



MEDIDAS DE MAGNITUDES ELECTRICAS

1 Objetivos

- Manejo de los instrumentos de medida:
 - Polímetro digital.
 - Osciloscopio analógico.
- Interpretación y montaje de circuitos elementales simples.
- Obtención e interpretación de las figuras de LISSAJOUS.

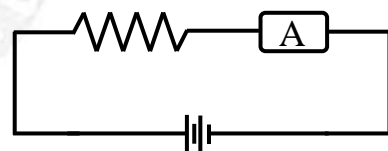
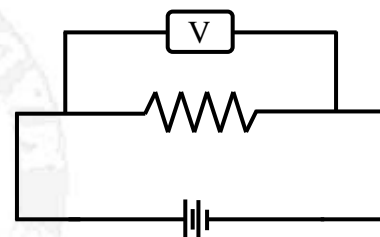
2 Fundamentos teóricos

En general, en un circuito eléctrico se pueden realizar dos tipos de medidas eléctricas: medidas de corriente (I) y medidas de voltaje (V).

Para realizar de manera correcta una medida eléctrica no sólo es necesario disponer de la instrumentación adecuada sino también saber cómo ésta debe ser colocada en el circuito bajo prueba, teniendo en cuenta la magnitud que deseamos caracterizar, y hacer una elección adecuada de la escala o rango de medida de forma que consigamos una medida precisa dentro del rango de fiabilidad del instrumento.

Aspectos que hay que tener en cuenta en los procesos de medida eléctrica de I y V con un polímetro:

- En las medidas de V, el polímetro funciona como un voltímetro y se coloca en paralelo con el elemento cuya diferencia de potencial entre los "extremos eléctricos" queremos conocer.
- En las medidas de I, el polímetro funciona como un amperímetro y se coloca en serie con el elemento por el que circula la corriente que queremos conocer.

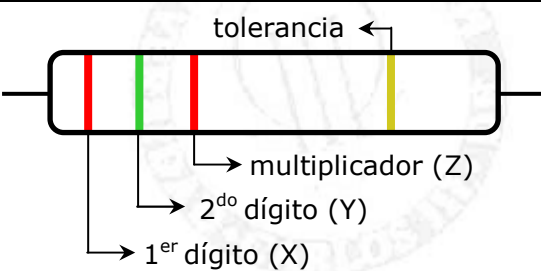


- Es importante tener una idea aproximada del rango de medida en que se encuentra el valor de la magnitud que deseamos medir y comprobar que éste es inferior al rango máximo tolerado por el instrumento, ya que en caso contrario puede ocasionarse graves desperfectos al equipo. Es recomendable empezar la medida utilizando la escala menos sensible del instrumento (la más alta) y después ir descendiendo hasta encontrar la escala más adecuada, es decir, aquella con la que podamos leer la mayor cantidad de cifras significativas en la medida.

2.1 Código de colores en resistencias

Las resistencias de potencia pequeña (de menos de 0.5W), empleadas en circuitos electrónicos, van rotuladas con un código de bandas de colores. Para caracterizar una resistencia hacen falta tres valores: resistencia eléctrica, disipación máxima y precisión.

Los valores de la resistencia y la precisión se indican con un conjunto de bandas de colores sobre el cuerpo del elemento. Son tres, cuatro o cinco bandas; dejando la banda de tolerancia (normalmente plateada o dorada) a la derecha, se leen de izquierda a derecha. La última banda indica la tolerancia (precisión). De las restantes, la última es el multiplicador y las otras los dígitos.

Dígito (X, Y, Z) → Color		Valor de la resistencia: $R = XY \times 10^Z \Omega$ Código de colores: <ul style="list-style-type: none">- la primera banda corresponde al dígito X- la segunda banda corresponde al dígito Y- la tercera corresponde con el multiplicador (exponente) Z- la cuarta indica la tolerancia: 5% si es dorada y 10 % si es plateada.
0 → Negro	5 → Verde	
1 → Marrón	6 → Azul	
2 → Rojo	7 → Violeta	
3 → Naranja	8 → Gris	
4 → Amarillo	9 → Blanco	
		<p>Ejemplo: una resistencia con el código de colores rojo-verde-rojo-dorado tiene un valor de $R = 25 \times 10^2 \Omega = 2500 \Omega = 2.5 \text{ k}\Omega$, con un 5% de tolerancia, es decir, $2500 \times 0.05 = 125$, por lo tanto: $R \pm \Delta R = 2.50 \pm 0.13 \text{ k}\Omega$.</p>

2.2 Polímetro

Es un instrumento digital de medida eléctrica con el que se puede medir:

- o voltajes y corrientes en régimen estacionario, en continua (CC=corriente continua; en inglés DC=direct current) o variables en el tiempo o alterna (CA=corriente alterna; en inglés AC=alternating current),
- o resistencias,
- o capacidades,
- o continuidad eléctrica,
- o parámetros híbridos de transistores.

2.2.1 Proceso de medida con el polímetro

1. Medida de un voltaje en CC.

Debemos utilizar la escala que nos permita leer la mayor cantidad de cifras significativas; para ello, vamos moviendo el selector de escalas del polímetro para el rango de medidas de voltaje en CC desde la de menor hasta la de mayor sensibilidad. Una vez estabilizado el valor de la medida el voltaje leído será:

$$[V \pm \Delta V] V$$

donde: V es directamente el valor de voltaje marcado en la pantalla del polímetro;
 ΔV es el error de precisión del polímetro (voltímetro), y al ser un instrumento digital corresponde con la última cifra significativa que podemos apreciar en la pantalla (el valor más pequeño que se puede medir).

2. Lectura real de datos:

$$[V \pm \Delta V] V = 4.53 \pm 0.01 \text{ V}$$

Nótese que el selector de escalas (rueda central) está en la escala de 40V en CC, y como la lectura es de 4.53V, ésta corresponde a la menor escala con la que podemos realizar dicha lectura. Si utilizáramos la escala de 4V en CC, la pantalla del polímetro mostraría un 1., lo cual indicaría que nuestro valor es superior al máximo permitido en esta escala, es decir, $4.53 > 4$.

Si utilizáramos la escala de 400V en CC entonces el resultado que se observaría en la pantalla sería 4.5V, con lo que perderíamos una cifra significativa e indicaría una medida con una precisión menor que si utilizamos la escala correcta.

Obsérvese que las entradas utilizadas en el polímetro son:

- cable negro conectado al común (COM) o tierra.
- cable rojo conectado a la entrada etiquetada con $V\Omega Hz$, indicando que es la que debe utilizarse si medimos voltaje (V) en CC o CA, resistencia (Ω) o frecuencia (Hz).



Figura 1. Polímetro digital

2.3 Osciloscopio

Es un instrumento analógico (variables continuas) o digital (variables discretas) de medida eléctrica, cuya principal función es la visualización gráfica de señales eléctricas variables en el tiempo. En general, el eje vertical (Y) representa el voltaje, mientras que el eje horizontal (X) representa el tiempo. También puede medir señales en CC.

Con el osciloscopio podemos:

- o determinar el periodo y la amplitud de una señal en CA.
- o determinar el valor en CC.
- o desacoplar y medir las componentes en CC y CA de una señal, determinando qué parte de la señal es ruido y su dependencia con el tiempo.
- o medir la fase o desfase entre dos señales periódicas (figuras de LISSAJOUS).

Después de conectar el osciloscopio a la toma de red y de alimentarlo pulsando el interruptor de encendido es necesario familiarizarse con el panel frontal del osciloscopio. Solicitar el asesoramiento del profesor.

2.3.1 Generalidades

En general, todos los osciloscopios disponen de **tres sectores básicos**, *Vertical*, *Horizontal*, y *Disparo* (tiempo), de **conectores BNC**, donde se conectan las sondas de medida, y los **canales de entrada**, etiquetados normalmente como I y II (ó A y B). La existencia de dos canales nos permite realizar la comparación entre señales de forma simple.

Pasos recomendados para el ajuste básico del osciloscopio analógico:

- Conectar la señal que se quiere medir al canal I del osciloscopio (esto hará que se coloque como canal de disparo el I).
- Ajustar a una posición intermedia la escala *voltios/división* del canal I (por ejemplo 1V/div).
- Colocar en posición calibrada el mando variable de *voltios/división* (potenciómetro central; máximo posible a la derecha).
- Desactivar cualquier tipo de multiplicadores verticales y horizontales.
- Poner el conmutador de entrada para el canal I en acoplamiento CC.
- Poner el modo de disparo (trigger) en automático.
- Situar el control de intensidad al mínimo que permita apreciar el trazo en la pantalla, y el trazo de focus ajustado para una visualización lo más nítida posible (generalmente los mandos quedarán con la señalización cercana a la posición vertical).

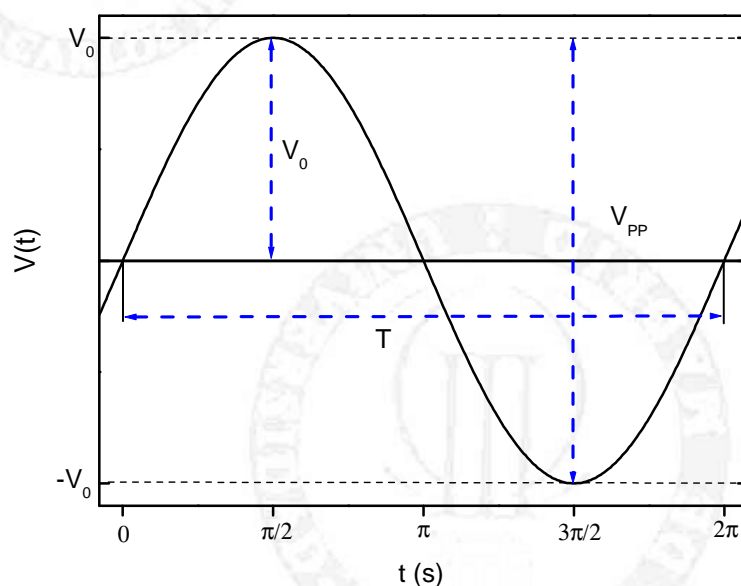
2.3.2 Proceso de medida con el osciloscopio.

1. Medida de frecuencia y amplitud de una señal periódica.

Supongamos que visualizamos en la pantalla del osciloscopio una señal de voltaje variable en el tiempo como la que se muestra en la figura y cuya ecuación matemática es:

$$V(t) = V_0 \sin \omega t$$

donde V_0 es la amplitud de la señal y ω su frecuencia angular.



V_{PP} es el voltaje pico a pico: $V_0 = \frac{V_{PP}}{2}$, y T es el período de la señal

$$T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

Recordemos que: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$,

donde f es la frecuencia de la señal.

2. Lectura real de datos:

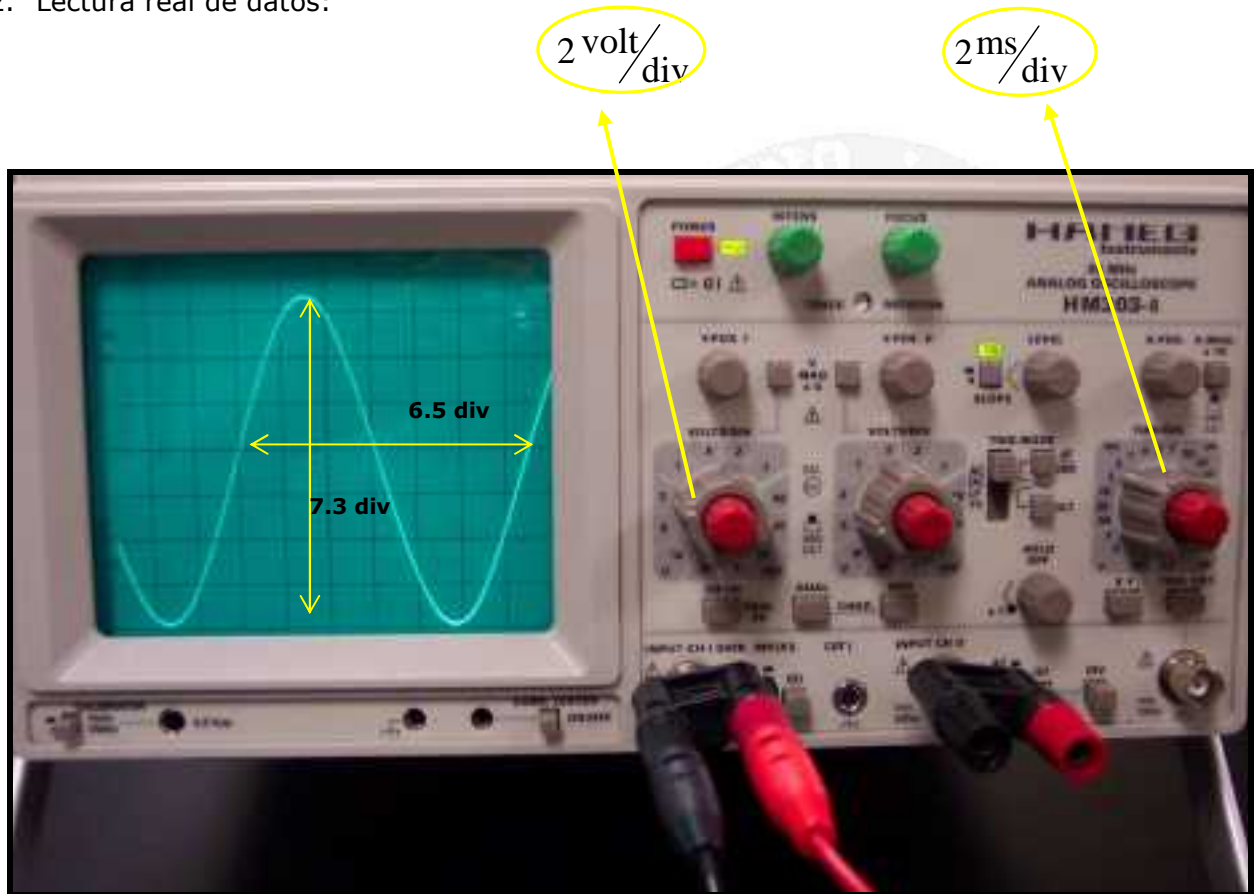


Figura 2. Osciloscopio analógico

○ Medida de Voltaje

$$[V_{PP} \pm \Delta V_{PP}] V = 14.6 \pm 0.2 V$$

siendo

$$V_{PP} = 7.3(\text{div}) \times 2 \left(\frac{\text{volt}}{\text{div}} \right) = 14.6 V, \quad \Delta V_{PP} = \frac{2 \left(\frac{\text{volt}}{\text{div}} \right)}{(2 \times 5) \text{div}} = 0.2 V$$

y una div corresponde a un cuadro, que a su vez está subdividido en cinco partes tanto en el eje vertical como en el horizontal:

$$2/5 = 0.4 \text{ volt} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{2 volt} \\ \text{2/5} \end{array} \right.$$

○ Medida del periodo

$$[T \pm \Delta T] s = (13.0 \pm 0.2) \text{ms} = (13.0 \pm 0.2) 10^{-3} s$$

siendo

$$T = 6.5(\text{div}) \times 2 \left(\frac{\text{ms}}{\text{div}} \right) = 13 \text{ ms}, \quad \Delta T = \frac{2 \left(\frac{\text{ms}}{\text{div}} \right)}{(2 \times 5) \text{div}} = 0.2 \text{ms}$$

donde ΔV_{PP} y ΔT corresponden con el error de precisión del osciloscopio en el eje vertical y horizontal, respectivamente. Este es la mitad de la menor división con que se realiza la medida.

3. Medida del desfase entre señales

La sección horizontal del osciloscopio posee un botón etiquetado como X-Y, que nos va a introducir en una de las técnicas de medida de desfase (la única que podemos utilizar cuando sólo disponemos de un canal vertical en nuestro osciloscopio).

El periodo de una señal se corresponde con una fase de 360° . El desfase indica el ángulo de atraso o adelanto que posee una señal con respecto a otra (tomada como referencia) si poseen ambas el mismo periodo. Ya que el osciloscopio sólo puede medir directamente los tiempos, la medida del desfase será indirecta.

Uno de los métodos para medir el desfase es utilizar el modo X-Y. Esto implica introducir una señal por el canal vertical (generalmente el I) y la otra por el canal horizontal (el II) (este método sólo funciona de forma correcta si ambas señales son senoidales). La forma de la onda resultante en pantalla se denomina figura de Lissajous en honor al matemático francés Jules Antoine Lissajous 1822-1880). De este modo, se puede deducir el desfase entre las dos señales, así como su relación de frecuencias. Ver la siguiente figura, donde las columnas corresponden a desfases entre las señales y las filas a la relación entre sus frecuencias.

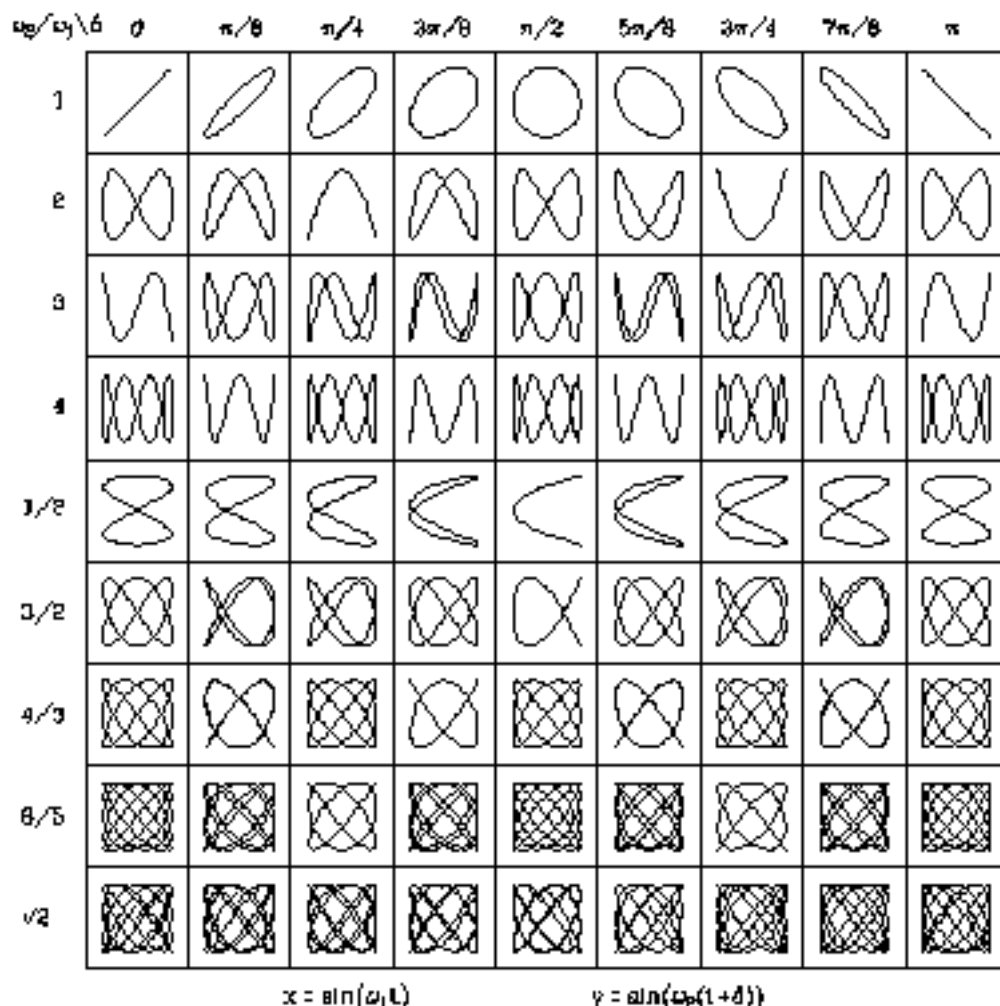


Tabla 1. Figuras de Lissajous

2.4 Relación entre las magnitudes medidas con el osciloscopio (valores instantáneos) y las medidas con un polímetro (valores eficaces):

Valor eficaz (I_{ef}) de una corriente variable en el tiempo, $I(t)$ es el valor cuadrático medio de dicha magnitud (rms: root mean square) y se define como el valor de una corriente constante que al circular por una determinada resistencia óhmica pura produce los mismos efectos caloríficos que dicha corriente variable.

$$I_{ef} = \left[\frac{\int_{t_1}^{t_2} (I(t))^2 dt}{\Delta t} \right]^{1/2}$$

En el caso de que la dependencia del tiempo sea sinusoidal se obtiene una relación entre I_{ef} y I_0 dada por la forma:

$$I_{ef} = \frac{I_o}{\sqrt{2}} = \frac{I_{PP}}{2\sqrt{2}}$$

Para el caso de una señal de voltaje con una dependencia sinusoidal también se pueden escribir expresiones equivalentes:

$$V_{ef} = \frac{V_o}{\sqrt{2}} = \frac{V_{PP}}{2\sqrt{2}}$$

3 Para saber más...

- **TIPLER P.A. y MOSCA, G., "Física para la Ciencia y la Tecnología", Vol 2. 5ª edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2005. Capítulo 25. Páginas 750-751.**
- **KEITHELY, "Low Level Measurements", 5ª edición, Sección 2 (2.1-2.5). Páginas 2-3 a 2-41.**

En internet

http://www.hameg.es/osc/osc_5.htm

<http://ibiblio.org/e-notes/Lis/Lissa.htm>

<http://www.physics.orst.edu/~rubin/nacphy/CPapplets/lissajous/fig2p.html>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/lissajous/lissajous.htm>

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electro/lissajou.html>

4 Material

1. Polímetros digitales
2. Osciloscopio analógico
3. Generador de funciones
4. Transformador con múltiples salidas secundarias
5. Pila de 4.5 V
6. Placa de montaje con dos resistencias
7. Cables de conexión

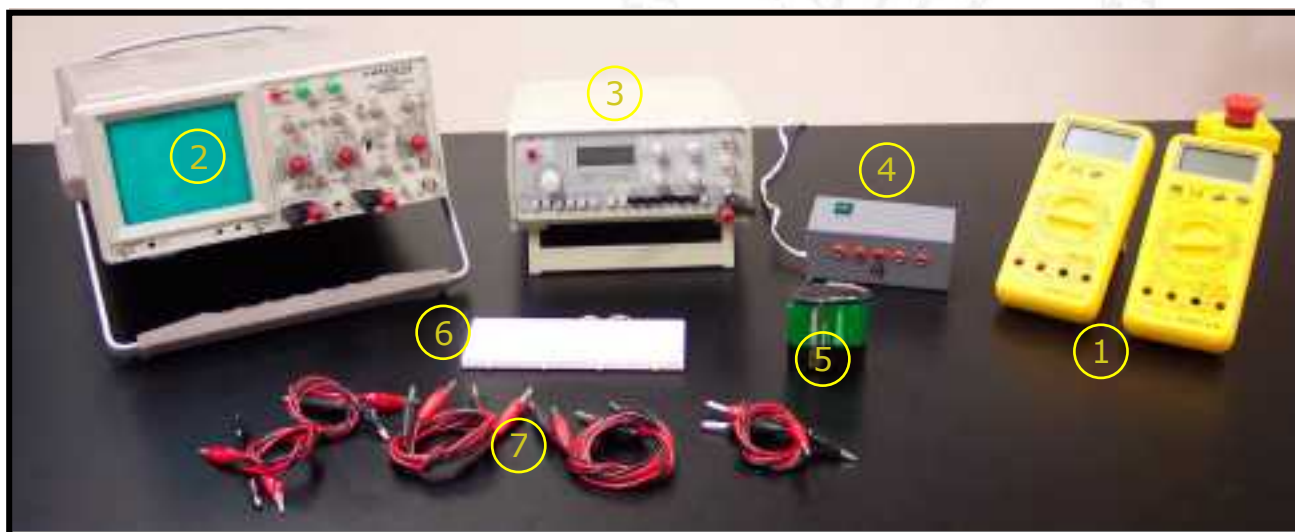


Figura 3. Puesto de trabajo e instrumentación

5 Método experimental

- 5.1 Utilización del polímetro como voltímetro y ohmímetro.
 - 5.1.1 Mide, utilizando el polímetro como voltímetro, la tensión en CC en los bornes de la pila. Compara los resultados con el indicado por el fabricante.
 - 5.1.2 Mide, utilizando el polímetro como ohmímetro, el valor de las dos resistencias, R_1 y R_2 . Compara estos resultados con el valor reportado por el fabricante utilizando el código de colores.

5.2 Utilización del polímetro como amperímetro y voltímetro.

5.2.1 Ensambla, utilizando la placa de montaje, el circuito que se muestra a continuación:

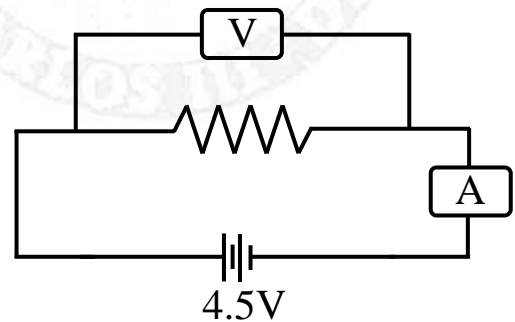
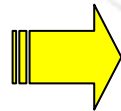
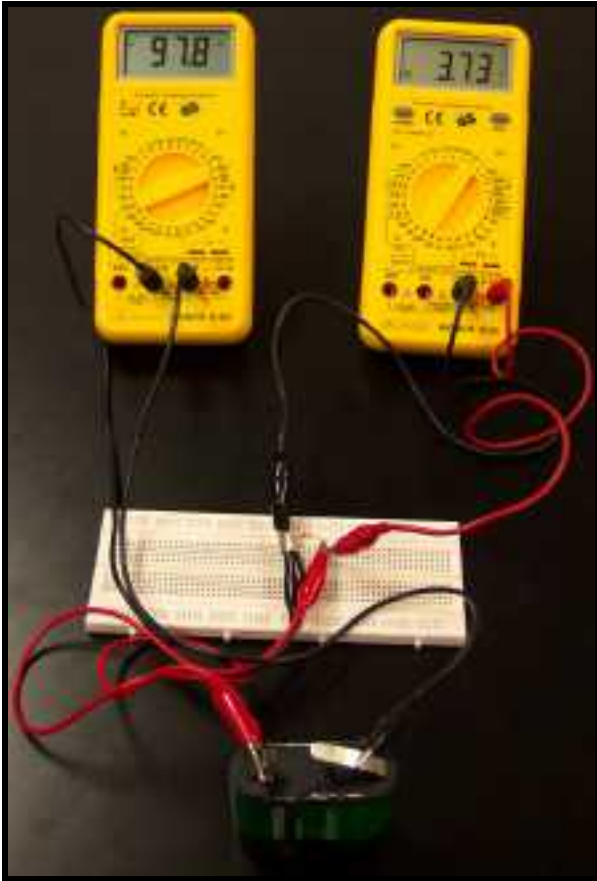


Figura 4. Medida de la corriente y la caída de voltaje con la resistencia

5.2.2 Medida indirecta de la resistencia: mide la caída de voltaje con la resistencia R_1 y la corriente que circula por el circuito. Calcula, utilizando la ley de Ohm, el valor de la resistencia R_1 y compárala con el del apartado 5.1.2.

5.2.3 Mide la caída de voltaje en la resistencia R_2 y la corriente que circula por el circuito. Conocido el valor de R_2 del apartado 5.1.2 calcula, utilizando la ley de Ohm, el valor de la corriente, y compárala con el que obtiene de la medida directa en el amperímetro.

5.3 Utilización del osciloscopio para medir amplitud y período de señales variables en el tiempo.

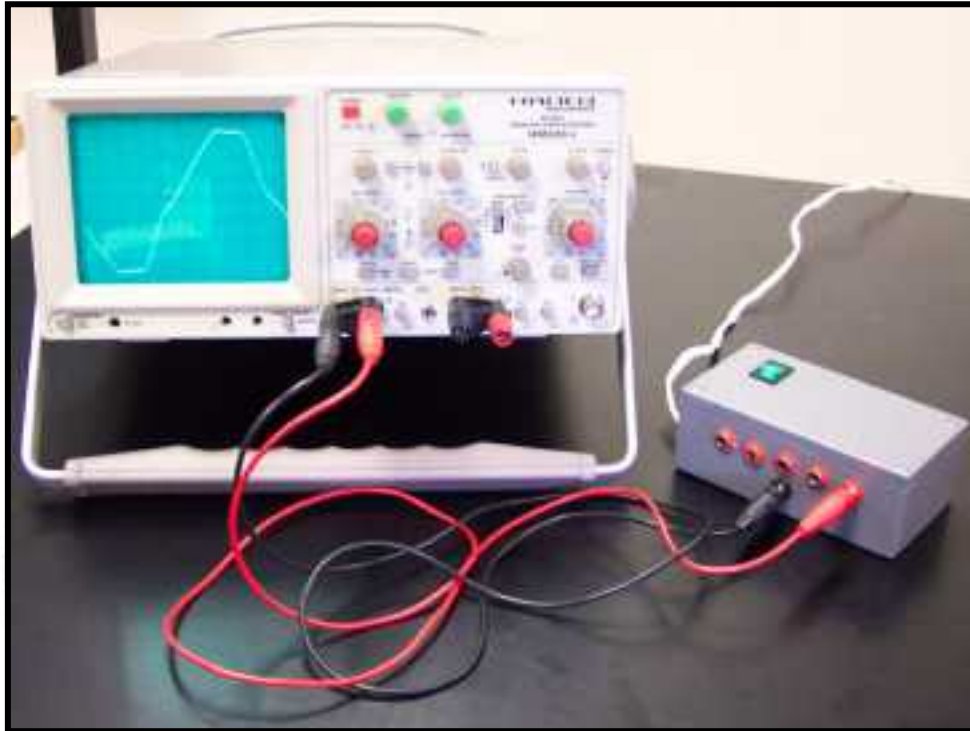


Figura 5. Medida de la amplitud y el período de una señal $V(t)$

5.3.1 Mide, usando el osciloscopio, el valor de la tensión en la pila y compara este resultado con el obtenido en el apartado 5.1.1.

5.3.2 Utilizando el transformador de múltiples salidas secundarias, mide la amplitud y la frecuencia para cada una de ellas. Comprueba que las señales a la salida del secundario están descritas por la ecuación:

$$V(t) = V_0 \sin \omega t$$

Recuerda que V_0 se calcula a partir del voltaje V_{pp} y ω a partir de T .

5.3.3 Discute los valores de la frecuencia obtenidos y da un valor para la frecuencia de la red. ¿Es el esperado? ¿Por qué?

5.3.4 Mide, utilizando el polímetro como voltímetro, la tensión en CA en al menos tres de las salidas del transformador. Compara los valores eficaces de la tensión V_{ef} con el valor de la amplitud V_0 para estas salidas obtenido en el apartado anterior.

5.4 Obtención de las figuras de Lissajous.

- 5.4.1 Conecta la salida del generador de frecuencias al canal II del osciloscopio y configúralo para que la señal que observes en el osciloscopio sea sinusoidal con una frecuencia de 50 Hz. Conecta al canal I del osciloscopio una de las salidas secundarias del transformador. Utilizando el botón X-Y, observa las figuras de Lissajous de la pantalla (si es preciso, ajusta de manera fina la frecuencia del generador alrededor de 50 Hz). ¿Cuál es el valor de la frecuencia para la señal en el secundario del transformador?

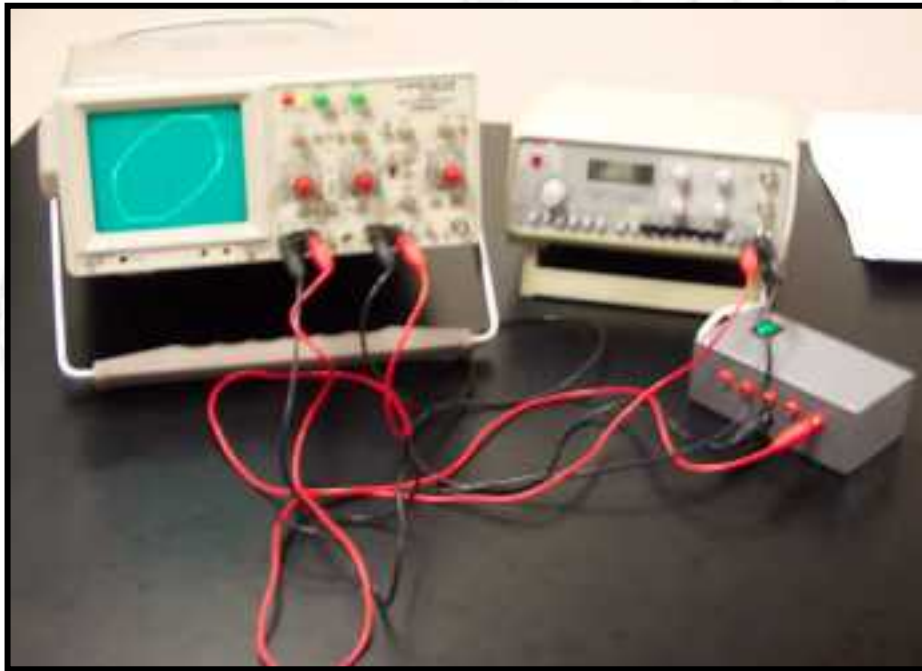


Figura 6. Figura de Lissajous

- 5.4.2 Aumenta la frecuencia del generador a 100 y 150 Hz y observa las correspondientes figuras de Lissajous con relación 2:1 y 3:1.

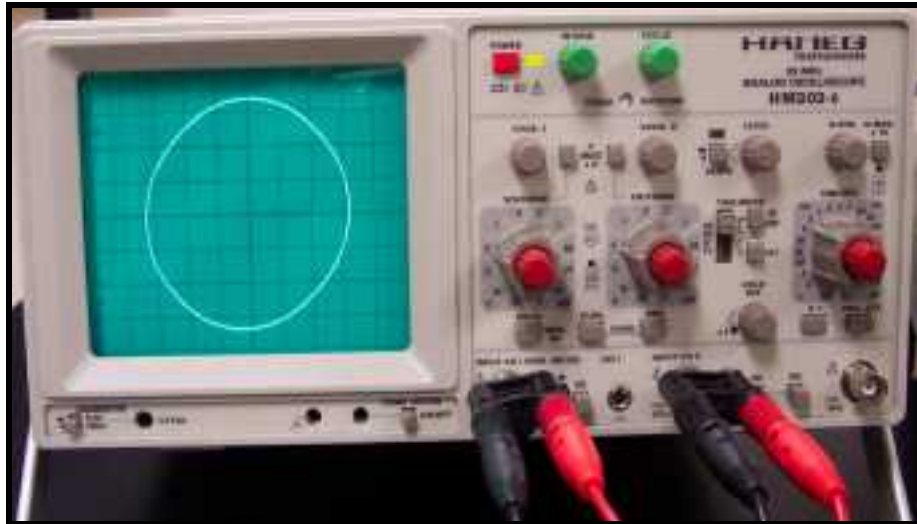


Figura 7. Relación de frecuencias 1:1; desfase = $\pi/2$

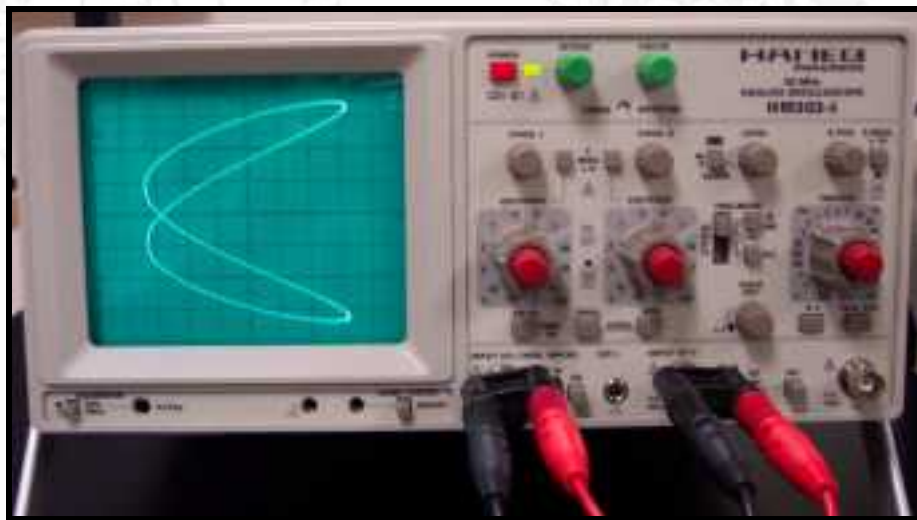


Figura 8. Relación de frecuencias 1:2; desfase = $\pi/4$

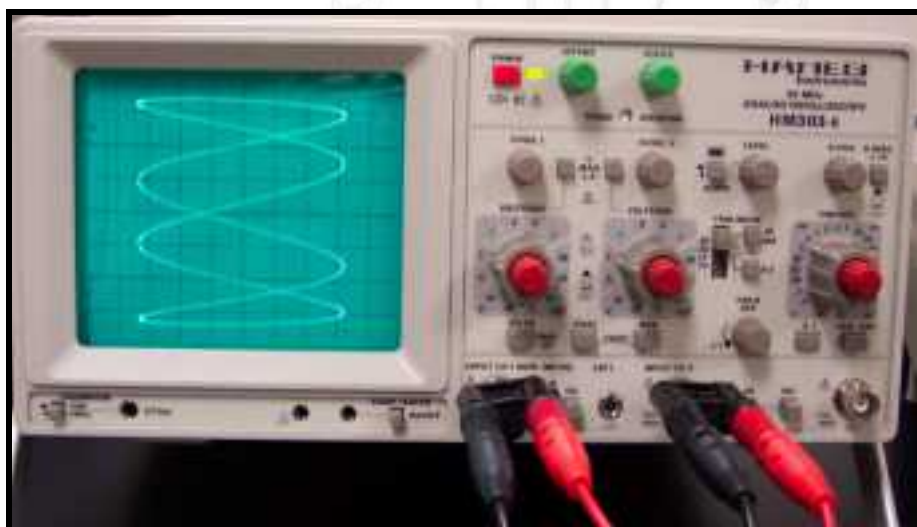


Figura 9. Relación de frecuencias 1:4; desfase = $\pi/2$