



- Manejo de aparatos de medida.
- Identificación de componentes eléctricos de un circuito.
- Comparación entre los valores registrados por instrumentos de medidas eléctricas, uno análogo y otro digital.

:: OBJETIVOS [1.1]

- Identificar y distinguir los componentes eléctricos de un circuito.
- Leer e interpretar correctamente un esquema eléctrico.
- Instalar un circuito a la vista del esquema inequívocamente.
- Adquirir habilidad para leer y utilizar las diferentes escalas de un multímetro.
- Conectar correctamente un aparato de medida para medir intensidad de corriente en un circuito de corriente directa DC.
- Conectar correctamente un medidor de voltaje, para medir diferencias de potencial en circuitos de corriente continua.
- Medir resistencias eléctricas con un multímetro.

Esta práctica permite que el estudiante conozca instrumentos eléctricos de medida, se familiarice con ellos, establezca y distinga las características de los componentes básicos e igualmente entienda y trabaje con y a partir de un esquema ó plano eléctrico.

Además podrá aplicar una técnica sencilla para comparar los valores reportados por un instrumento análogo de medidas eléctricas, en un rango de escala determinado empleando como patrón un multímetro digital.

:: PREINFORME [1.2]

Discuta:

- El Concepto de Carga Eléctrica.
- ¿Qué es fuerza electromotriz (*fem*) ?
- Explique el significado de diferencia de potencial y caída de potencial
- ¿Qué es una señal de corriente continua directa DC, una de corriente alterna AC y cuáles son sus diferencias?
- ¿Qué es un circuito eléctrico?

:: MATERIALES [1.3]

- Reóstatos Phywe de diferentes valores.
- Multímetro digital Fluke o Hi-Tech.
- Multímetros análogos Leybold.
- Fuente de alimentación de corriente directa DC y corriente alterna AC, Phywe.
- 10 Conductores.
- Recursos humanos.

:: MARCO TEÓRICO [1.4]

Componentes eléctricos de un circuito eléctrico [1.4.1]:

La magnitud que en física se ha llamado **carga eléctrica** se presenta ante los ojos del investigador como una propiedad intrínseca de ciertos componentes de la materia, más o menos en la misma forma como la **masa** parece algo intrínseco a todo lo que existe.

Para mover una carga es necesario localizarla en una diferencia de potencial o voltaje. Para crear esta diferencia de potencial se usan las pilas, llamadas genéricamente “fuentes de fuerza electromotriz (*fem*)”.

La unidad de diferencia de potencial en el sistema internacional SI es el volt y su símbolo es: V .

En todos los planos de circuitos eléctricos las fuentes de alimentación se indican con los siguientes símbolos, para una fuente de corriente continua de **valor fijo**, figura 1.1.a y para la fuente de alimentación de **valor variable** figura 1.1.b.



Figura 1.1.a



Figura 1.1.b

La línea más grande, marcada con el signo $+$ indica el punto de más alto potencial.

El paso de cargas (ó movimiento de electrones) por unidad de tiempo a través de una sección transversal de un conductor se llama corriente eléctrica, y su unidad de medida en el sistema internacional es el amperé y su símbolo es: A .

De la misma forma como la fricción y la viscosidad se oponen al movimiento de los cuerpos, dentro de los medios conductores se presenta una **oposición a los movimientos** de la carga eléctrica, efecto llamado resistencia eléctrica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el ohm, y su símbolo es: Ω .

Cuando se quieren representar valores definidos de resistencia eléctrica en un circuito, se emplea el símbolo de la figura 1.2.



Figura 1.2

En otros casos son necesarias resistencias variables o reóstatos, representados en los circuitos mediante los símbolos de las figuras 1.3.a y 1.3.b.



Figura 1.3.a



Figura 1.3.b

Si la conexión del reóstato se realiza entre *a* y *b*, se estará tomando un valor fijo de resistencia; si es entre *a* y *c*, su valor es variable y depende de la posición del cursor *c* y su magnitud se mide con un multímetro, operando éste como óhmetro.

Un circuito eléctrico elemental se presenta esquemáticamente en la figura 1.4. En él los componentes están indicados por sus símbolos eléctricos y los conductores que van de un elemento a otro están representados por líneas rectas y continuas.

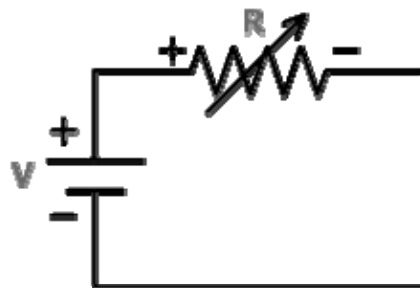


Figura 1.4

Aparatos de medida en un circuito eléctrico [1.4.2]:.

Si se requiere medir la corriente eléctrica I en un circuito como el de la figura 1.4 debe insertarse un amperímetro y conectarlo tal como se indica en la figura 1.5.



Es muy importante respetar la polaridad descrita en la figura 1.5 para el aparato de medida. Se entiende por polaridad la posición de los signos + y - que acompañan al símbolo $\text{---}(\text{A})\text{---}$ del amperímetro. Si se conecta el amperímetro en una forma diferente a la citada, puede causarse un daño grave al aparato.

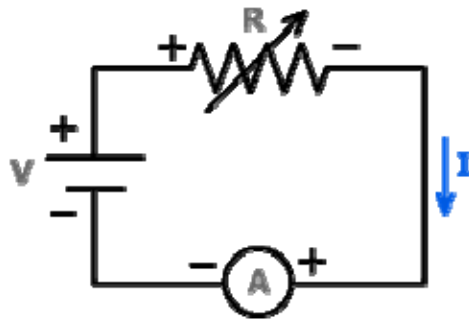


Figura 1.5

Este tipo de conexión en el cual la resistencia R y el amperímetro son atravesados por la misma corriente I , se llama conexión serie.

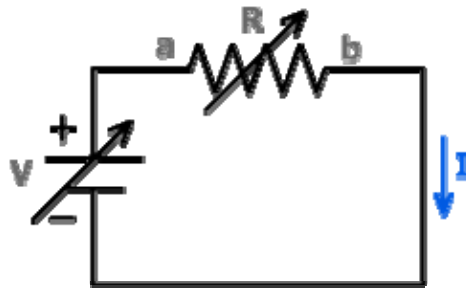


Figura 1.6

Si se requiere medir la diferencia de potencial entre los puntos a y b , donde se encuentra conectada la resistencia R (figura 1.6), debe recurrirse a un voltímetro $\text{---}(\text{V})\text{---}$ y conectarlo entre tales puntos según se indica en la figura 1.7.

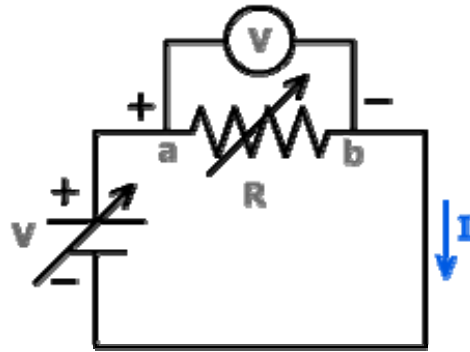


Figura 1.7



Es muy importante respetar la polaridad y el tipo de conexión mostrada en la figura 1.7 para el aparato de medida (Voltímetro). Esta forma de conectar el voltímetro se llama conexión paralelo. Conecte siempre un voltímetro en la forma indicada.

Características asociadas a un instrumento análogo de medidas eléctricas [1.4.3]:.

Las características fundamentales asociadas a instrumentos en relación con la calidad de la medida que proporcionan son: la exactitud, la sensibilidad, la constante del instrumento y la fidelidad, además sus correspondientes parámetros vienen definidos como:

- a. Rango de la escala escogida.
 - b. Constante del instrumento.
 - c. Sensibilidad, y
 - d. Clase de exactitud.
- a. El rango de la escala x_m está determinada por la escala seleccionada y se expresa como la diferencia entre los valores de lectura máximo (x_{max}) y mínimo (x_{min}) de la escala es decir:

$$x_m = x_{max} - x_{min} \tag{1.1}$$

- b. La constante del instrumento C. Se define en términos de las características y la diferencia entre dos valores consecutivos, x' y x'' con $x'' > x'$, marcados en el instrumento con rayas y números, que cubren un intervalo x_u y su respectivo número de divisiones n_u correspondiente, es decir:

$$C = \frac{x_u}{n_u} = \frac{x'' - x'}{n_u} \tag{1.2}$$

Para expresar un valor x de una medida, si el investigador conoce la constante C del instrumento, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$x = x' + C \times r,$$

con r número de divisiones que hay entre x' y la posición de la aguja indicadora, como se muestra en la figura 1.8.a, donde $x' = I'$.

- c. En los instrumentos de medidas eléctricas (análogos), la sensibilidad S es inversamente proporcional a la constante C del instrumento.

$$\text{O sea } S = \frac{1}{C} = \frac{n_u}{x_u} = \frac{n_u}{x'' - x'} \quad (1.3)$$

- d. La exactitud K de muchos instrumentos eléctricos de medida está asociada con los diferentes rangos que posee, es decir cada rango de escala tiene su respectivo error, así el error instrumental $\Delta''x$ para un equipo eléctrico con diferentes escalas, está definido como “LA MAYOR SEPARACIÓN ENTRE EL VALOR MEDIDO DE UNA CANTIDAD CON EL INSTRUMENTO DADO (LECTURA) Y EL VALOR MEDIDO CON UN ETALON (PATRON DE MEDIDA). $\Delta''x$ ES EL ERROR INSTRUMENTAL”. Si este error se multiplica por 100 y se divide por el rango de la escala del instrumento x_m , se obtiene la CLASE DE EXACTITUD DEL INSTRUMENTO K en porcentaje.

$$K = \frac{100 \times \Delta''x}{x_m} \quad (1.4)$$

Para determinar el error absoluto total Δx en la medida de una cantidad, se considera además del error instrumental $\Delta''x$, el error de lectura $\Delta'x$, siendo casi en general que $\Delta''x \gg \Delta'x$, donde la suma del error instrumental y el error de lectura proporcionan el error absoluto total así:

$$\Delta x = \Delta'x + \Delta''x \quad (1.5)$$

con el error de lectura definido como $\Delta'x = \frac{C}{n_u}$

Ejemplo: 1.1 Tómesese como instrumento análogo de medidas eléctricas el multímetro Leybold del Laboratorio de Física II para medir intensidad de corriente en la escala visual negra desde 0 hasta 10 y rango de medidas de 0,0 – 0,01 ampere, o en forma equivalente 0,0 - 10,0 mA (figuras 8.1.a y 8.1.b).

- a. El rango de la escala será según la ecuación 1.1 y la figura 8.1.b $x_m = I_m = I_{\text{máx}} - I_{\text{mín}}$
 $I_m = (10,0 - 0,0) \text{ mA}$

$$I_m = 10,0 \text{ mA} \rightarrow I_m = 0,010 \text{ A} . \text{ Rango de la escala escogida}$$

b. Constante C, al tomar $x' = I' = 2$; $x'' = I'' = 4$ y $n_u = 20$ divisiones como aparece en la figura 8.1.a y aplicando la ecuación 1.2 se tiene: $C = 0,1 \text{ mA}$. $\rightarrow C = 0,0001 \text{ A}$

c. Sensibilidad $S = \frac{1}{C} = \frac{100 \text{ divis.}}{0,1 \text{ mA}}$ al emplear la ecuación 1.3.



Figura 1.8.a



Figura 1.8.b

d. Según el fabricante la clase de exactitud del miliamperímetro es $K = 1,5$ y posee rayas numeradas cada 2 mA con 20 divisiones entre ellas.

Proceso para reportar una medida realizada con un instrumento análogo [1.4.4.1]

Determinar el valor de la intensidad de corriente cuando la aguja se halla en la posición de la figura 1.8.a.

El error instrumental $\Delta''I$, según la ecuación 1.4 es $\Delta''x = \Delta''I = \frac{K \times I_m}{100}$

$$\Delta''I = 0,15mA$$

El error de lectura $\Delta'I$ es $\rightarrow \Delta'I = \frac{C}{20} = 0,005mA$ donde comparándolos se

evidencia que $\Delta'I \ll \Delta''I$

↑

de divisiones entre marcas con número.

Finalmente el error total en este rango de escala para el miliamperímetro, conforme con

la ecuación 1.5 es: $\Delta I = \Delta'I + \Delta''I \rightarrow \Delta I = \frac{C}{20} + \frac{k \times I_m}{100} \Rightarrow \Delta I \approx 0,16mA$

Por lo que la lectura correcta para la figura 1.8.a se expresa como se observa a continuación:

$$I = I' + C \times r = 2mA + 0,1mA \times 5 = 2,5mA \text{ y finalmente se declara el resultado de la medida y su incertidumbre, incluyendo el error absoluto total así :}$$

$$I = 2,5mA \pm 0,16mA .$$

Proceso para expresar una medida realizada con un instrumento digital [1 .4.4.2]

El reporte de la medición de una variable realizada con un instrumento de medida digital como el multiamperímetro fluke del laboratorio de física II se logra escribiendo la medida reportada por el dispositivo \pm la incertidumbre en la medida conforme indica el manual de funcionamiento suministrado por la casa fabricante cuyas características aparecen descritas a continuación:

Función	Gama	Resolución	Precisión
Voltímetro DC	3,200 V	0,001 V	$\pm(0,3\% + 1)$
	32,00 V	0,01 V	$\pm(0,3\% + 1)$
	320,0 V	0,1 V	$\pm(0,3\% + 1)$

Las especificaciones de precisión se dan como:

$$\pm ([\% \text{ de lectura}] + [\text{Cantidad de dígitos menos significativos}])$$

Función	Gama	Resolución	Precisión
Ω	320,0 Ω	0,1 Ω	$\pm(0,5\% + 2)$
	3,200 k Ω	0,001 k Ω	$\pm(0,5\% + 1)$
	320,0 k Ω	0,01 k Ω	$\pm(0,5\% + 1)$

Ejemplo: 1.2

El valor registrado por un óhmetro fluke digital de una resistencia es de 4,48 k Ω de tal forma que la resistencia se reporta así:

$$R = \text{Medida registrada por el óhmetro} \pm (0,5\% + 1)$$

Para el valor registrado anteriormente la medida se expresa de la siguiente manera:


$$R = 4,48 \text{ k}\Omega \pm 0,0224 + 0,01$$

y finalmente $R = 4,48 \text{ k}\Omega \pm 0,03 \text{ k}\Omega$

:: PROCEDIMIENTO [1.5]

Manejo de componentes y equipos para mediciones eléctricas [1.5.1]:.

a. Instale el circuito de la figura 1.9.

Donde: V es una fuente Phywe de corriente directa, los signos $+$ y $-$ corresponden a los bornes positivo y negativo que tiene la fuente en la escala cuyo rango va desde 0,0 hasta 20,0 volt de corriente continua. R es un reóstato de 330 Ω de valor nominal conectado como resistencia variable. Mídala con el óhmetro y consigne su valor en la tabla 1.1 donde: 

son los medidores de corriente y voltaje respectivamente y S un interruptor inicialmente abierto.

b. Mueva con cuidado el dial de la fuente de la figura 1.9 hasta que el voltímetro señale 5,0 volt ó un valor cercano en la escala de corriente directa (símbolo: =). Desplace el cursor del reóstato de tal manera que empleé su máximo valor. Cierre el interruptor S .



Seleccione la escala más adecuada para los medidores. Empiece por la más alta y vaya en sentido decreciente, hasta llegar a una escala donde la aguja ocupe una posición alrededor del punto de media escala.

Anote las lecturas de los medidores en la tabla 1.1.

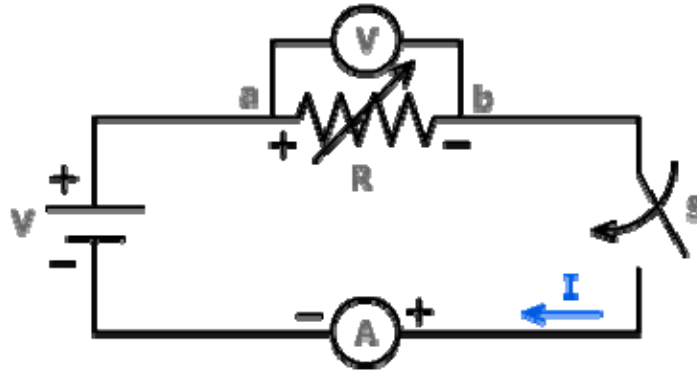


Figura 1.9

- c. Repita el procedimiento del literal b desplazando el cursor del reóstato hasta que abarque, $\frac{4}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{4}$ y $\frac{1}{4}$ de su longitud plena, no olvide medir la resistencia en cada caso y completar la tabla de datos 1.1 para 5,0 volt, como alimentación en la fuente.

FUENTE	REÓSTATO (RESISTENCIA)		AMPERÍMETRO	
	LONGITUD APROXIMADA	MEDIDA CON ÓHMETRO (Ω)	I (A)	RANGO DE ESCALA SELECCIONADO I_m
V = 5,0 V	4/4			
	3/4			
	2/4			
	1/4			
V = 10,0 V	4/4			
	3/4			
	2/4			
	1/4			

Tabla 1.1

- d. Mueva el dial de la fuente de la figura 1.9 hasta que señale 10,0 volt y repita el procedimiento descrito en los literales b y c, llene la tabla 1.1.

Para determinar el rango de la escala, emplee la ecuación 1.1 del numeral [1.4.3.]



El símbolo que aparece en la figura 1.9 identificado con la letra R, es equivalente a la representación de la figura 1.3.a ó 1.3.b, cuando la conexión está entre los terminales variables a y c.

Dado que el terminal **b** no está conectado, puede renombrarse el terminal **c** con la letra **b**.

Comparación entre las medidas registradas por un voltímetro Leybold (análogo) en la escala de 10 V y las proporcionadas por un voltímetro digital [1.5.2]:.

a. Instalar el circuito de la figura 1.10.

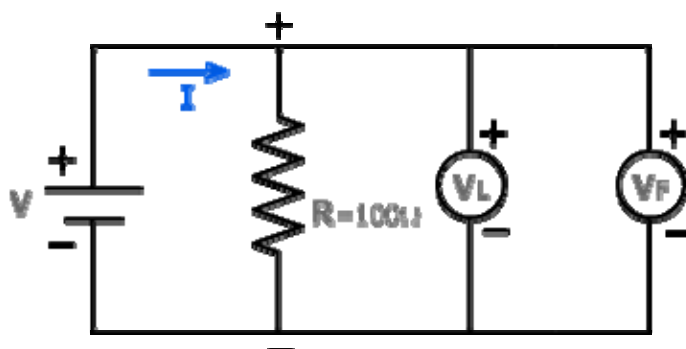


Figura 1.10

b. Desde el dial de la fuente varíe la alimentación partiendo de cero (0,0 V), con incrementos de 1,0 volt hasta marcar en el voltímetro patrón (Fluke) 9,0 V o un valor cercano y consigne los datos de los dos voltímetros en la tabla 1.2.



De las lecturas en el voltímetro patrón (Fluke) no considere el dígito inestable que aparece en la pantalla.

c. Realice ahora las lecturas desde el voltímetro Leybold, empezando en 10,0 V, luego 9,5 V y a partir de este valor en pasos decrecientes de 1,0 volt hasta 0,5 V y complete la tabla 1.2.

:: ANÁLISIS Y PREGUNTAS [1.6]

- Discutir el comportamiento de la corriente en los circuitos del numeral [1.5.1] a medida que cambia R .
- Explicar la relación existente entre la intensidad de corriente y los diferentes valores de R al duplicarse el voltaje en la alimentación.
- Calcular el rango de la escala seleccionada V_m empleando la ecuación 1.1 y comentarlo.
- Calcule el error absoluto en cada par de medidas tomadas en el numeral [1.5.2] y llene la columna respectiva de la tabla 1.2 e igualmente calcule el error instrumental y regístrelos en la respectiva columna de la misma tabla.

- e. Analizar las diferencias entre datos suministrados por los voltímetros Fluke y Leybold registrados en la tabla 1.2. ¿A qué se podrían atribuir tales diferencias? ¿Existe alguna variación si la toma de datos es creciente o decreciente?.

Rango 0,0 ... 10,0 V.

Tolerancia 0,15

Clase k = 1,5

Voltímetro Fluke (Digital) PATRON (V)	Voltímetro LEYBOLD (ANÁLOGO) LECTURA (V)	ERROR ABSOLUTO LECTURA-PATRON (V)	ERROR INSTRUMENTAL ΔV RESPECTO AL RANGO $\frac{\text{LECTURA} - \text{PATRON}}{\text{RANGO}} \times 100$
1,			
2,			
3,			
4,			
5,			
6,			
7,			
8,			
9,			
	10,0		
	9,5		
	8,5		
	7,5		
	6,5		
	5,5		
	4,5		
	3,5		
	2,5		
	1,5		
	0,5		

Tabla 1.2

- f. Justificar por qué **es o no confiable** el voltímetro Leybold como instrumento de medida.
- g. Asociar la columna derecha de la tabla 1.2 con la ecuación 1.4 del error instrumental ΔV ¿que concluye?
- h. Exprese medidas de voltaje e intensidad de corriente considerando lecturas que suministra el instrumento **análogo** y su correspondiente error absoluto total, empleando el procedimiento descrito en el numeral [1.4.3] literales a, b, c y d; auxíliese con el ejemplo 1.1 y el numeral [1.4.4.1].
- i. Exprese medidas de voltaje y resistencia considerando la lectura que suministra el instrumento **digital** y su correspondiente error absoluto; se recomienda utilizar la información que aparece en la hoja “Especificaciones de instrumentos de medida usados en el laboratorio de Física II”, siguiendo el proceso descrito en el numeral [1.4.4.2].
- j. Mencione aplicaciones de señales eléctricas de corriente alterna y corriente directa.