

Parte IV

Electricidad

Capítulo 7

Instrumentos básicos de Electricidad

Foto: Fuentes de poder

Durante el desarrollo de la materia Física 21 se señaló que la condición fundamental para obtener un flujo de cargas eléctricas entre dos puntos del espacio es *la existencia de una diferencia de potencial entre esos puntos*.

Además se estableció que, la intensidad de corriente, o cantidad de carga eléctrica en cada punto que atraviesa una sección transversal del conductor, depende directamente de esa diferencia de potencial e inversamente de la resistencia del conductor que existe entre esos dos puntos.

7.1. Fuentes de Poder

La diferencia de potencial eléctrico necesaria para tener una corriente eléctrica se logra en el laboratorio mediante el uso de ciertos aparatos cuya denominación técnica es *fuente de poder*. Una fuente de poder puede ser, en algunos casos, una simple batería o *pila seca*. En otros casos será un aparato que, estando conectado mediante un tomacorriente a la red de distribución urbana de electricidad, es capaz de suministrar un cierto rango de *voltajes* o diferencias de potencial. En ciertos casos, una misma fuente de poder puede suministrar voltajes cuyos valores sean constantes con respecto al tiempo, o bien variables con respecto al mismo. En el primer caso se obtiene corrientes eléctricas cuyos respectivos valores son constantes con respecto al tiempo, y en el segundo caso tendremos corrientes cuyos valores no son constantes en el tiempo pero que, al igual que los voltajes que las originan, varian de una forma bien determinada. A las primeras se les denomi-

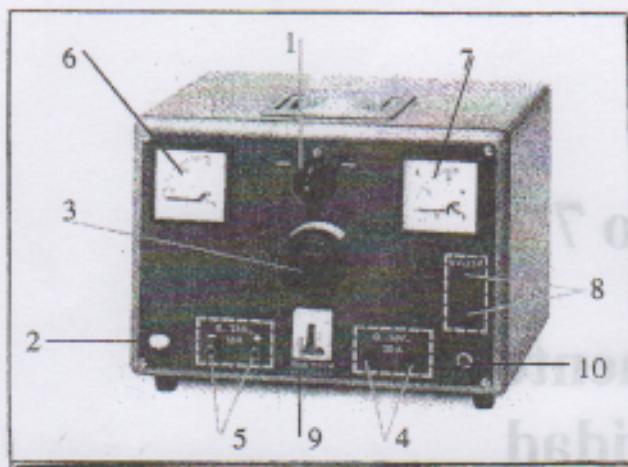


Figura 7.1: Fuente de poder

na *corrientes directas o continuas* (DC, en inglés Direct Current), y a la segundas *corrientes alternas* (AC, en inglés Alternate Current).

Esquemáticamente, una fuente de poder de corriente continua DC se representa por el símbolo $\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}$ y una de corriente alterna por el símbolo \sim .

La fuente de poder más simple que emplearemos será una batería electroquímica o pila seca. Esta genera sólo corriente directa o continua y la diferencia de potencial entre sus bornes es generalmente de 1,5 Volts. Al utilizar esta batería es conveniente respetar la polaridad; en el extremo superior de la batería o pila, el terminal que está en el borde es el negativo, en tanto que el central es el positivo.

Aparte de ésta, utilizaremos también como fuentes de poder ciertos aparatos que se alimentan o se conectan a la red de distribución urbana de electricidad. Mediante dispositivos internos estos aparatos transforman esta corriente alterna, obteniéndose en sus diferentes terminales de salida, corrientes tanto alternas como continuas. Mediante indicadores y perillas se puede escoger el tipo y el valor de la corriente que se desea.

Las fuentes que utilizaremos en el laboratorio tienen forma de cajas cúbicas o de sección rectangular (ver figura 7.1). En la cara frontal aparecen los mencionados indicadores (voltímetros (6) o amperímetros (7)) y las perillas ((1) selector del tipo de corriente; (3) perilla para ajustar el valor de voltaje). En algunas, los indicadores son remplazados por una escala en torno a las perillas. Además de ésto, están los diferentes terminales de salida: los que suministran corriente directa (5) indican la polaridad de cada terminal mediante el color del mismo, que generalmente es rojo para el terminal positivo y negro para el terminal negativo; o bien,

en algunos casos la polaridad de cada terminal se indica directamente mediante un signo más (+) o un signo menos (-). Debajo de cada par de terminales se indica el valor (el rango de valores) de voltaje o de corriente directa que suministran. En los terminales que suministran corriente alterna (4) y (8) aparece, junto a cada par de terminales, el valor (o valores) de voltaje alterno que suministran. Además de ese valor aparece el signo \sim que indica que se trata de corriente alterna. Estos terminales, son ambos, del mismo color. Nuestra fuente de la figura 1, presenta además un interruptor (9) (en inglés Switch) para encenderla o apagarla, un bombillo pequeño (2) que indica cuando está encendida y un fusible de protección (10).

Con el nombre de *circuito eléctrico* designamos la trayectoria completa seguida por la corriente eléctrica. En esta trayectoria no sólo se considera el conjunto de caminos que sigue la corriente eléctrica, desde que sale de uno de los terminales de la fuente de poder hasta que regresa al otro, sino también el paso de la corriente a través de la fuente de poder; de esta forma la trayectoria es cerrada. Cuando la trayectoria que sigue la corriente es única, hablamos de un *circuito en serie*; mientras que cuando dentro de un circuito encontramos que hay más de un camino para la corriente, decimos que se trata de un *circuito en paralelo*. En general, los circuitos eléctricos que utilizaremos serán una combinación de estos dos tipos de circuito. Algunas veces encontrará expresiones tales como: *abra el circuito* o *cierre el circuito*. La primera se refiere a que debe interrumpir la continuidad de la trayectoria seguida por la corriente; mientras que la segunda se refiere a que debe establecer dicha continuidad. Ambas cosas se realizan en el laboratorio mediante la intercalación en el circuito en cuestión de los llamados *interruptores*.

7.2. Resistencias

Son elementos que usualmente encontramos intercalados en los diferentes circuitos con la finalidad de limitar el paso de la corriente que circula por ellos y lograr cierta diferencia de potencial en las extremos de los mismos.

Las resistencias pueden ser de valor fijo, como la mostrada en la figura 7.2, o pueden ser variables como los reóstatos y las cajas decádicas de resistencias.

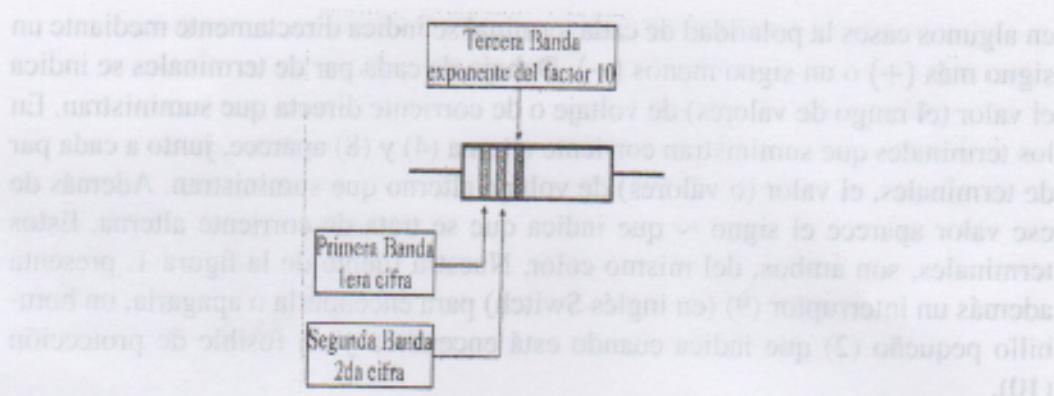


Figura 7.2: Resistencia

7.2.1. Resistencias utilizadas en el laboratorio

Resistencia de carbón

Está constituida por una barrita cilíndrica de material resistente, el cual puede ser carbón o una mezcla de grafito pulverizado con resinas sintéticas. De los extremos de dicha barrita salen los respectivos conductores que permiten conectarla a un circuito dado.

El valor de esta resistencia viene dado por un código de bandas de color; dichas bandas están impresas sobre la resistencia, como se muestra en las figuras 7.2, 7.3 y 7.4.

El orden de lectura es desde un extremo al centro. Las dos primeras bandas tienen cada una un valor entero comprendido entre 0 y 9, dependiendo de su color. En la Tabla 1 aparece el valor numérico de cada color. La tercera banda indica, también por su color, el valor del exponente de la potencia de diez 10 que multiplica al número formado por los valores anteriores. El valor de este exponente también se indica en la tabla mencionada. La cuarta banda puede ser plateada, dorada o no existe y en cada uno de estos casos indica un cierto *error porcentual* o *tolerancia* en el valor de la resistencia: el valor de la resistencia no es exactamente el dado por las tres primeras bandas, ya que la cuarta banda indica un máximo de variación de dicho valor, tanto por encima como por debajo del mismo.

Hay algunas resistencias que presentan bandas adicionales, las cuales tienen significados diferentes, tales como: tiempo de vida media, variación de la resistencia con la temperatura, etc.

Tabla 7: Código o sistema de colores para la identificación de los componentes.

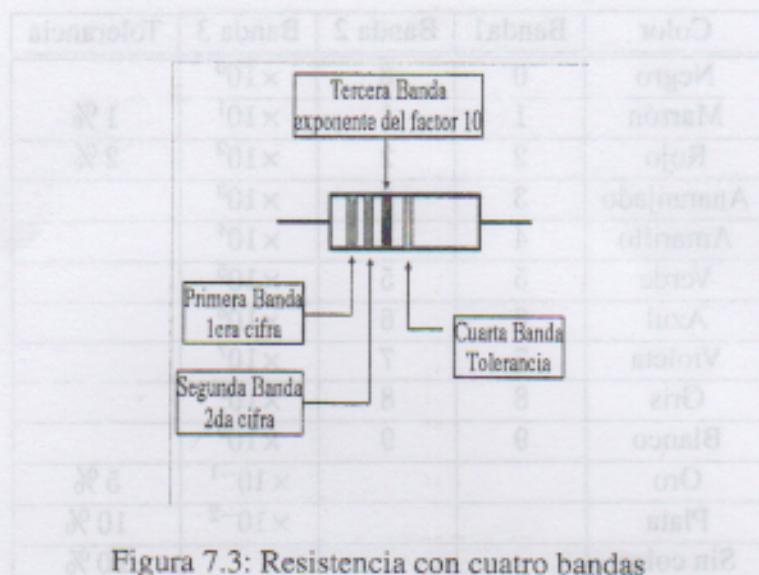


Figura 7.3: Resistencia con cuatro bandas

Los componentes que se tratan más detalladamente en este capítulo, como resistencias de cerámica, tienen bandas de colores que indican su valor resistivo, su tolerancia y su código de color para la lectura de la resistencia.

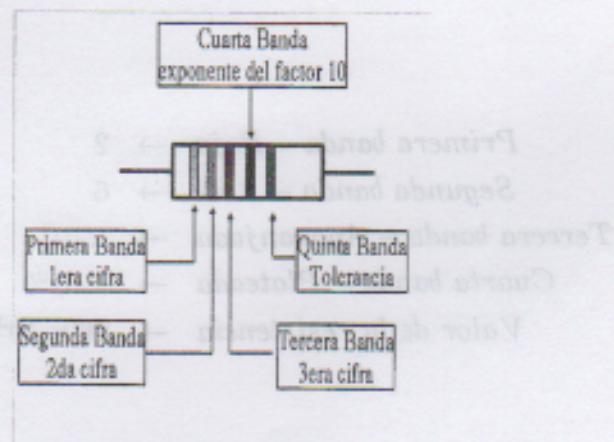


Figura 7.4: Resistencia con cinco bandas

$$\Omega \times (\text{1} \pm \%) = \Omega^{\text{01}} \times (\text{0} \pm \%) = R$$

Tabla 1: Código o patrón de colores para las resistencias de carbón

Color	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Tolerancia
Negro	0	0	$\times 10^0$	
Marrón	1	1	$\times 10^1$	1 %
Rojo	2	2	$\times 10^2$	2 %
Anaranjado	3	3	$\times 10^3$	
Amarillo	4	4	$\times 10^4$	
Verde	5	5	$\times 10^5$	
Azul	6	6	$\times 10^6$	
Violeta	7	7	$\times 10^7$	
Gris	8	8	$\times 10^8$	
Blanco	9	9	$\times 10^9$	
Oro			$\times 10^{-1}$	5 %
Plata			$\times 10^{-2}$	10 %
Sin color				20 %

Ejemplo:

Supongamos que se tiene una resistencia de carbón, cuyas bandas de colores son: la primera roja, la segunda azul, la tercera anaranjada y la cuarta plateada. ¿Cuál es su valor de resistencia?

$$\begin{aligned}
 \text{Primera banda - Roja} &\rightarrow 2 \\
 \text{Segunda banda - Azul} &\rightarrow 6 \\
 \text{Tercera banda - Anaranjada} &\rightarrow \times 10^3 \\
 \text{Cuarta banda - Plateada} &\rightarrow \pm 10\%
 \end{aligned}$$

Resistencia

$$\text{Valor de la resistencia} \rightarrow 26 \times 10^3 \Omega \pm 10\%$$

El valor de la resistencia es:

$$R = (26 \pm 3) \times 10^3 \Omega = (26 \pm 3) K\Omega$$

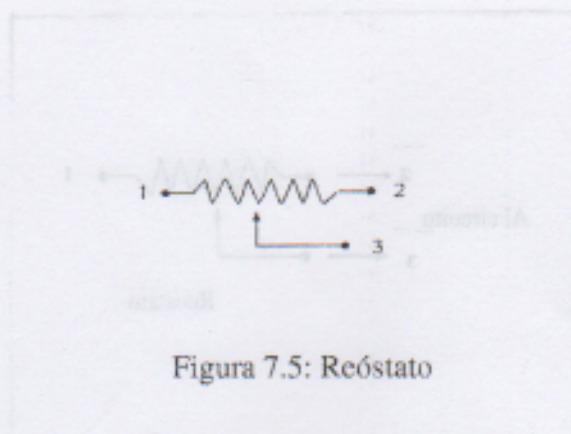
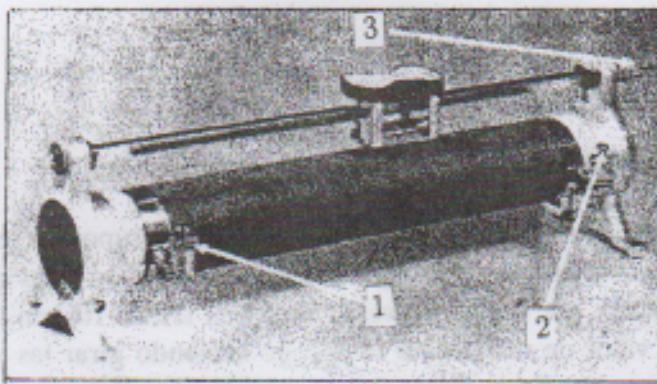


Figura 7.5: Reóstato

Reóstato



Los reóstatos son resistencias variables que están constituidas por un conductor arrollado sobre un núcleo de cerámica u otro material aislante, sobre el cual puede deslizarse un contacto móvil. Su representación gráfica es la siguiente, ver figura 7.5:

El contacto móvil 3, según su posición, permite hacer que la corriente circule por un número mayor o menor de espiras del conductor arrollado, permitiendo así aumentar o disminuir la resistencia. El valor máximo de resistencia del aparato, así como la intensidad máxima de corriente que puede circular por el mismo, son las características fundamentales de este dispositivo.

Si el aparato está incorporado al circuito sólo a través del terminal 1 o del terminal 2 y del terminal 3 (ver figura 7.6), tenemos una *resistencia variable*; si en cambio los terminales 1 y 2 están conectados a la fuente de poder y el terminal 3 y uno de los terminales 1 ó 2 al circuito, tenemos entonces un *potenciómetro*, ver

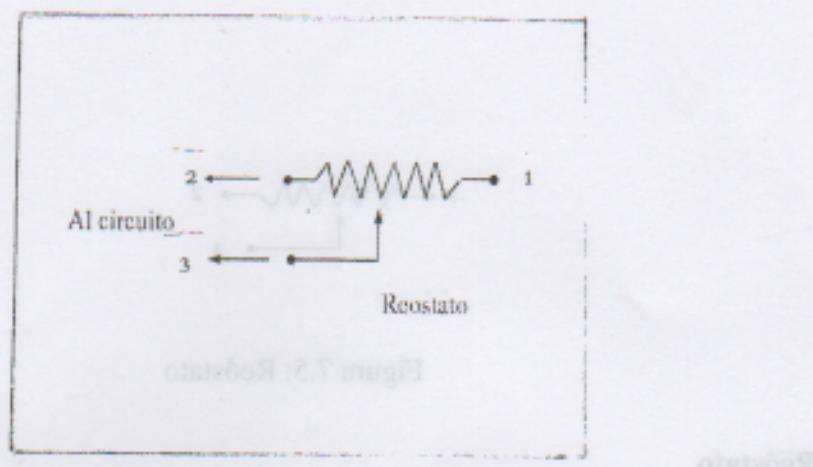


Figura 7.6: Resistencia variable

figura 7.7.

Caja decádica de resistencias

Muchas veces es necesario en los circuitos, utilizar grupos de resistencias en serie, es por ello que se emplean las cajas decádicas. Estas son cajas que contienen grupos de resistencias, que se pueden variar de 1Ω en 1Ω , de 10Ω en 10Ω , de 100Ω en 100Ω , etc. El valor de resistencia se escoge haciendo girar las perillas hasta las posiciones deseadas. En la figura 7.8 se muestra una típica caja decádica de resistencias.

Para mostrar como se utiliza la caja decádica de resistencias, veamos un ejemplo. Supongamos que todas las perillas de la caja están colocadas en cero, y que giramos la primera perilla (inferior-derecha) hasta la posición 8; como podemos ver, debajo de la perilla hay una inscripción que nos indica el factor ($\times 1$) por el que hay que multiplicar el valor leído en la perilla (en este caso 8). Así pues la lectura es:

$$8 \times 1\Omega = 8,0\Omega$$

Volvamos a poner la perilla uno en cero y ahora giramos la perilla 6 (superior-izquierda) hasta la posición 4, debajo podemos ver que el factor esta vez es $\times 100K$.

$$4 \times 100K\Omega = 400K\Omega$$

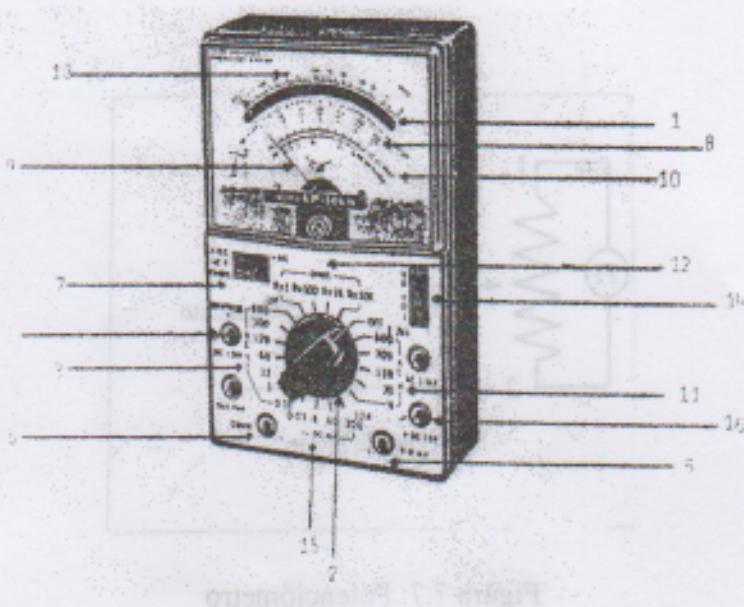


Figura 7.9: Multímetro

En general, se puede mover más de una perilla de la caja decádica y escoger así el valor de resistencia que se necesita, simplemente sumando los valores de resistencia indicados en cada perilla.

Por lo tanto estas cajas nos permiten, en principio, conseguir distintos valores de resistencia sin introducir ningún cambio o aparato en el circuito, simplemente moviendo las perillas. Con el reóstato variamos también la resistencia pero sin saber directamente qué valor, salvo su valor máximo que es el único que conocemos.

7.3. Multímetro

El multímetro es un instrumento de medida múltiple que nos permite medir diferencias de potencial (voltajes) en voltios, resistencias en ohms (Ω) y corrientes en (miliamperios). La figura 7.9 nos muestra un modelo de multímetro el (EP-SOLN). Actualmente, hay una gran gama de estos aparatos que va desde los modelos analógicos (con aguja como el de la figura 7.9) hasta los digitales, con rangos de medidas variables y cuyo precio varía de acuerdo a la precisión que se quiera en las mediciones.

En los modelos analógicos la escala tiene un espejo (1) y debe tratarse que

tanto la aguja como su imagen en el espejo coincidan al hacer la lectura, esto con el fin de evitar errores de paralaje.

7.3.1. Medida de Voltajes en corriente continua (*DCV*)

Ponga el selector (2) en la escala adecuada, señalada en la posición izquierda como *DCV* (3). Empiece siempre en la escala más alta si no tiene conocimiento aproximado del voltaje a medir. En el multímetro de la figura el máximo valor del voltaje *DCV* es de 600 voltios.

Se dispone de dos puntas de prueba, una negra y una roja, para indicar el positivo y el negativo respectivamente. En la parte inferior del multímetro aparecen dos entradas: una señalada con el signo $-$, que es la entrada común o negativa (*COMM*) (5) y la otra señalada con el signo $+$, que es la entrada positiva ($V \Omega mA$) (6).

Para realizar medidas de voltaje se conecta el multímetro en paralelo con la rama del sistema a estudiar. En caso de haber colocado las polaridades invertidas, la aguja se deflecta hacia la parte izquierda, por debajo de la escala; en este caso el multímetro trae en la parte superior izquierda (7) un switch indicado con las siglas $+DC$, ACV y OHM en un lado y $-DC$ en el otro lado. Este switch al cambiarlo de posición invierte la polaridad y la aguja se deflecta en su forma normal.

Los valores de *DCV* se leen en las escalas negras centrales, las cuales están en los rangos 0 a 6, 0 a 120 y 0 a 300V y debajo del espejo (8).

Para hacer lecturas usando las posiciones de perilla (2) en *DCV* (3) y las escalas antes señaladas, se procede de la siguiente forma:

- Perilla en posición 0,3 V, se lee en la escala de 0 a 300 voltios y se divide este valor entre 1000.
- Perilla en posición 3V, se lee en la escala de 0 a 300 voltios y se divide este valor entre 100.
- Perilla en posición 12V, se lee en la escala de 0 a 120 voltios y se divide entre 10.
- Perilla en posición 60V, se lee en la escala de 0 a 6 voltios y se multiplica por 10.
- Perilla en posición 120V, se lee en la escala de 0 a 120 voltios.

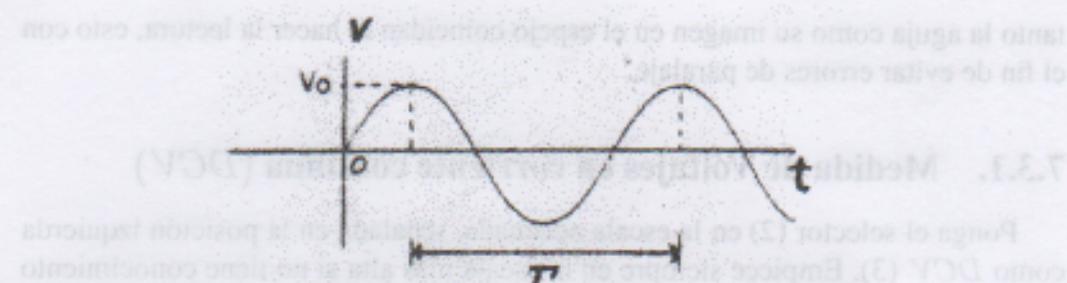


Figura 7.10: Señal sinusoidal

- Perilla en posición 300V, se lee en la escala de 0 a 300 voltios.
- Perilla en posición 600V, se lee en la escala de 0 a 6 voltios y se multiplica por 10^2 .

Cuando se desea medir voltajes del orden de los *kilovoltios* se coloca la punta de prueba roja en la entrada indicada con las siglas *DC KV* (9), se lee en la escala 0 a 120V y se divide entre 10 (no mover la punta de prueba negativa de la entrada *COMM*).

7.3.2. Medida de Voltajes en corriente alterna (ACV)

Comúnmente se usa el término *corriente alterna (CA)* para notar tensiones que varían sinusoidalmente con el tiempo, como se muestra en la figura 7.10.

Esta señal se caracteriza por su *amplitud* V_0 (máximo valor de voltaje que alcanza) y por su *frecuencia* f . El multímetro sólo mide el *valor eficaz* V_{ef} o V_{RMS} de la señal *AC* definido por la relación:

$$V_{RMS} = V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{\Gamma} \int V^2(t) dt} \quad (7.1)$$

Para un voltaje *sinusoidal* la expresión 7.1 da (comprobarlo):

$$V_{RMS} = V_0 / \sqrt{2} \quad (7.2)$$

Para realizar medidas de voltaje alterno (*AC*), se procede de la manera siguiente:

- Coloque el selector en la posición adecuada *ACV* del lado derecho del multímetro.

- Coloque el inversor de polaridad en la posición $+DC$.
- Las puntas de prueba se colocan en las entradas $COMM$ y $V\Omega A$.
- Para leer se usan las mismas escalas de corriente en DC y se usa el método explicado anteriormente.

En corriente alterna viene una escala roja en la parte inferior (10), que sirve para medir voltaje alterno con mayor precisión en el rango 0 a 6 VAC . También trae una entrada positiva para voltajes en el orden de los $KVAC$ y se encuentra en la posición derecha (11). Para realizar medidas de voltajes de este orden, se coloca el selector (2) en la posición $12 KV$ y en la mencionada entrada se conecta la punta de prueba positiva, manteniendo la negativa en la entrada $COMM$, se lee en la escala de $120 V$ y se divide entre 10 el resultado.

7.3.3. Medida de Resistencias

- Coloque el selector en la posición $OHMS$ (12), parte superior del multímetro, usando siempre el rango mayor, que en este caso corresponde a $R \times 10 K\Omega$.
- Conecte las puntas de prueba negativa en $COMM$ y positiva en $V\Omega mA$.
- Para hacer la lectura se observa en la escala que se encuentra en la parte superior del espejo (13). Esta escala viene graduada en forma logarítmica y de derecha a izquierda.
- Antes de hacer la medida, una las puntas de prueba y verifique que la aguja está en la *posición cero*. En el caso de que ésto no suceda, el multímetro trae en la parte superior derecha un calibrador que tiene las siglas $0\Omega ADJ$ (14) y permite ajustar el cero.

Nota: El selector se puede colocar en $R \times 1$, $R \times 100$, $R \times 1K$, $R \times 10K$. Es necesario que se calibre el cero para cada una de estas posiciones del selector.

La resistencia que se ha de medir debe estar aislada (sola), es decir, no deben medirse resistencias que están conectadas a algún sistema.

7.3.4. Medida de Corriente continua (DC mA)

- Coloque el selector en la posición adecuada, la parte inferior del multímetro señalado con las siglas *DC mA* (15).
- Conecte las puntas de prueba en las entradas *-COMM* y *+VΩmA*.
- Las escalas son las mismas que se usaron para *DCV* y *ACV*, sólo que ahora se tienen los rangos $0,03\text{ mA}$, 6 mA , 60 mA y 300 mA .

Si se desea medir corrientes en el orden de los Amperios, el multímetro trae una entrada especial en la parte inferior derecha, señalada con las siglas *+DC 12A* (16). Se debe colocar la punta de prueba positiva en esta entrada y el selector en la posición 12A . La lectura se hace en la escala de 120 y se divide entre 10 .

Nota: Para medir corrientes, el multímetro se debe colocar en serie en la rama del circuito donde se desea realizar la medida.

Si se desea entender el principio en el cual se basa el diseño de la parte de deflexión del multímetro, se recomienda leer el texto de Física de Resnick y Halliday, Volumen II, capítulo 33.