

MEDICIONES ELÉCTRICAS CON EL MULTÍMETRO

OBJETIVOS

- Familiarizarse con el funcionamiento del multímetro.
- Aprender cómo usar el multímetro para medir corrientes, voltajes y resistencias.
- Estudiar el comportamiento de elementos lineales y no lineales.

MATERIALES

1. Tablero de medición.
2. Bombillo.
3. Resistencias.
4. Multímetro de aguja.
5. Multímetro digital.
6. Cables de conexión.
- 7 Fuente de poder AC y/o DC.

EL MULTÍMETRO

El multímetro es el instrumento más útil y versátil que se utiliza para las mediciones eléctricas, ya que combina la capacidad de medir voltajes, corrientes y resistencias en un solo instrumento.

En este laboratorio usaremos diferentes tipos de multímetros, algunos de tipo analógico y otros de tipo digital. Un multímetro usualmente posee varias perillas selectoras: una para seleccionar el *tipo de medida* (AC o DC), otra para la *función del instrumento*

(voltaje, corriente o resistencia) y otra para el *rango* (máximo valor que puede ser medido). Antes de utilizar el multímetro debes familiarizarte con los principios de su funcionamiento.

A. Amperímetro DC

El corazón del multímetro es un galvanómetro, instrumento que detecta la presencia de una pequeña corriente que pasa a su través. El tipo más común de galvanómetro se basa en la rotación de una bobina de alambre que transporta corriente en presencia del campo magnético de un imán. La desviación de una aguja en una escala es proporcional a la corriente que pasa por la bobina (*figura 1*).

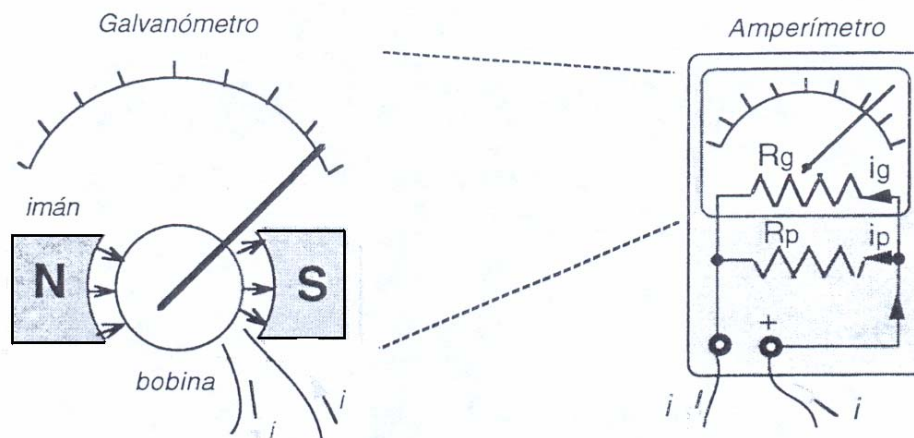


Fig. 1: Esquema de funcionamiento de un amperímetro

Cuando se desean medir corrientes muy pequeñas (menores de 1 mA), el galvanómetro se puede usar directamente como amperímetro. Para medir corrientes mayores, es necesario conectar una resistencia R_p , denominada *shunt*, en paralelo con el galvanómetro (cuya resistencia es R_g), como indica la figura 1.

En este caso la corriente total a medir es la suma: $i = i_p + i_g$, y por estar las resistencias en paralelo, el voltaje a través de ellas es el mismo, $V_p = V_g$, entonces:

$$i_p R_p = i_g R_g \quad \square \quad R_p = R_g \left(\frac{i_g}{i_p} \right)$$

Por ejemplo, supongamos que la resistencia de la bobina del galvanómetro es $R_g = 20\Omega$ y requiere de una corriente $i_g = 1 \text{ mA}$ para una máxima desviación de la aguja en la escala. Si se quiere extender el rango de las medidas en un factor 100, es decir, que la lectura máxima de la escala represente 100 mA, cuando por el galvanómetro esté pasando realmente $i_g = 1 \text{ mA}$, entonces la corriente en la resistencia en paralelo debe ser $i_p = 99 \text{ mA}$ y el valor de la resistencia a conectar en paralelo es:

$$R_p = R_g \left(\frac{i_g}{i_p} \right) = (20\Omega) \left(\frac{1\text{mA}}{99\text{mA}} \right) = 0,202\Omega$$

La perilla de *rango* del amperímetro es la que permite seleccionar la resistencia shunt R_p apropiada a la magnitud de la corriente que se desea medir.

La función del multímetro como amperímetro es la que requiere de mayor cuidado ya que presenta una resistencia interna muy pequeña. Por lo tanto, si se equivoca y lo conecta a través de puntos que tienen una diferencia de potencial (aun moderada), podría pasar una corriente grande que *dañaría el instrumento*. Esto significa que previamente hay que abrir o "cortar" el circuito e insertar el amperímetro entre los puntos de desconexión para que quede en serie con el elemento cuya corriente queremos determinar.

B. Voltímetro DC

Recordemos que lo que acciona la aguja del galvanómetro es la corriente que fluye; por lo tanto, como el voltaje es proporcional a la corriente ($V = i_g R_g$), en principio se podría usar como voltímetro. Desde luego, la resistencia R_g del galvanómetro es pequeña y para extender su rango de operación basta con agregarle una resistencia R_s en serie, como se ilustra en la figura 2.

El valor del voltaje a medir será entonces igual al producto de la corriente i por la resistencia total ($R_g + R_s$).

$$V = i(R_g + R_s)$$

Por ejemplo, si la corriente para máxima deflexión del galvanómetro es $i = 1 \text{ mA}$ y su resistencia es $R_g = 20 \Omega$, para que el voltímetro mida en la escala de 0 - 25 voltios, el valor de la resistencia total debe ser:

$$R_s + R_g = \frac{25 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 25 \text{ k}\Omega$$

Observe que como la resistencia R_g del galvanómetro es muy pequeña puede despreciarse y la resistencia en serie debe tener un valor $R_s = 25 \text{ k}\Omega$.

Un voltímetro debe tener una resistencia sumamente elevada para que sea mínima su influencia en el circuito. En la práctica el voltímetro, por estar en paralelo, reduce la resistencia entre los puntos a medir, "sangrando" corriente del circuito.

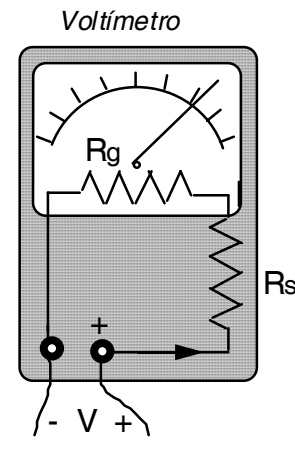


Fig. 2: Esquema de un voltímetro

Una de las cualidades importantes de un voltímetro es el número de ohmios por voltio y generalmente se encuentra prescrito en el aparato. Por ejemplo, el multímetro Simpson modelo 260, cuando se usa para medir voltios DC, tiene una sensibilidad de 20 000 Ω /voltio en el rango de 25 voltios, esto significa que su resistencia interna es:

$$(20\,000\,\Omega/\text{voltio})(25\,\text{voltios}) = 500\,\text{k}\Omega$$

C. El ohmmímetro

Las medidas de resistencia requieren que el instrumento tenga su propia fuente de alimentación internamente. El ohmmímetro está constituido básicamente de una pila, un galvanómetro y una resistencia R_s en serie mediante la cual se selecciona el rango a medir. El elemento cuya resistencia R_x se desconoce completa el circuito (ver la figura 3).

Generalmente se incorpora una resistencia adicional variable, R_{adj} , para el ajuste del cero, es decir, para que la aguja del galvanómetro acuse la máxima deflexión cuando sus terminales están en contacto (cortocircuito).

En este caso, el *máximo de la escala corresponde al cero de resistencia*. La corriente máxima está relacionada con el voltaje E de la pila por:

$$i_{\max}(R_g + R_{adj} + R_s) = E$$

Por otra parte, cuando los terminales del ohmmímetro se unen mediante una resistencia incógnita R_x , la corriente es *menor* y se tiene:

$$iR_x + i(R_s + R_g + R_{adj}) = E$$

Combinando estas dos expresiones se obtiene el valor de la resistencia incógnita:

$$R_x = \left(\frac{i_{\max}}{i} - 1\right)(R_s + R_g + R_{adj})$$

Observe que a mayor resistencia R_x , menor será la deflexión de la aguja.

Es importante recordar que no se debe usar el ohmmímetro cuando el circuito está "caliente", es decir, en estado activado. Recuerde que el medidor tiene su propia pila y cualquier otro voltaje externo invalidaría la medición y además se podría dañar el

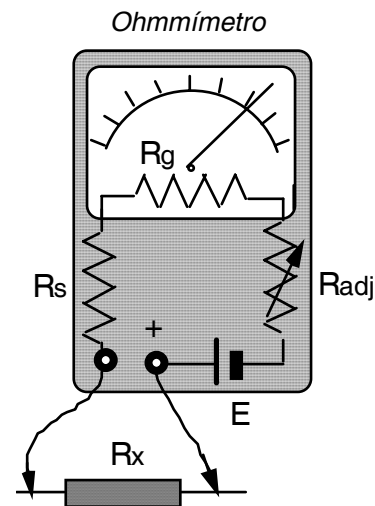


Fig. 3: Esquema de un ohmmímetro

instrumento. *Observe también que como el ohmmetro envía corriente al elemento a medir, no deben usarse en elementos delicados, tales como ciertos dispositivos semiconductores, con los cuales se corre el riesgo de dañarlos.*

D. Medición de corriente y voltajes alternos

Hasta ahora hemos considerado el galvanómetro de bobina móvil cuyo funcionamiento depende de la unidireccionalidad de la corriente (corriente directa o DC). ¿Qué sucedería si por el galvanómetro pasara una *corriente alterna* (o AC)? En este caso la corriente cambia continuamente de dirección y, debido a la inercia, la aguja no puede seguir los rápidos cambios de polaridad. Esta situación se resuelve al incorporarle al multímetro un circuito con diodos rectificadores, cuya función es hacer que la corriente fluya en una sola dirección.

En este caso la corriente unidireccional resultante produce una deflexión en la escala, la cual usualmente se calibra para que indique el *valor eficaz* (o *rms*) de la corriente alterna. Recordemos que el valor eficaz, I_{rms} , es igual al valor máximo dividido por $\sqrt{2}$. Por ejemplo, cuando decimos que la toma de corriente eléctrica doméstica es de 120 voltios nos referimos al voltaje rms o eficaz. Este voltaje alterno tiene un valor máximo de $120 \times \sqrt{2} = 170$ voltios.

E. Multímetros digitales

Los multímetros digitales usan circuitos basados en componentes semiconductores y tienen una pantalla de cristal líquido. Algunos no tienen conmutadores de rango y éste es seleccionado por el instrumento en forma automática.

Los voltímetros digitales poseen la ventaja de tener una resistencia interna elevada ($\geq 10\text{ M}\Omega$), de aquí que introduzcan un menor efecto sobre el circuito bajo medición que aquellos multímetros de bobina móvil convencionales.

ACTIVIDADES PRELIMINARES

Resuelva los siguientes problemas:

1. Diseño de un voltímetro: Un galvanómetro de resistencia $R_g = 100\ \Omega$ da una lectura máxima cuando la corriente es 0,1 mA y ha de utilizarse como voltímetro con escalas máximas de 1 V, 10 V y 100 V, como indica la figura 4. Determine los valores de las resistencias R_A , R_B y R_C .

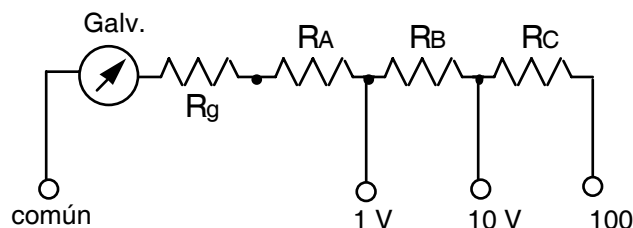


Fig. 4: Voltímetro de tres escalas

2. Diseño de un amperímetro: Se tiene un galvanómetro de resistencia $R_g = 25 \, \Omega$ que da una lectura máxima cuando la corriente es 0,1 mA y ha de utilizarse como amperímetro con escalas máximas de 0,1 A, 1 A y 10 A, como indica la figura 5.

Determine los valores de las resistencias R_A , R_B y R_C .

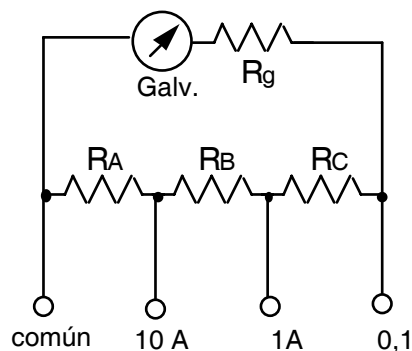


Fig. 5: Amperímetro de tres escalas

3. Corrección en la medición de resistencias: Se desea medir una resistencia incógnita mediante mediciones de voltaje y de corriente usando un voltímetro de resistencia R_v y un amperímetro de resistencia R_A . Para ello se dan las siguientes dos opciones, (a) y (b), de montaje del circuito:

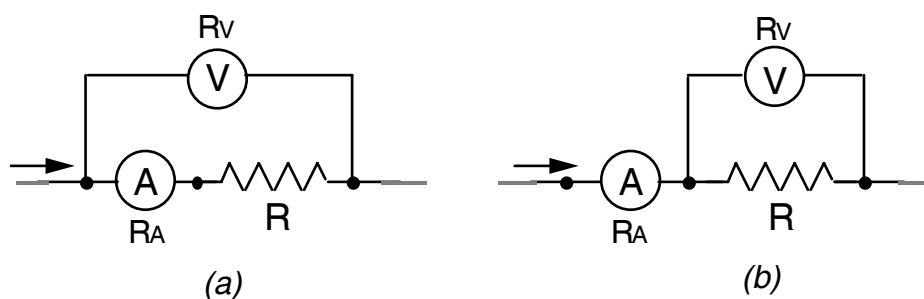


Fig. 6: Dos métodos para medir una resistencia

En cada caso, si V e i son las lecturas respectivas del voltímetro y del amperímetro, el valor *aparente* de la resistencia a medir sería V/i .

a) Demuestre que, cuando se conectan como en el *circuito (a)*, el *valor verdadero* de la resistencia a medir viene dado por:

$$R = \left(\frac{V}{i} - R_A \right)$$

b) Demuestre que, cuando se conectan como en el *circuito (b)*, el valor verdadero de la resistencia a medir viene dado por:

$$R = \frac{V}{i - V/R_V}$$

Note que $R \neq (V/I)$ en el caso (a) cuando $R_A \neq 0$, y en el caso (b) cuando $R_V \neq \infty$

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A. Medición de resistencias

Antes de usar el multímetro para medir resistencias deben tenerse presente ciertas precauciones:

- 1) Desconecte la energía del circuito bajo prueba. Recuerde que el medidor tiene una pila que suministra su alimentación internamente y cualquier otro voltaje externo invalidaría la medición y además podría dañar el instrumento.



**NUNCA CONECTE UN OHMMÍMETRO A UN CIRCUITO DONDE HAYA
VOLTAJES PRESENTES. EL INSTRUMENTO PUEDE DAÑARSE**

- 2) Si alguna parte del circuito queda en paralelo con el elemento cuya resistencia es la incógnita, la medición sería errónea ya que lo que realmente indicará el instrumento es la resistencia equivalente de la combinación paralela y no la resistencia del elemento en sí. Se recomienda desconectar el elemento antes de medirlo a fin de evitar indicaciones falsas.

A1. Inserte los cables de medición del multímetro: el cable negro en el receptáculo (-) común, y el cable rojo en el receptáculo (+).

A2. Ponga la perilla de funciones en $-DC$ o $+DC$ y, con la perilla de rango, seleccione el rango apropiado de la escala de resistencias de acuerdo a los multiplicadores: $Rx1$, $Rx100$ o $Rx10000$, que dé el menor error relativo.

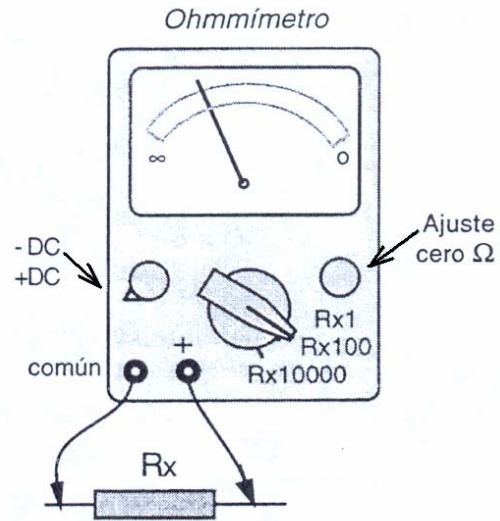


Fig. 7: Medición de una resistencia

A3. Ajuste el cero del medidor. Para ello junte las puntas de prueba y de vuelta a la perilla de "ZERO OHMS" hasta que la aguja indique cero. El ajuste de cero debe repetirse cada vez que se cambie de rango.

A4. Mida por separado las resistencias individuales en el tablero R_A y R_B .

A5. Mida la resistencia equivalente de la combinación *serie* de R_A y R_B .

A6. Mida la resistencia equivalente de la combinación *paralelo* de R_A y R_B .

R_A (Ω)	R_B (Ω)	R_A, R_B serie	R_A, R_B paralelo
.....			

A7. Tomando en cuenta los errores en las mediciones, compare los valores medidos de las combinaciones serie y paralelo con las predicciones teóricas de las resistencias equivalentes.

B. Medición de voltajes alternos

Procederemos a medir voltajes alternos en un *transformador*. Recordemos que un transformador es un dispositivo que tiene aplicaciones prácticas muy importantes ya que permite elevar o reducir un voltaje alterno. Consta de dos bobinas de alambre

enrolladas sobre el mismo núcleo de hierro, pero aisladas entre sí. Una bobina conectada a la fuente de fem se llama primario; la otra conectada a la carga de consumo se llama secundario.

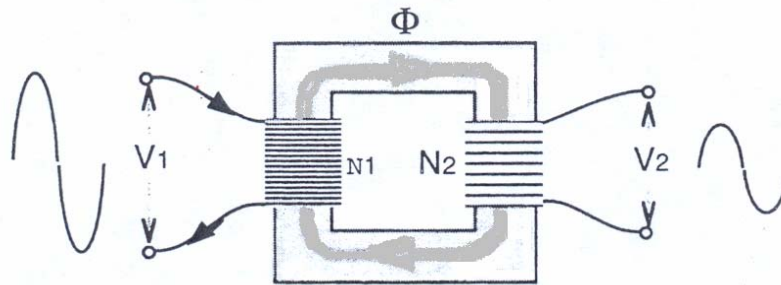


Fig. 8: Transformador de voltajes

La corriente alterna en el primario produce un flujo de campo magnético variable Φ en el núcleo, generándose una fuerza electromotriz V_1 en el primario, y V_2 en el secundario, respectivamente:

$$V_1 = - N_1 \left(\frac{d\Phi}{dt} \right), \quad V_2 = - N_2 \left(\frac{d\Phi}{dt} \right)$$

De modo que la relación del voltaje secundario al primario, (V_2/V_1) , está determinada por la relación del número de vueltas (N_2/N_1) en las bobinas.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

B1. Proceda a conectar la salida AC (0 - 22 V) de la fuente de poder al primario del transformador. Previamente gire hacia la izquierda la perilla de la fuente para salida mínima.

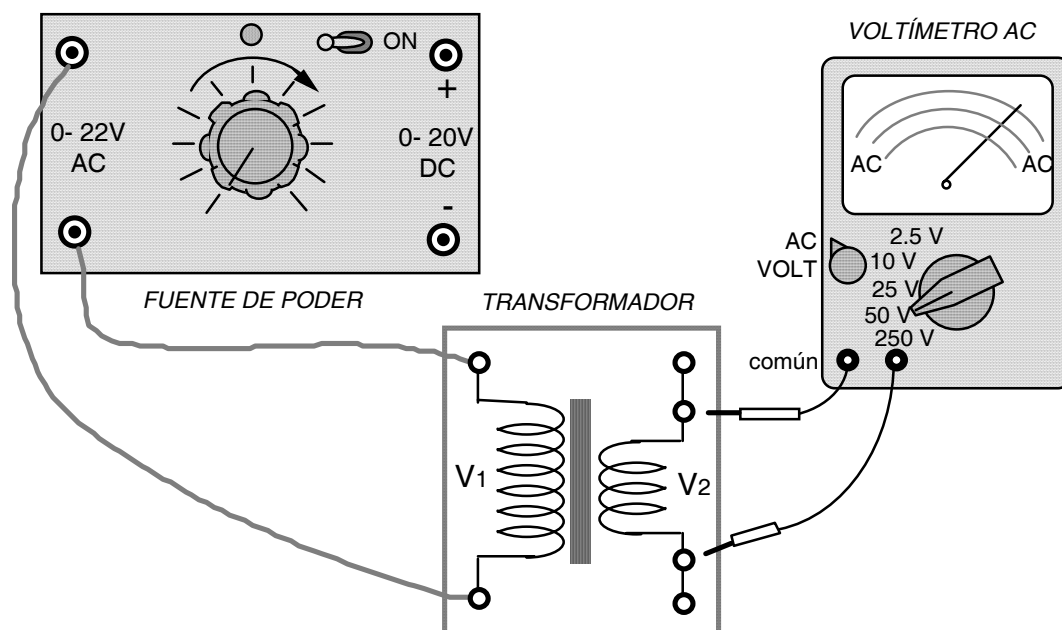


Fig. 9: Medición de voltajes alternos

- B2.** Coloque la perilla de funciones del multímetro en la posición *AC VOLTS*. Inicialmente coloque la perilla de rango en la escala más alta y luego baje hasta obtener la mayor sensibilidad posible.
- B3.** Mida los voltajes del primario V_1 y la del secundario V_2 para tres diferentes voltajes de salida de la fuente (1/2, 2/3 y máximo de la perilla).
- B4.** A partir de la relación del voltajes determine la relación (N_2/N_1) del número de vueltas de las bobinas.

C. Medición de corrientes y voltajes DC

Para un gran número de conductores el valor de la resistencia permanece constante, independientemente del valor del voltaje que se le aplique, es decir, $V/i = \text{constante}$. Este comportamiento lineal entre V e i se conoce como la ley de Ohm y los conductores que la obedecen reciben el nombre de *conductores óhmicos*.

Por otra parte, existen materiales para los cuales, al variar el voltaje aplicado, se modifica el valor de su resistencia y se dice que son conductores no óhmicos. Observe que la relación $V/i = R$ es válida independientemente de que el conductor obedezca o no la ley de Ohm. En el caso de un *conductor no óhmico*, el valor de R variará según sea el voltaje aplicado, y la gráfica de i vs V no será una línea recta.

A continuación procederemos a medir la corriente directa (DC) en función del voltaje para dos conductores: uno que obedece la ley de Ohm (resistencia R_A) y otro que no la cumple (un bombillo).

- C1.** Ponga la perilla de función del multímetro en *+DC*, y la perilla de rango de *CORRIENTE DC* en la escala más alta.
- C2.** Inserte los cables de medición del multímetro: el cable negro en el receptáculo (-) común, y el cable rojo en el receptáculo (+).
- C3.** Con la fuente de poder apagada, monte el circuito de medición que se muestra en la figura, conectando la salida *DC* de la fuente al elemento a medir, e intercalando el amperímetro en serie. El cable rojo del multímetro debe ir al lado positivo y el negro al lado negativo.



**EL AMPERÍMETRO SIEMPRE DEBE CONECTARSE "EN SERIE" CON EL
ELEMENTO CUYA CORRIENTE SE DESEA MEDIR.
¡SI SE EQUIVOCA EL INSTRUMENTO PUEDE DAÑARSE!**

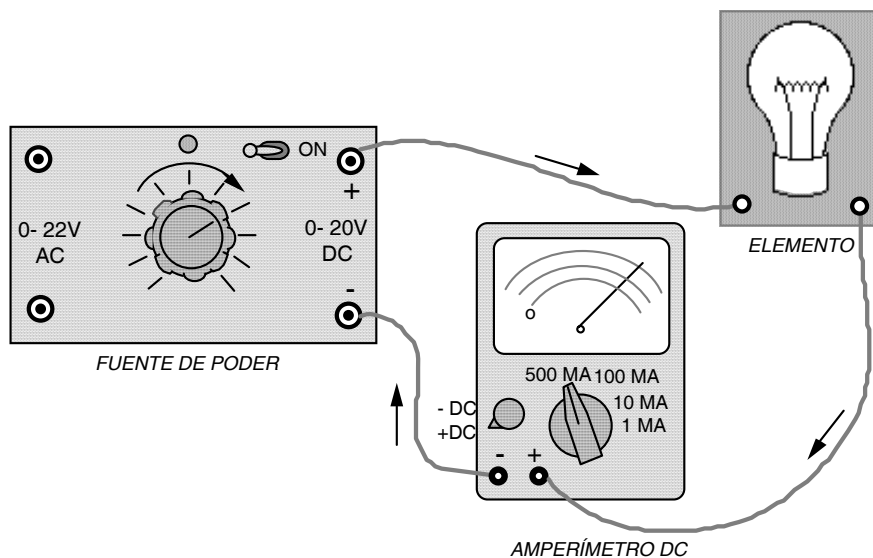


Fig. 9: Conexión del amperímetro en serie con la fuente y con el bombillo

- C4.** Una vez montado el circuito anterior conecte el multímetro digital en paralelo con el bombillo, para medir *voltajes DC*. Ponga previamente la perilla selectora del multímetro en DCV comenzando con la escala más alta. El cable rojo de medición ($V-\Omega$) va al terminal (+) y el negro (común) al terminal (-).
- C5.** Proceda a medir la corriente en función del *voltaje DC* entre 0 y 20 voltios DC, primero para el elemento lineal y luego para el bombillo (elemento no-lineal).

V (volt)	1	2	3	4	5		20
i (mA)							
	.	.	.	.	.		.

- C6.** En el computador haga las gráficas correspondientes de i vs V .

a) Para el elemento lineal, de la gráfica i vs V obtenga el valor de la resistencia a partir de la pendiente de la recta.

b) Para el elemento no lineal, ¿es la gráfica i vs V una línea recta?

Si conociéramos la naturaleza del fenómeno físico que está determinando la conductividad del material a medida que se calienta, podríamos intentar un ajuste a la función teórica que la describe y así determinar los parámetros físicos pertinentes. Sin embargo, en este caso usaremos la data que obtuvimos para generar una *función empírica* con base en el ajuste a funciones matemáticas conocidas.

Reporte sus resultados con base en dos diferentes ajustes:

i) a un polinomio de tercer grado

ii) a una ley de potencia: $i = A V^B$

Para esta última haga la gráfica linearizada $\log i$ vs $\log V$ y determine las constantes A y B. Alternativamente puede usar el programa Excel para hacer directamente el ajuste a la función potencial.

¿Cuál de las dos funciones provee un mejor ajuste de la data experimental?

PREGUNTAS

1. Explique brevemente por qué la resistencia interna de un voltímetro debe ser muy grande, mientras que la resistencia interna de un amperímetro debe ser muy pequeña.
2. En la escala de ohmios del multímetro, ¿cuál zona es más precisa: la mitad derecha o la mitad izquierda?
3. ¿Por qué, cuando un multímetro no está en uso, nunca debe dejarse la perilla selectora en los rangos de resistencias?
4. A partir de la relación del número de vueltas (N_2/N_1) que se ha determinado para el transformador, ¿cuál sería el voltaje V_1 en el primario si se aplicara al secundario 20 voltios AC?
¿Cuál sería el voltaje V_2 del secundario si se aplicara al primario 20 voltios DC?
5. Un estudiante decide instalar el alumbrado de su casa y se equivoca conectando dos lámparas *en serie* a la red de 120 V. Si uno de los bombillos es de 25 W y el otro de 60 W, ¿cuál brillará más?
(a) el de 25 W, (b) el de 60 W, (c) brillarán igual.

REFERENCIAS

1. D. Halliday, R. Resnick y K. Krane, *Física*, Vol. 2, Caps. 32, 33, Ed. Continental (1995).
2. R. M. Eisberg y L. S. Lerner, *Física*, Vol. 2, Cap. 22, Mc. Graw-Hill (1984).
3. R. A. Serway, *Física*, Tomo. 2, tercera edición, Caps. 27,28, Mc. Graw-Hill (1992).
4. P. A. Tipler, *Física*, Tomo. 2, segunda edición, Cap. 25, Editorial Reverté (1985).