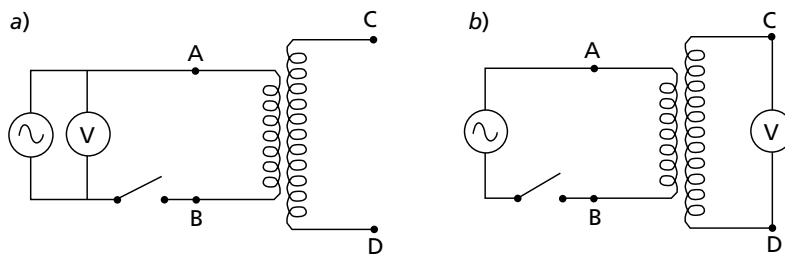


Figura 16.4 ■ a) Al cerrar el interruptor, registra el voltaje en el primario, previo ajuste de la fuente de alimentación, b) medición del voltaje en el secundario.

3. Ajusta la fuente de alimentación para que entre sus bornes aparezca un voltaje cercano a 12 V; previo a esto, ajusta la escala del voltímetro para que pueda medir-se dicho voltaje.

4. Una vez que hayas cerrado el interruptor, registra en la tabla 16.2 la lectura ( $V_p$ ) obtenida.
5. Abre el interruptor y conecta el voltímetro en la bobina secundaria, como se ilustra en la figura 16.4b.
6. Al cerrar el interruptor, toma la lectura en el voltímetro ( $V_s$ ) y regístralo en la tabla 16.2.
7. Efectúa el cociente  $V_s/V_p$  y regístralo en la tabla 16.2.
8. Repite lo anterior en cuatro ocasiones más con voltajes más pequeños en la bobina primaria.

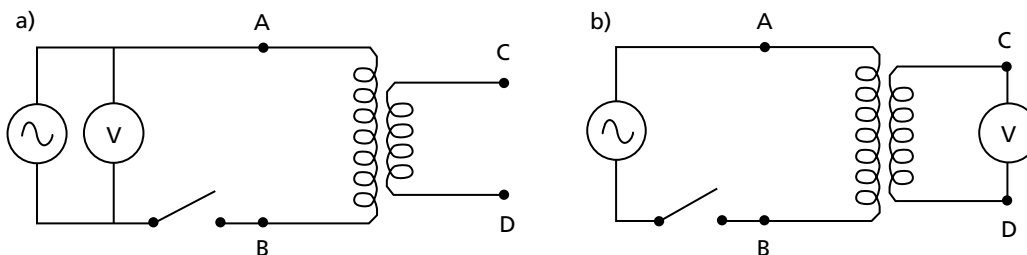
**Tabla 16.2** Transformador elevador

Medida	$V_p$ (V)	$V_s$ (V)	$V_s/V_p$
1			
2			
3			
4			
5			

9. Determina el coeficiente de transformador a partir del número de espiras de las bobinas del transformador y compáralo con el cociente  $V_s/V_p$  de la tabla 16.2. ¿Qué se observa?

### Transformador reductor

1. Coloca en un extremo del soporte de núcleo laminado una bobina de 1 200 espiras (o la de mayor número de espiras) y en el otro extremo la bobina de 600 espiras (o la de menor número de espiras).
2. Conecta el voltímetro a la fuente de alimentación y ésta a la bobina primaria (la de mayor número de espiras) a través de un interruptor, como se ilustra en la figura 16.5a. El interruptor debe estar abierto.



**Figura 16.5** a) Al cerrar el interruptor, registra el voltaje en el primario, previo ajuste de la fuente de alimentación, b) medición del voltaje en el secundario.

3. Ajusta la fuente de alimentación para que entre sus bornes aparezca un voltaje de 12 V; previo a esto, ajusta la escala del voltímetro para que pueda medirse dicho voltaje.
4. Una vez que hayas cerrado el interruptor, registra en la tabla 16.3 la lectura ( $V_p$ ) obtenida.

5. Abre el interruptor y conecta el voltímetro en la bobina secundaria, como se ilustra en la figura 16.5b.
6. Al cerrar el interruptor, toma la lectura en el voltímetro ( $V_s$ ) y regístralo en la tabla 16.3.
7. Efectúa el cociente  $V_s/V_p$  y regístralo en la tabla 16.3.
8. Repite lo anterior en cuatro ocasiones más con voltajes más pequeños en la bobina primaria.

**Tabla 16.3** Transformador reductor

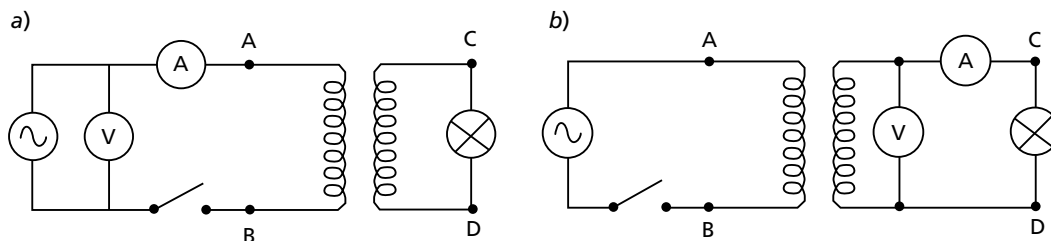
Medida	$V_p$ (V)	$V_s$ (V)	$V_s/V_p$
1			
2			
3			
4			
5			

9. Determina el coeficiente de transformador a partir del número de espiras de las bobinas del transformador y compáralo con el cociente  $V_s/V_p$  de la tabla 16.2. ¿Qué se observa?

### Transformador regulador con carga

#### ■ Procedimiento

1. Coloca en cada extremo del soporte de núcleo laminado una bobina de 600 espiras (o las bobinas con igual número de espiras).
2. Conecta el voltímetro a los polos de la fuente de alimentación. Asimismo, conecta uno de los bornes del amperímetro a uno de los polos de la fuente de alimentación y el otro borne del amperímetro a uno de los bornes de la bobina primaria. Al otro borne de la bobina primaria conéctale el interruptor y éste a su vez al otro polo de la fuente de alimentación, como se ilustra en la figura 16.6a.



**Figura 16.6** ■ a) Transformador regulador con carga, b) medición del voltaje y la corriente eléctrica en la bobina secundaria.

3. Para el voltímetro selecciona la escala de 0-30 V de corriente alterna o una escala ligeramente mayor. Para el amperímetro, selecciona la escala 0-100 m A, también en corriente alterna. Con respecto a la fuente de alimentación, ajústala para que

su tensión máxima sea alrededor de 12 V. Si no se cuenta con una fuente de alimentación que pueda proporcionar los 12 V, pídele a tu profesor que te dé las indicaciones pertinentes para seleccionar las escalas del voltímetro y del amperímetro de acuerdo con las características de la fuente de alimentación que te hayan proporcionado.

4. Conecta el foco a la bobina secundaria, como se indica en la figura 16.6a.
5. Antes de cerrar el interruptor, pide a tu profesor que revise el circuito.
6. Una vez que se haya cerrado el interruptor, registra en la tabla 16.4 las medidas que aparecen en los instrumentos de medición (corriente y voltaje en la bobina primaria).
7. Sin variar el control de la fuente de alimentación, abre el interruptor, desconecta el voltímetro de los bornes de la bobina primaria y conéctalo a los bornes de la bobina secundaria (figura 16.6b). Asimismo, conecta en serie el amperímetro al foco. En estas condiciones, vuelve a cerrar el interruptor y registra en la tabla 4 el voltaje ( $V_s$ ) que aparece en la bobina secundaria y la corriente ( $I_s$ ) que circula en dicha bobina.
8. Efectúa el cociente  $V_s/V_p$  y registra tus cálculos en la tabla 16.4.
9. Efectúa los productos  $I_p V_p$  e  $I_s V_s$  y regístralos en la tabla 16.4.
10. Efectúa el cociente  $I_s V_s / I_p V_p$  y regístralo en la tabla 16.4.
11. Finalmente, calcula la eficiencia del transformador. ¿Qué concluyes de este resultado?
12. Repite todo lo anterior cuatro veces más para voltajes primarios de menor magnitud.

**Tabla 16.4** Eficiencia del transformador

Medida	$V_p$ (V)	$I_p$ (mA)	$V_s$ (V)	$I_s$ (mA)	$\frac{V_s}{V_p}$	$I_s V_s$	$I_p V_p$	$I_s V_s / I_p V_p$	Eficiencia (%)
1									
2									
3									
4									
5									

13. Determina el coeficiente de transformación a partir del número de espiras de las bobinas y compáralo con el cociente  $V_s/V_p$  de la tabla 16.4. ¿Qué se observa?

### ■ Conclusiones

¿Cuáles son tus conclusiones de esta práctica?

---



---



---



---



---



---

**■ Actividades complementarias**

**Responde las siguientes preguntas.**

1. ¿Qué es la inducción electromagnética?

---

---

---

2. ¿Qué establece la ley de inducción de Faraday?

---

---

---

3. ¿Qué establece la ley de Lenz?

---

---

4. ¿Qué es la histéresis magnética?

---

---

5. ¿En qué se emplean los transformadores?

---

---

---

6. ¿Qué es la potencia nominal de un transformador?

---

---

**Investiga lo que se te pide y regístralo en el espacio correspondiente.**

1. ¿Qué tipo de transformadores son los que se emplean para proporcionar el voltaje que tienes en los tomacorrientes de tu casa?

---

---

---

2. ¿A qué se deben las pérdidas que tiene un transformador en su funcionamiento?

---

---

---

3. ¿Qué instrumentos de los que empleas cotidianamente tienen entre sus componentes uno o más transformadores?

---

---

---

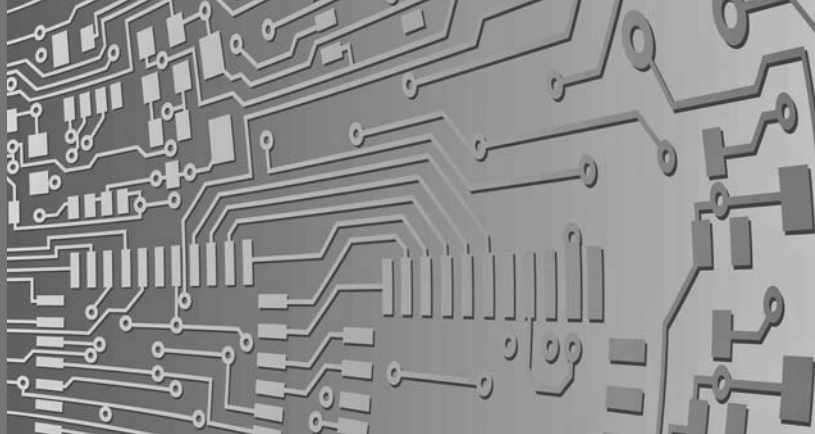
**Resuelve los siguientes problemas.**

1. Un transformador elevador se diseña para tener un voltaje de salida de 2 000 V cuando el primario se conecta a través de una fuente de 110 V. a) Si hay 80 espiras en la bobina primaria, ¿cuántas espiras se requieren en el secundario? b) Si el transformador se considera ideal, ¿cuál es la intensidad de corriente eléctrica en la bobina primaria cuando en la bobina secundaria la corriente es de 1.20 A?
2. Un transformador tiene  $N_p = 300$  espiras y  $N_s = 1\,500$  espiras. Si el voltaje de entrada es de 120 V, ¿qué voltaje (rms) se desarrolla a través de la bobina secundaria?
3. Un transformador consta de 18 000 espiras en el primario y 9 000 espiras en el secundario (bobina secundaria); se alimenta con 440 V a 60 Hz; suponiendo que consume 6 A en la bobina primaria, calcular:
  - a) La relación de transformación
  - b) El voltaje en el secundario
  - c) La intensidad de corriente eléctrica en el secundario
  - d) La eficiencia

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Enríquez Harper, Gilberto, *Transformadores*, México: Limusa, 2000.  
Gutiérrez, Carlos, *Física II*, México: McGraw-Hill, 2007.  
Sears, F. et al., *Física universitaria. Tomo 2*, México: Pearson, 2005.



## Criterios para la selección de instrumentos

En la selección de un instrumento es necesario responder las siguientes cuestiones.

### ■ La cantidad a medir

1. ¿Cuál es la variable que se quiere medir, por ejemplo, corriente eléctrica?
2. ¿Cuáles son las características básicas de la cantidad que podrían afectar a la elección del instrumento, impedancia de entrada, efectos de carga, alta frecuencia, función senoidal, corriente no periódica y rápidamente cambiante, etc.?

### ■ El entorno

3. ¿Cuáles son las condiciones ambientales que podrían afectar a la elección del instrumento, por ejemplo, margen de temperaturas, humedad, choques mecánicos?
4. ¿El instrumento estará perfectamente instalado en algún lugar? y si es así, ¿cuáles son las limitaciones de tamaño y los requerimientos de voltaje?
5. Si el instrumento tiene que ser portátil, ¿cuáles son las limitaciones de tamaño y peso?
6. ¿Cuál es la fuente de alimentación requerida?

### ■ Precisión

7. ¿Cuál es la precisión que se necesita en la medida?
8. ¿Se requiere la misma precisión sobre todo el rango de medida?

### ■ Resolución

9. ¿Cuál es el más pequeño cambio en la cantidad a medir que se necesita para producir un cambio observable en la lectura del instrumento, es decir, la resolución requerida?

### ■ Margen y escala

10. ¿Cuáles son los valores máximos y mínimos que se requieren medir?



11. ¿Puede cubrirse todo el margen de medida con un instrumento de escala simple o se requiere un instrumento que sea multiescala?
12. ¿Se requiere una escala lineal?

## ■ Salida

13. ¿Qué tipo de pantalla o visualización se necesita? ¿Está situada la pantalla a alguna distancia del punto de medida?
14. ¿Se requiere algún tipo de interfaz en la salida para la conexión con cualquier otro sistema? Si es así, ¿qué niveles de señal y códigos se requieren?

## ■ Características

15. ¿Qué tipo de respuesta se necesita?
16. ¿Qué ancho de banda se requiere?
17. Para instrumentos de corriente alterna, ¿responden éstos al valor pico, al valor medio o al valor eficaz?
18. ¿Se requiere una gran estabilidad manteniendo el instrumento de calibración durante largos periodos de tiempo?
19. ¿Cuánto tiempo tiene que pasar entre las distintas calibraciones?
20. ¿Se requiere un sistema de calibración propio?
21. ¿Cuáles son las necesidades para la calibración?

## ■ Interferencia y ruido

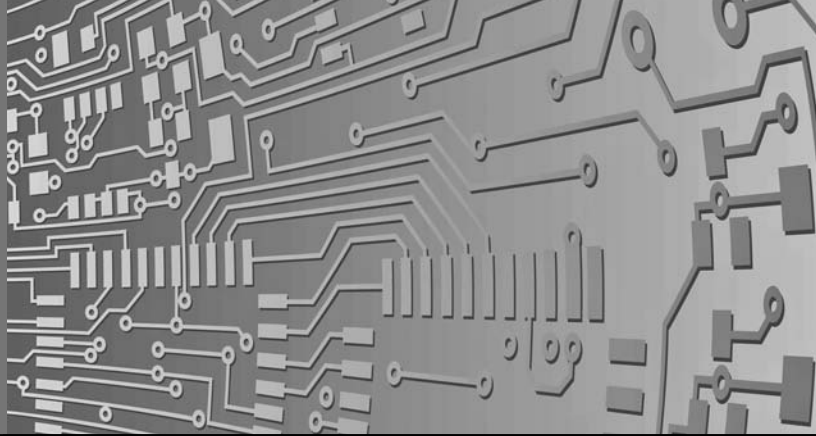
22. ¿La cantidad que se requiere medir es flotante o, por el contrario, tiene una conexión a tierra?
23. ¿Hay campos magnéticos o electrostáticos parásitos donde se va a realizar la medida?
24. ¿Cuáles son las necesidades en las relaciones de rechazo en modo común y en modo normal?
25. ¿Cuál es la fiabilidad requerida?
26. ¿Debe incluir algún tipo de dispositivo de limitación de sobrecarga o de alarma?
27. ¿Cuáles serán las consecuencias de un fallo o se requerirá instrumento de reserva?
28. ¿Cuáles son las necesidades de mantenimiento o se requerirá algún tipo especial de equipamiento?
29. ¿Se necesita realizar alguna clase de almacenamiento especial para su conservación?

## ■ Costo

30. ¿Existe algún tipo de limitaciones de costo en la selección del instrumento?

## ■ Actividad

1. Si se quiere medir la resistencia de un tostador cuya resistencia varía de  $60 \Omega$  a  $400 \Omega$  con una precisión del 5%. ¿Qué aparato de medición seleccionarías de los que se encuentran en el laboratorio o que se venden en el mercado nacional de acuerdo a los *criterios para la selección de instrumentos*? Justifica tu respuesta.



## Técnicas de soldadura

Para asegurar la permanencia de las conexiones eléctricas es necesario soldar. Los hilos, o los hilos y terminales, se unen y se funde en ellos la soldadura calentando la unión. La junta así soldada queda sólidamente unida después de fría, como si fuera una sola pieza de metal. Después de quedar correctamente soldada, no es posible separar los hilos sin romperlos o sin desoldarlos.

La soldadura es una aleación de plomo y estaño que tiene bajo punto de fusión y se adquiere en forma de hilo para su uso en electrónica. La soldadura para esta aplicación está construida por 70% de estaño y un 30% de plomo, aunque la composición puede variar algo, con núcleo de fundente o alma de resina. Ésta fluye en la superficie que se suelda, proporcionando una unión perfecta.

Para soldar correctamente es necesario:

- a) Limpiar las superficies metálicas
- b) Aplicar suficiente calor a la junta para que se pueda fundir la soldadura cuando se pone en contacto con el alambre o terminal del componente.

La soldadura no debe entrar en contacto directo con la punta del soldador porque se fundirá demasiado rápido. Si los hilos o terminales a soldar no han sido previamente calentados lo suficiente, la soldadura fundida no se adherirá a sus superficies. Entonces la junta no queda bien soldada aunque aparentemente lo esté. Las uniones de soldadura fría dan lugar a mal contacto eléctrico y son difíciles de descubrir cuando se investigan las causas de los efectos a que dan lugar.

Tanto el ingeniero como el técnico deben hacer siempre buenas soldaduras. Las conexiones soldadas deben ser mecánicamente fuertes, de modo que aunque sean sometidas a trepidaciones no den lugar a pérdida de señal ni a deterioro de las piezas. Los contactos soldados deben presentar baja resistencia eléctrica para que las señales se transfieran a través de ellos correctamente.

### ■ Soldadores eléctricos

El soldador ordinario tiene aún mucha aplicación en la industria, aunque muchos técnicos prefieren la *pistola de soldar*. El elemento calefactor que hay dentro del soldador se conecta a través de un transformador a la red. El calor es transmitido a la punta del soldador y ésta se aplica a la superficie en que se desea efectuar la soldadura.

Los soldadores se clasifican por la potencia que disipan e indirectamente por la cantidad de calor que pueden desarrollar. En las operaciones de conexión a mano se emplean soldadores de 100 watts cuando se sueldan hilos y conductores a las terminales. Para

soldar superficies metálicas grandes que requieren un calor más intenso (tales como los chasis metálicos) se utilizan soldadores de mayor potencia (250 watts).

El lápiz de soldar es un soldador de poca potencia y poca capacidad térmica. Se utiliza para soldar y desoldar componentes en las placas de circuitos impresos o en aplicaciones delicadas en las que no se puede aplicar mucho calor. Los lápices de soldar tienen puntas intercambiables y se fabrican con variedad de forma y tamaños.

En talleres se ha generalizado el uso de pistolas de soldar y de lápices de soldar por la propiedad que tienen de calentarse rápidamente. La pistola de soldar tiene un gatillo o un interruptor de disparo que conecta el elemento calentador, y la punta del soldador se calienta en 30 segundos aproximadamente. Así, a diferencia del soldador ordinario, cuyo calentamiento es lento y tiene que estar conectado mientras se utiliza, la pistola de soldar sólo se calienta en el momento de usarla. En los intervalos entre distintas operaciones de soldadura ésta permanece desconectada. Las que más se utilizan son las de 100, 125 y 30 W.

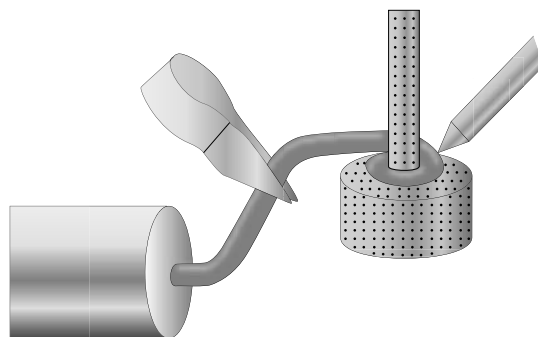
En muchas pequeñas tareas que requieren cortar y raspar es muy útil una navaja. Se le puede utilizar para raspar y limpiar los extremos de los hilos o alambres de conexión y componentes como preparación para la soldadura.

## ■ Disipadores de calor

El disipador de calor (radiador o escape de calor) es una pequeña pinza para evitar el calentamiento excesivo de componentes electrónicos sensibles al calor cuando es necesario soldarlos o desoldarlos. Se coloca la pinza en el conductor entre el cuerpo del componente y el punto en que se aplica la punta de soldar. De este modo absorbe el calor y reduce la cantidad que recibe el componente.

Los dispositivos de semiconductores tales como los transistores, diodos y circuitos son extraordinariamente sensibles al calor y pueden inutilizarse si se les sobrecalienta.

Una pequeña pinza metálica, un sencillo clip por ejemplo, se puede utilizar como disipador de calor. La figura B.1 ilustra su uso en esta disposición. Se coloca en el conductor entre el componente y el punto en el que se aplica el soldador. La pinza actúa como carga térmica y reduce la transferencia de calor al componente. Después de retirar el soldador, se deja puesta la pinza hasta que se haya enfriado la junta.



**Figura B.1** ■ El radiador de calor protege al diodo de germanio.

## ■ Estañado

Para conseguir la máxima transferencia de calor del hierro a las superficies de la junta, la punta del soldador debe ser estañada. Primero, se limpia la punta raspándola con una navaja o papel esmeril, lana de acero, una brocha de hilo o papel lija fino. Si la punta está muy picada, puede ser necesario limarla.

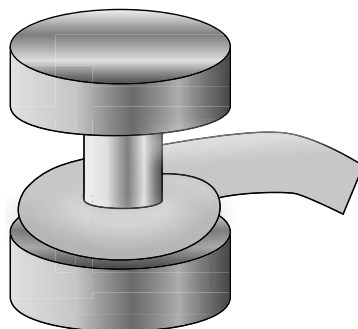
Después de limpiar la punta, se calienta y se deja que se funda la soldadura en la punta, estañándola. Si el soldador está demasiado caliente hasta el punto de cambiar de color antes de aplicar la soldadura, será difícil estañar la punta.

No sólo es necesario estañar el soldador; también se deben limpiar y estañar las superficies que se desea soldar. Las superficies estañadas aseguran buenas conexiones eléctricas y una perfecta unión cuando se suelda. El hilo o terminal se debe estañar colocándolo sobre la punta del soldador y calentándolo lo suficiente para fundir en él la soldadura. Antes de soldar el hilo trenzado, se deben retorcer sus terminales.

Para conseguir la máxima transferencia de calor desde el radiador, la punta se debe limpiar periódicamente con una esponja húmeda o con un cepillo de alambre.

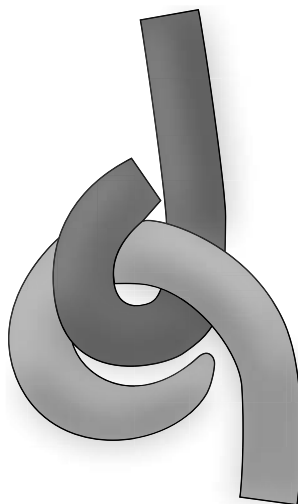
## ■ Conexiones mecánicas

Los hilos y conductores de los componentes se deben fijar a los bornes con tres cuartos de vuelta o una vuelta completa alrededor de éstos, como se ilustra en la figura B.2. La tendencia de los principiantes (aprendices) es enrollar varias vueltas alrededor del borne. Esto es desperdiciar una superficie de terminales y crear dificultades cuando tenga que ser desoldado y separado el conductor.



**Figura B.2** ■ Conductor de componente fijado en un borne antes de soldarlo. Está enrollado alrededor del borne en  $\frac{3}{4}$  de vuelta.

Para unir los hilos se les engancha como en la figura B.3, no siendo necesario retorcer los hilos antes de soldarlos.



**Figura B.3** ■ Unión de gancho entre dos conductores o terminales de componentes eléctricos.

## ■ Alambres, cables o hilos de conexión

El hilo de conexión puede ser conductor macizo o uniforme, o formado por varias hebras. Lo normal en circuitos electrónicos es el empleo de este último. El hilo macizo (alambre) se utiliza para conectar timbres, para arrollamientos de transformadores, etc. Los conductores terminales de los componentes suelen ser también de hilo macizo.

El hilo de varias hebras se llama hilo trenzado o cable porque sus diversas hebras están retorcidas o trenzadas entre sí. El número y diámetro de las hebras depende de la aplicación y de la intensidad de corriente que haya de pasar por el hilo. Cuanto mayor sea la intensidad, mayor debe ser el diámetro del hilo. El hilo es flexible y puede ser doblado y retorcido sin que se rompa.

## ■ Preparación del hilo de conexión

Para que dos o más hilos constituyan un camino conductor de la electricidad deben estar conectados eléctricamente. Esto significa que una superficie no aislada de un alambre debe estar conectada mecánicamente a una superficie no aislada de otro alambre. Para asegurar que no se puedan separar los alambres o que se corra la conexión, se sueldan en la unión.

Para conectar y soldar los alambres o terminales de las componentes deben ser previamente preparados. Para ello, se les desprovee del aislante en los extremos que se han de soldar, a fin de que estos extremos constituyan los conductores terminales que pueden ser conectados entre sí o bien a un borne. También es necesario eliminar cualquier residuo de aislante o de óxido en los extremos desnudos de los alambres.

Generalmente, el ingeniero o el técnico utilizan decapadores mecánicos para desnudar los hilos, aunque también se emplean decapadores térmicos. Elige el agujero más adecuado para el alambre que se ha de desnudar, inserta éste en la herramienta, aprieta los mangos y tira del alambre, con lo que el aislante queda automáticamente separado del alambre.

Después de quitar el aislante, se examina el alambre. Si éste aparece brillante, no será necesaria la preparación anterior, pero si presenta un aspecto mate habrá que limpiarlo antes de conectarlo y soldarlo. El alambre se puede limpiar raspándolo suavemente con una navaja o con tela esmeril. Se sigue el mismo procedimiento para eliminar el aislamiento de los alambres macizos cubiertos con esmalte o barniz. Hay que poner cuidado para no mellar el alambre.

## ■ Soldadura en placas de circuitos impresos

La red de conductores de interconexión en una placa de circuito impreso está formada por cintas de cobre adheridas a la placa o panel de plástico. Los conductores de los componentes montados en la placa se insertan pasándolos por los agujeros perforados en la placa y en la cinta conductora de cobre. Los conductores se sueldan a la cinta en el borde del agujero después de pasar por él. Si se aplica excesivo calor a la cinta, ésta puede deteriorar los componentes miniatura montados en ella.

Para calentar la unión se emplea un lápiz de soldar (cautín) de 30 watts aproximadamente. Este soldador de poca potencia provee un medio eficaz para controlar el calor. Lo mismo que en los circuitos conectados a mano, los conductores de los componentes deben ser limpiados y estañados previamente. Se debe utilizar soldadura 60-40 con núcleo de resina o soldadura eutéctica. La superficie de la cinta de cobre adherida al tablero debe ser también preparada convenientemente antes de efectuar la soldadura. Se le puede limpiar raspándola suavemente en la proximidad del agujero terminal, o bien frotándola con una goma para borrar tinta en el punto de soldadura.

Otro factor que se debe tener en cuenta cuando se trabaja en placas de circuitos impresos es la proximidad de las cintas entre sí. Es esencial evitar que quede soldadura sobrante y pueda puntear los conductores. (La aplicación de soldadura en exceso se debe evitar también en los circuitos conectados a mano). Para efectuar una unión correcta se debe fundir en una unión la soldadura justamente suficiente. Si se forman glóbulos en la superficie de unión, se quitan con una pequeña brocha de acero.

## ■ Reglas básicas para soldar

1. La punta del soldador o cautín debe estar estañada.
2. Las superficies a soldar deben estar limpias.
3. Soportar mecánicamente la junta cuando sea posible.
4. Preparar las superficies grandes antes de soldarlas.
5. Aplicar la soldadura a la junta y no a la punta del soldador o cautín. La soldadura debe fluir libremente y presentar un aspecto brillante y uniforme.
6. Utilizar sólo la soldadura necesaria para obtener una unión fuerte y correcta.
7. Cuando se utiliza fundente preparado, aplicarlo a la junta y no a la punta del soldador. Sólo se debe utilizar resina como fundente.
8. Soldar rápidamente y no dejar que se queme ni se caliente excesivamente el aislamiento de los componentes.
9. Utilizar soldadura con núcleo de resina o equivalente.
10. Tomar siempre el cautín o la pistola de soldar por su mango aislado. No tocar ninguna parte metálica.
11. No colocar la parte metálica del cautín sobre el material combustible. El cautín debe descansar siempre en su soporte.

## ■ Actividades

Responde de manera breve a las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué se sueldan las conexiones eléctricas?

---



---



---

2. ¿Para qué se emplean los disipadores de calor al soldar componentes electrónicos?

---



---



---

3. ¿Cuál es la finalidad de estañar la punta del cautín?

---



---



---

4. ¿Qué precauciones se deben tener cuando se sueldan componentes electrónicos en una placa de circuito impreso?

---

---

---

**Escribe cinco reglas básicas para soldar correctamente.**

1. 

---

---

2. 

---

---

3. 

---

---

4. 

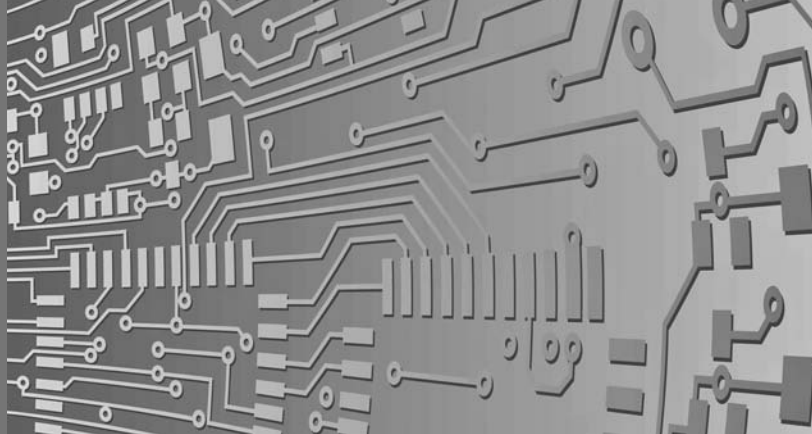
---

---

5. 

---

---



## Prototipo de bajo costo para experimentos de electrostática

### ■ Equipo casero en la enseñanza de la física

El profesor de física se enfrenta en su quehacer diario con la *falta de material y equipo de laboratorio adecuado* para hacer más dinámico, objetivo y motivador el aprendizaje de esta ciencia, sea por carencia o por encontrarse el equipo en malas condiciones. Afortunadamente, él es quien puede solucionar este problema si emplea en forma creativa una gran variedad de materiales de bajo costo y a su alcance como son los popotes, las canicas, los clips, los vasos, las monedas, las ligas, las hojas de papel, la plastilina, etc. Materiales todos ellos que se pueden encontrar en el hogar o en el almacén más cercano. Si bien, es cierto que la naturaleza del programa de estudios determina en cierta manera el tipo de experiencias de aprendizaje que deben ofrecerse a los alumnos, una gran parte de la adopción de dichas experiencias depende de él. Esta libertad es la que le permite el empleo de materiales cotidianos en la concepción de las experiencias de aprendizaje en su propia clase.

Tradicionalmente, el profesor ha identificado *el valor didáctico de los equipos de laboratorio por su complejidad, el costo, su presentación o la marca del fabricante*. Es decir, que si no dispone de ese equipo, él cree que no puede realizar experimentos válidos y confiables, olvidándose de que *lo que lo hace valioso no es su complejidad y originalidad, si no la manera en que se emplee en el proceso de enseñanza-aprendizaje*, y que **un fenómeno puede estudiarse como lo hicieron los primeros grandes físicos experimentales, con material casero y a bajo costo**. En este sentido, es conveniente señalar que existen publicaciones de la UNESCO y de la Asociación Estadounidense de Profesores de Física, que describen experimentos científicos con material sencillo y barato.

Otra de las razones por la que muchos profesores no realizan experimentos en sus clases, se debe a que argumentan que no es conveniente que sus alumnos trabajen con equipo costoso porque lo pueden dañar. Estos docentes se olvidan de que la única manera en que sus alumnos pueden adquirir una visión de una ciencia experimental como la Física, es *haciendo experimentos ellos mismos*. Si el profesor lo que quiere es que el alumno no dañe un equipo costoso, puede sugerir actividades experimentales en las cuales sólo se emplee equipo casero, tan barato que se pueda reemplazar fácilmente. Por ejemplo, si en el estudio de la caída libre no desea utilizar el *tubo de Newton* por temor a que se rompa, puede diseñar experimentos sobre este fenómeno con material tan sencillo y de bajo costo como son una moneda y un par de hojas de papel, de manera que si extravían y/o dañan, fácilmente los pueda sustituir.



Otro aspecto que está incidiendo para que en los cursos de Física no se impulse la realización de experimentos en el laboratorio y que es consecuencia de la época en que vivimos, es que algunos profesores consideran que es suficiente que sus alumnos se sienten frente de su computadora para aprender Física. No es que no se quiera reconocer el justo valor didáctico de la computadora, pero *no se debe permitir que nuestros alumnos sigan experimentando a distancia y a través de otros, en lugar de que ellos aprendan a través de los experimentos realizados personalmente* como búsqueda de respuestas a preguntas propias. Con esto, lo que se quiere recalcar es que un hecho, un concepto, una ley física, bien comprendidos mediante actividades experimentales con equipo sencillo, tiene más significado y valor para los alumnos que si los memorizan del texto o del programa de la computadora. Por ejemplo, es más difícil que el alumno pueda comprender por la simple lectura de un texto o de un programa de computadora, que al soltar una canica sobre una regla apoyada sobre una mesa y ligeramente inclinada con respecto a la horizontal, que la energía potencial de la canica cuando está en el extremo más alto no es igual a la energía cinética de traslación cuando alcanza el extremo de la regla apoyado sobre la mesa. Puede ser que lo memorice, pero *sólo va a convencerse cuando realice las mediciones por sí mismo* y verifique que efectivamente el valor de la energía cinética de traslación de la canica al llegar al final de la regla es mucho menor que la energía potencial que poseía cuando se encontraba en la parte más alta. La diferencia existente entre dichos valores pueden ser interpretada si se considera, en primer lugar, que parte de la energía potencial se convierte en energía cinética de rotación de la canica en su movimiento sobre la regla, y en segundo lugar, estableciendo que otra pequeña parte de la energía es disipada por la fuerza de fricción existente entre la canica y la regla. Las otras diferencias que se encuentran al comparar los resultados teóricos con los experimentos se deben a los errores de medición. *El realizar este experimento, también le permitirá al alumno manejar instrumentos de medición, hacer un registro de los datos y cálculos, actividades que difícilmente se pueden aprender por la simple lectura.*

De lo anterior se deduce que **un experimento es una actividad compleja y enriquecedora que difícilmente puede ser sustituida**. Cuando es diseñado con propósitos didácticos resulta ser una valiosa estrategia que mejora el aprendizaje y despierta el interés por la ciencia. Por lo tanto, es importante impulsar las actividades experimentales con material a nuestro alcance en los cursos de todos los niveles educativos. Es decir, **debemos promover el que los alumnos tengan experiencias de primera mano**.

El *tiempo* es otro factor que ha incidido para justificar la disminución de las actividades experimentales, so pretexto de cubrir todos los contenidos del curso. Si bien es cierto que lo que se aprende en las actividades experimentales difícilmente se olvida, también es un método sumamente lento. Sin embargo, vale la pena que reflexionemos si es útil la enseñanza teórica llena de información a medio digerir y por ende inerte, que se le proporciona al alumno, pues las investigaciones realizadas por diversos especialistas han encontrado que la mayoría de los estudiantes consideran a la Física tal y como se ha venido enseñando, como una ciencia que casi no sirve para nada y que sólo se encuentra en los libros y en el pizarrón de la clase de Física.

Esta imagen de la Física cambiaría si se impulsa una enseñanza en donde los alumnos además de realizar experimentos sobre los conceptos y principios fundamentales, lleven a cabo experimentos que respondan a sus expectativas. Para que esto sea una realidad, debemos convencer a las autoridades escolares de que se requiere incrementar tanto el número de horas y recursos de Física que se imparten actualmente en los diversos planes de estudio de todos los niveles educativos, así como su apoyo económico para mejorar las instalaciones y el equipo de laboratorio. Mientras se logra lo anterior, los profesores podemos impulsar los experimentos en la cocina y en el patio de su hogar. Por ejemplo, les podemos pedir a los alumnos que en el congelador de su refrigerador coloquen un recipiente, el cual contenga un frasco de vidrio con agua, bien tapado y que al cabo de dos días observen lo que pasó y que traten de explicar lo sucedido en función de las pro-

iedades del agua cuando desciende su temperatura. Hay que evidenciar también que **el aprendizaje de la ciencia no se limita a la realización de experimentos en el laboratorio con instrumental complicado**. En el salón de clases se pueden realizar demostraciones y experimentos sencillos con equipo casero. Por ejemplo, para ilustrar la propiedad conocida como tensión superficial podemos colocar una aguja de coser con cuidado sobre la superficie del agua contenida en un vaso y observar que ésta no se hunde. Como se puede ver, el tiempo que actualmente se tiene asignado a las actividades experimentales se puede “ampliar” si se diseñan experimentos que se puedan realizar en el hogar o en el salón de clases.

La buena enseñanza experimental debe tender a que el estudiante descubra la manera de encontrar por sí mismo qué es lo que ocurre (*heurística*), así como fomentar la capacidad de distinguir entre observar un fenómeno y poder interpretarlo. La correcta observación le dará tanto el dominio real sobre la materia, como la confianza necesaria para hacer física en cualquier nivel, o sea, que le dará aptitud profesional. La capacidad de interpretación le proporcionará además la preparación científica técnica necesaria para ser un investigador o uno de los escasos profesionales capaces de crear y desarrollar nuevas tecnologías.

**Los experimentos permiten que los alumnos hagan y no sólo vean; resultan así participantes y no observadores de los procesos científicos.** Si en dichos experimentos se emplean materiales de uso común, se incide además sobre las actividades de los alumnos, quienes ya no consideran a las ciencias como alejadas de su entorno. Estos experimentos también les permitirán desarrollar su capacidad de coordinación, su habilidad para manejar objetos y sus aptitudes perceptivas. Por ejemplo, trabajar con otro y explicar por qué al sumergir un lápiz en un vaso que contenga agua, se ve quebrado, permite desarrollar tanto las aptitudes lingüísticas del alumno como una mejor comprensión de los conceptos y leyes fundamentales. Es evidente que las situaciones mencionadas sólo son posibles bajo la dirección de un profesor sensible, flexible y comprensivo.

La enseñanza de la Física experimental es de particular importancia en países como el nuestro, en donde **es preciso aumentar el respeto por la actividad manual**, ya que, *en nuestro medio educativo se rechaza, aunque no de palabra, pero sí de hecho, el trabajo manual, base de la experimentación científica como actividad intelectual elevada*.

Este desprecio hacia el “hacer”, según algunos especialistas y científicos, es una tradición que surge en la época colonial, cuando las universidades hispanoamericanas toman como modelo la Universidad de Salamanca (1215), la cual manifestó durante muchos siglos una mayor inclinación hacia los “saberes”, que a los “haceres”. Esta tendencia al teoricismo ha conducido en nuestros países a una *“enseñanza de pizarrón” en ciencias como la Física*, y a un alejamiento de las carreras científicas y tecnológicas por parte de los alumnos. El filósofo argentino Bernardo Houssay resalta la importancia del trabajo manual en la siguiente afirmación: *“Mi experiencia me dice que cierta habilidad manual es indispensable para los investigadores científicos”*.

Con el objetivo de conferir valor y dignidad manual y de impulsar la enseñanza experimental en nuestro país, se debe promover la utilización de material casero en los experimentos y demostraciones de laboratorio, así como la producción de prototipos, equipos y juegos científicos que despierten en los jóvenes y niños el deseo de aprender y aplicar el conocimiento científico.

Los materiales caseros (popotes, globos, ligas, vasos, monedas etc.), como se ha venido evidenciando a lo largo de este apéndice, pueden ser apoyos permanentes a lo largo de cursos de Física, pues dependiendo del contenido que se esté analizando en clase se pueden realizar con ellos uno o varios experimentos en forma demostrativa, individual o por equipos. Estos experimentos se pueden llevar a cabo antes de dar la explicación, o a la inversa, hacer el experimento después de la explicación correspondiente. *Los mismos materiales caseros se pueden emplear para realizar el mismo experimento, pero con una profundidad diferente, de manera que resulte útil tanto a estudiantes de secundaria, como a universitarios* o para actividades que tengan objetivos diferentes. De todo lo anterior, se

*puede concluir que el empleo de materiales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de ciencias como la Física, además de no requerir de instalaciones costosas y equipo complicado, depende en gran medida de la creatividad y compromiso del profesor.*

## ■ Dispositivos para experimentos de electrostática

La electricidad estática plantea no pocos problemas en todas las industrias que elaboran productos utilizando bandas continuas, como en las fábricas de papel, imprentas, empresas textiles y de plástico, etc., en donde el frotamiento con los cilindros acumula cargas considerables en las bandas de papel o de tela, entre las cuales y el suelo pueden existir diferencias de potencial que se cuentan en decenas de millares de volts. Como consecuencia, el papel se pega a los cilindros si la velocidad de las máquinas es demasiado grande y los pelos de la lana no se dejan aplanar para obtener tejidos lisos.

Una solución empírica consiste en mantener la atmósfera húmeda, pues el aire húmedo es excelente conductor de electricidad y permite que se descarguen las cargas eléctricas. Existen otras soluciones más sofisticadas como la emisión de luz ultravioleta que ioniza los átomos del ambiente y permite el transporte de sobrecargas a tierra<sup>1</sup>.

La realización de experimentos de electrostática plantea también una serie de problemas, como el que no se realicen por parte de los alumnos porque el equipo de laboratorio suele ser muy frágil o en ciertas ocasiones dichos experimentos son realizados solamente por el profesor; otras veces porque el experimento falla debido a humedad existente en el medio ambiente o porque el equipo no está en buenas condiciones o le falta una pieza que imposibilita hacer la actividad experimental.

Con el propósito de solucionar éste y otro tipo de problemas se presentan una serie de dispositivos de bajo costo para realizar experimentos o demostraciones cualitativas sobre los conceptos básicos de electrostática.

Estos dispositivos tienen las siguientes ventajas:

1. Su construcción es muy sencilla.
2. El costo de su construcción es bajo.
3. Cada alumno puede construir cada uno de los dispositivos.
4. Funcionan en ambientes húmedos.
5. Su manipulación no es compleja.
6. Permiten la realización de experimentos básicos para la comprensión de los conceptos fundamentales que explican las propiedades electrostáticas.

A continuación se describe cómo construir dichos dispositivos.

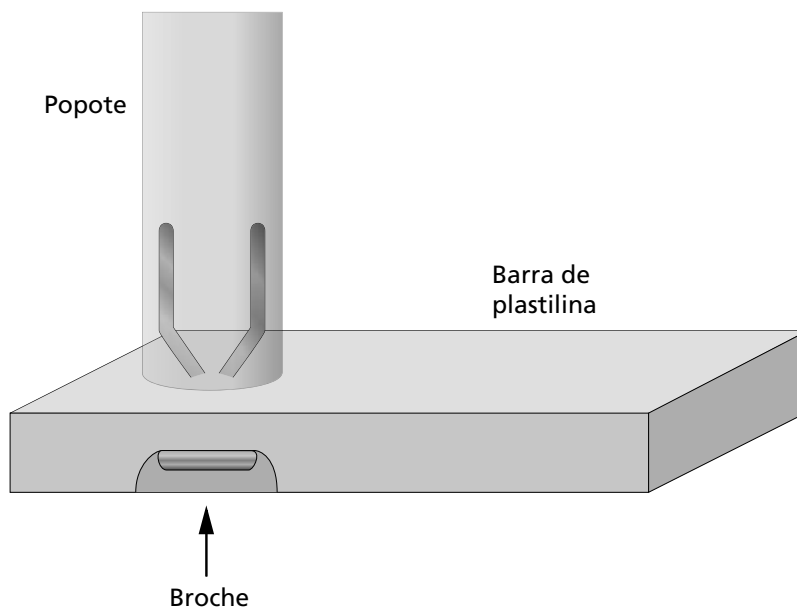
## ■ Péndulo eléctrico

### ■ Material necesario

- Dos popotes del número 6
- Una barra de plastilina
- Dos broches latonados tipo alemán, largos
- Hilo de nailon
- Papel aluminio
- Cinta adhesiva
- Tijeras

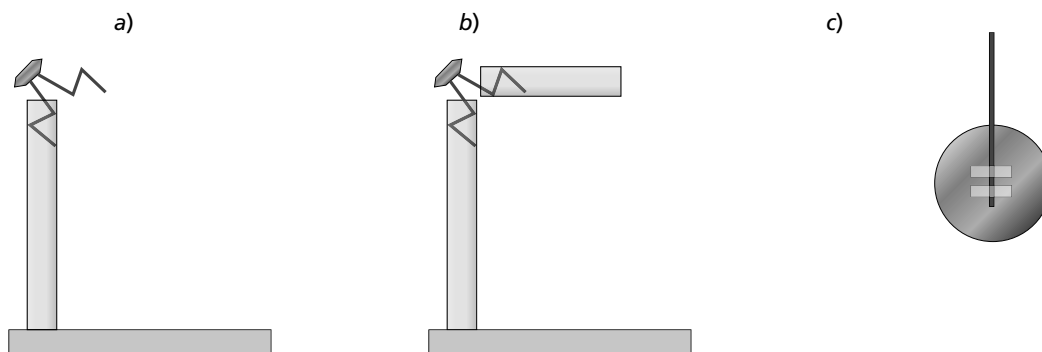
## ■ Procedimiento

1. Con la barra de plastilina modela un paralelepípedo como el que se muestra en la figura C.1.
2. Introduce el broche con las patitas hacia arriba y sobre éstas, el popote. Para que el popote no quede flojo, basta con abrir las patitas del broche antes de introducirlas en él.



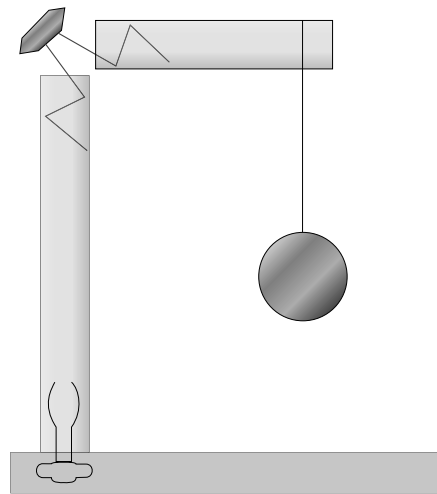
**Figura C.1** ■ La barra de plastilina sirve de soporte al péndulo eléctrico.

3. Ahora coloca el otro broche como se muestra en la figura C.2a. Observa que las patitas del broche se han ondulado, con el fin de evitar una conexión débil.



**Figura C.2** ■ a) Coloca un segundo broche en el extremo libre del popote, b) une el segundo popote con el primero, c) pega el hilo al círculo del papel metálico.

4. A continuación introduce la otra patita en el segundo popote como se muestra en la figura C.2b. Este segundo popote fue recortado previamente a la mitad.
5. Ahora, recorta un círculo de papel aluminio de diámetro de 2 cm y pégale el hilo de nailon con cinta adhesiva como se indica en la figura C.2c.
6. Finalmente, haz un lazo en el extremo libre del hilo de nailon para colgarlo como se muestra en la figura C.3c.
7. Este péndulo puede ser utilizado en las primeras prácticas de este manual.



**Figura C.3** | Péndulo eléctrico de bajo costo.

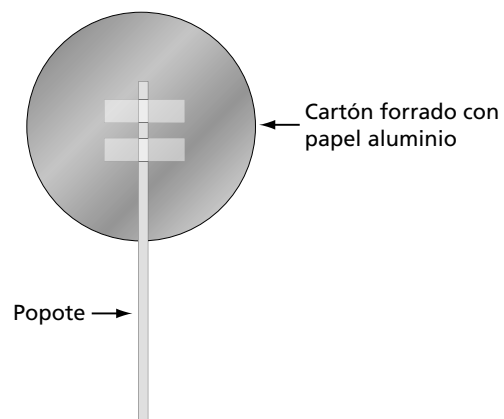
## ■ Sonda de prueba plana

### ■ Material necesario

- Un popote
- Cinta adhesiva
- Papel aluminio
- Cartón
- Tijeras

### ■ Procedimiento

1. Recorta un círculo de cartón de 2.5 cm de diámetro.
2. A cada lado de este círculo de cartón pégale papel aluminio.
3. Pega el popote al círculo de cartón forrado con papel aluminio, como se muestra en la figura C.4.



**Figura C.4** | Sonda de prueba plana.

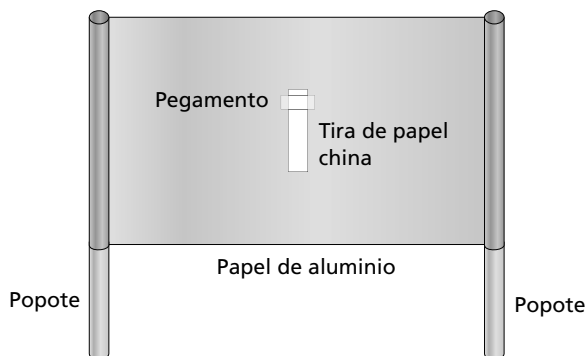
- Esta sonda de primera puede ser utilizada con éxito en las primeras prácticas de este manual.

## ■ Jaula de Faraday

### ■ Material necesario

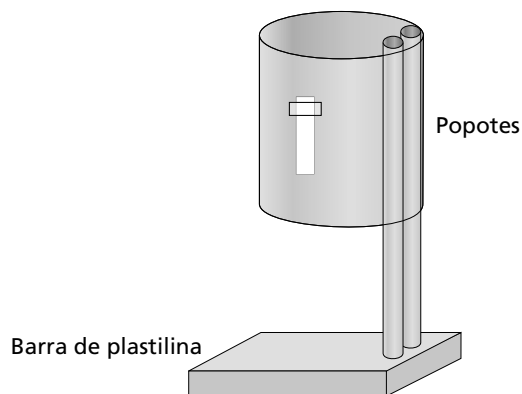
- Papel aluminio
- Tijeras
- Dos popotes
- Una barra de plastilina
- Dos broches latonados tipo alemán
- Papel china
- Cinta adhesiva

- Recorta un rectángulo de  $8 \times 25$  cm de papel aluminio.
- Pega un popote en cada uno de los extremos de 8 cm, como se muestra en la figura C.5.



**Figura C.5** ■ Pega los popotes en los extremos del rectángulo de papel aluminio.

- Recorta dos tiras de papel china de 0.5 cm de ancho y 2.5 cm de largo y pégalas en ambas caras del rectángulo de papel aluminio como se ilustra en la figura C.5. Sólo se debe pegar la parte superior de la tira de papel china.
- Ahora forma un cilindro aproximando un popote al otro como se muestra en la figura y móntalos en un bloque de plastilina con ayuda de los broches tipo alemán.



**Figura C.6** ■ Jaula de Faraday.

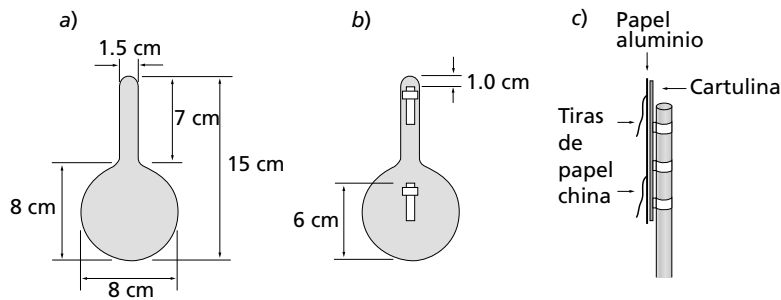
- Si se carga eléctricamente la superficie por contacto, la tirita (la de papel china) exterior se levanta un poco (es repelida) mientras que la tirita interna se mantiene en su posición (no se altera).

## Dispositivo para efecto de puntas

### Material necesario

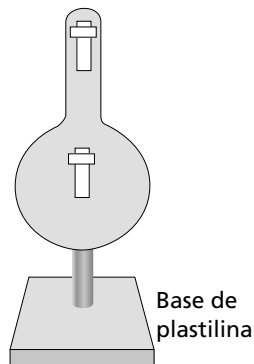
- Un popote
- Una barra de plastilina
- Un broche latonado tipo alemán, largo
- Cartulina
- Tijeras
- Papel china
- Pegamento
- Cinta adhesiva

- Recorta una cartulina con la forma que aparece en la figura C.7a.



**Figura C.7** ■ a) Forma de la cartulina recortada, b) colocación de las tiras de papel china, c) unión de la cartulina con el popote.

- Forra la cartulina recortada con papel aluminio por una de sus caras.
- Recorta dos tiras de papel china de 0.5 cm por 4 cm y pégalas sobre el papel aluminio como se ilustra en la figura C.7b.
- Pega el popote con cinta adhesiva a la cartulina recortada como se ilustra en la figura C.7c.
- Une el popote a la base de plastilina con ayuda del broche latonado como se ilustra en la figura C.8.



**Figura C.8** ■ Dispositivo para ilustrar el efecto de puntas.

6. Este dispositivo se puede utilizar para ilustrar como se distribuye la carga eléctrica en las puntas de los conductores.

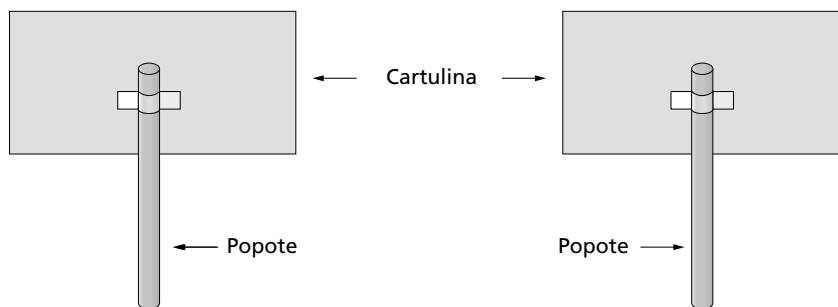
## ■ Superficies conductoras

### ■ Material necesario

- Papel aluminio
- Cartulina
- Tijeras
- Dos popotes
- Dos barras de plastilina
- Dos broches latonados tipo alemán
- Papel china
- Cinta adhesiva
- Regla

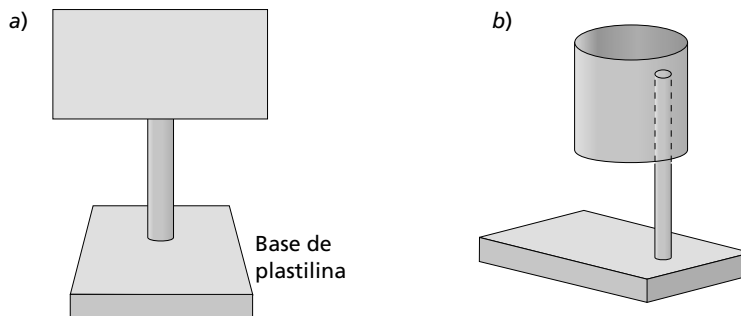
### ■ Procedimiento

1. Corta dos rectángulos de cartulina de  $12 \times 7$  cm y pégale un popote a cada cartulina como se ilustra en la figura C.9.



**Figura C.9** ■ Con la cinta adhesiva se pega el popote a los rectángulos de cartulina.

2. En la otra cara de cada una de las cartulinas pega el papel aluminio de manera que sean cubiertas completamente.
3. Con ayuda del broche latonado, monta uno de los rectángulos sobre una de las barras de plastilina.



**Figura C.10** ■ a) Superficie plana conductora, b) superficie cilíndrica conductora.



4. Este dispositivo (figura C.10a) puede ser utilizado para ilustrar la obtención de la carga por inducción, ya que al acercar un cuerpo cargado por un extremo mientras se toca con los dedos el otro extremo. Al retirar primero los dedos y después el cuerpo cargado, el rectángulo de aluminio queda cargado eléctricamente.
5. Enrolla el otro rectángulo sobre sí mismo para formar un cilindro y pégalo con lápiz adhesivo o móntalo con el broche latonado a la barra de plastilina como se ilustra en la figura C.10b.
6. El cilindro se puede utilizar para evidenciar la carga por contacto, así como la carga por inducción y en este último caso, para verificar que la carga que adquiere el cilindro es opuesta a la del cuerpo cargado eléctricamente que se acerca.

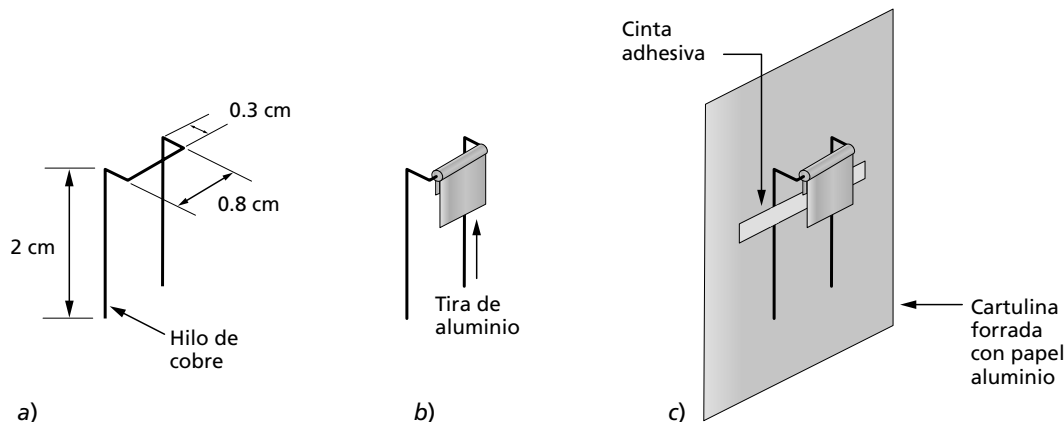
## Electroscopio

### Material necesario

- Papel aluminio
- Tijeras
- Una barra de plastilina
- Dos broches latonados tipo alemán
- Cartulina
- Cinta adhesiva
- Hilo de cobre
- Cartón

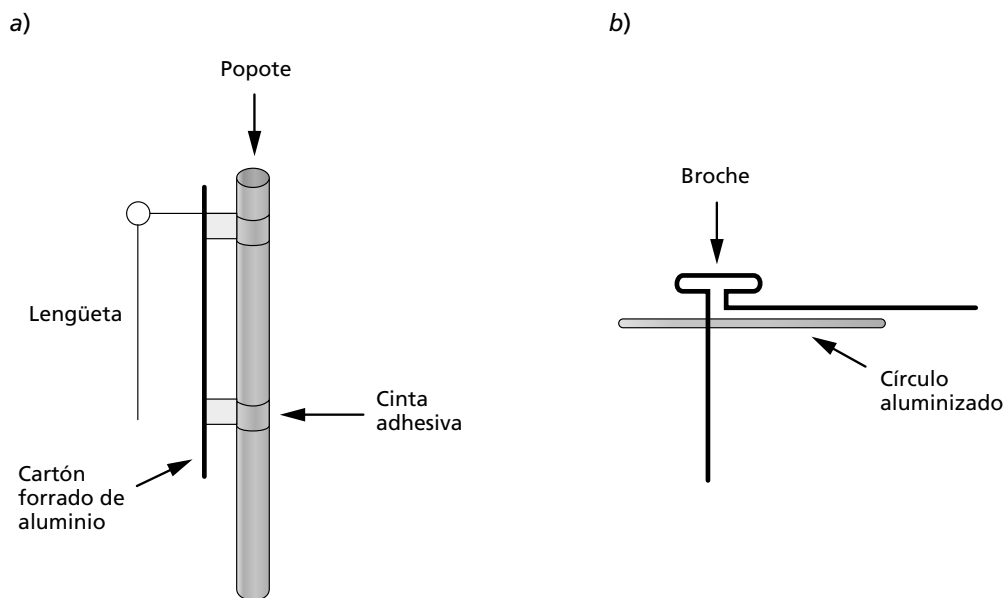
### Procedimiento

1. Corta un rectángulo de  $2 \times 8$  cm de cartón y con ayuda del pegamento cúbrelo con papel aluminio en ambas caras.
2. Con el hilo de cobre, fabrica un soporte como se indica en la figura C.11a.
3. Corta un rectángulo en papel aluminio de  $0.5 \times 8$  cm y colócalo sobre el popote como se indica en la figura C.11b. A este rectángulo de aluminio lo llamaremos lengüeta.
4. Este soporte junto con su lengüeta se fija en el rectángulo de aluminio con la ayuda de la cinta adhesiva (figura C.11c).



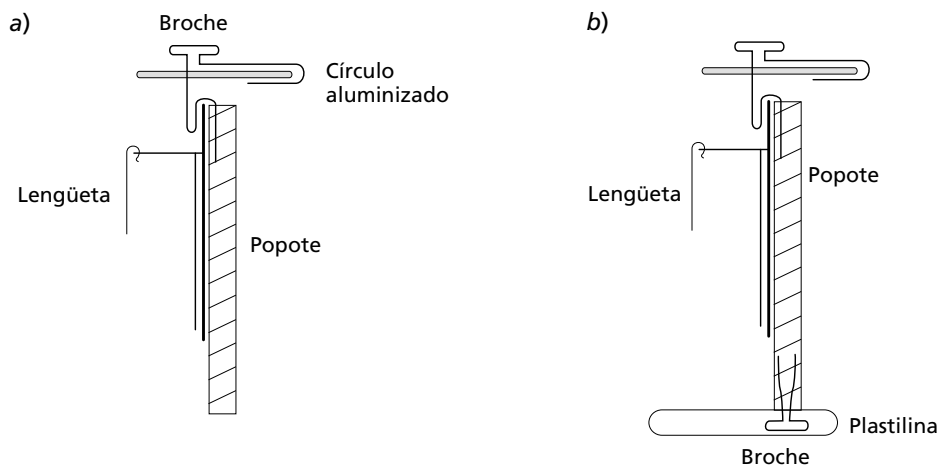
**Figura C.11** ■ a) Soporte de hilo de cobre, b) colocación de la tira de papel aluminio (lengüeta) sobre el soporte, c) fijación de la lengüeta sobre la cartulina forrada con papel aluminio.

5. En la cara contraria a donde se pegó el soporte de cobre, pega un popote con cinta adhesiva como se muestra en la figura C.12a.



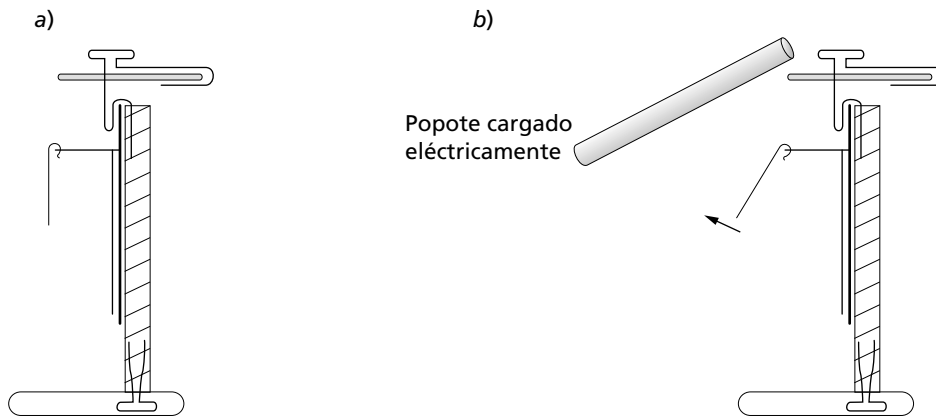
**Figura C.12** ■ a) Pegar el popote a la cartulina forrada de aluminio, b) al círculo forrado de aluminio, introducirle en su centro una de las patas del broche tipo alemán.

6. La parte superior del electroscopio se construye cortando un círculo de cartón de 4 cm de diámetro forrado por ambos lados con papel aluminio.
7. Dobla en un ángulo de 90° una de las patas del broche y la otra introdúcela en el disco aluminizado como se muestra en la figura C.12b.
8. Dobla las patitas del broche para ensamblarlo al popote como se muestra en la figura C.13a.



**Figura C.13** ■ a) El disco aluminizado se une al popote con el broche, b) electroscopio casero.

9. Con otro broche y un paralelepípedo de plastilina forma la base del electroscopio e intégrala a éste como se muestra en la figura C.13b.
10. Frota un popote con una bolsa de plástico y con la parte frotada toca el disco aluminizado y observa el comportamiento de la lengüeta del electroscopio (figura C.14).



**Figura C.14** ■ a) Electroscopio sin carga, b) la lengüeta cambia de posición en el electroscopio con carga eléctrica.

Con la elaboración del electroscopio concluimos con el equipo que permite realizar experimentos de *electrostática básica*. Una vez que uno se familiariza con este equipo, se pueden realizar más experimentos de los descritos en las primeras prácticas de este texto, así como diseñar nuevos dispositivos que ilustren las propiedades electrostáticas de la materia.





