



## Circuitos Eléctricos

### I. Objetivos

- Establecer la relación matemática que existe entre diferencia de potencial, resistencia y la intensidad.
- Comprobar la ley de Ohm.
- Calcular la resistencia equivalente a partir de datos medidos.
- Familiarizarse con el uso del multímetro.

### II. Problema

Se presenta un circuito en serie, paralelo y mixto con resistencias  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_6$  y se suministra un voltaje máximo de 12 V. ¿Cuál es la resistencia equivalente ( $R_{Equiv}$ ) para las tres configuraciones de circuitos? (ver Figura 1).

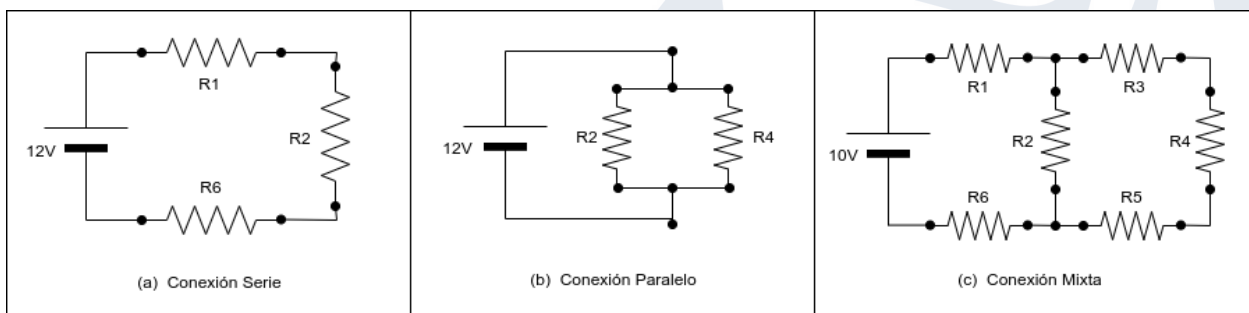


Figura 1: Configuraciones de Circuitos Eléctricos

### III. Marco Teórico

Un circuito eléctrico es una trayectoria cerrada que permite el flujo de corriente eléctrica para generar y transportar energía mediante la conexión entre elementos eléctricos. Algunos de estos elementos eléctricos son:

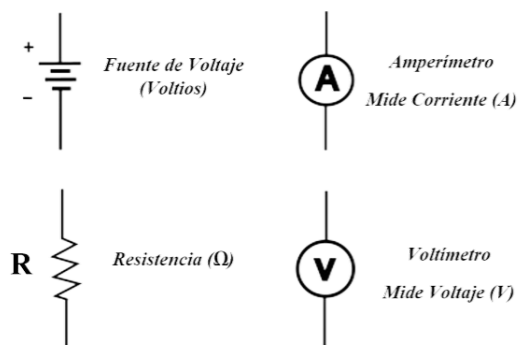


Figura 2: Elementos Básicos de Circuitos Eléctricos

Estos son una pequeña parte de los elementos eléctricos que se suelen utilizar en los circuitos, pero solo se utilizarán los elementos anteriormente mencionados en esta práctica.

## Resistencia

Color	Primera banda	Segunda banda	Tercera banda Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	0	$\times 10^0 = 1$	
Café	1	1	$\times 10^1 = 10$	
Rojo	2	2	$\times 10^2 = 100$	2%
Anaranjado	3	3	$\times 10^3 = 1,000$	
Amarillo	4	4	$\times 10^4 = 10,000$	
Verde	5	5	$\times 10^5 = 100,000$	
Azul	6	6	$\times 10^6 = 1,000,000$	
Morado	7	7	$\times 10^7 = 10,000,000$	
Gris	8	8	$\times 10^8 = 100,000,000$	
Blanco	9	9	$\times 10^9 = 1,000,000,000$	
				Dorado 5%
				Plata 10%

Figura 3: Código de colores para resistencias

La resistencia  $R$  de un elemento denota su capacidad para resistirse al flujo de la corriente eléctrica; se mide en ohms ( $\Omega$ ) **Sadiku**. Las resistencias disponen de 4 bandas de colores que nos ayudan a identificar su valor. Cada color corresponde a un dígito, por ejemplo el rojo es el dígito 2. Así las primeras dos bandas nos dan los dos primeros dígitos del valor de la resistencia. La tercera banda es un multiplicador que nos indica el prefijo o la escala de la resistencia. Por ejemplo la banda naranja nos indicaría el prefijo kilo. De esta forma una resistencia con bandas roja-roja-naranja tendría un valor de  $22 \text{ K}\Omega$ . La cuarta banda nos indica la tolerancia, la cual indica la variación entre el valor real y teórico de la resistencia. Este es un parámetro necesario en electrónica.

## Ley de Ohm

La **Ley de Ohm** es una relación empírica entre la resistencia eléctrica ( $R$ ), el voltaje ( $V$ ) y la corriente ( $I$ ) que indica: *La corriente que pasa por un conductor es directamente proporcional al voltaje que recibe e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica del conductor.*

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Esta relación se mantiene entre dos puntos cualesquiera del circuito, es decir que aplica tanto para la totalidad del circuito como para cada elemento de resistencia dentro del circuito. Por tanto, si se mide el voltaje y la corriente que entrega la fuente, es posible determinar la resistencia total o equivalente del circuito.

## Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK)

La **Ley de Voltajes de Kirchhoff** establece que *la suma algebraica de los voltajes alrededor de una trayectoria cerrada (conocida como malla) es cero.*

$$\sum_{i=0}^N V_i = V_1 + V_2 + \dots + V_N = 0 \quad (2)$$

## Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK)

La **Ley de Corrientes de Kirchhoff** establece que *la suma algebraica de las corrientes que entran a un nodo es igual a la suma algebraica de las corrientes que salen de ese mismo nodo.* Un nodo es un punto donde dos o más elementos de un circuito tienen una conexión en común.

$$\sum_{i=0}^N I_i = I_1 + I_2 + \dots + I_N = 0 \quad (3)$$

## Convención de Signos

Se seguirá la siguiente convención de signos:

1. Se toma la dirección de la corriente producida por la fuente partiendo de la terminal positiva hacia la terminal negativa de la fuente.
2. Se tomarán positivas todas las corrientes que entren a un nodo y negativas las corrientes que salgan del nodo.
3. El signo de cada voltaje es la polaridad de la primera terminal encontrada al recorrer la malla siguiendo el sentido de la corriente.

## Resistencia Equivalente

Muchas veces se pueden simplificar las resistencias de un circuito y reemplazarlas por una **resistencia equivalente**. La resistencia equivalente es aquella que sustituye a varias resistencias, absorbiendo la misma intensidad de corriente.



Figura 4: Circuito simplificado

### Resistencia equivalente en serie

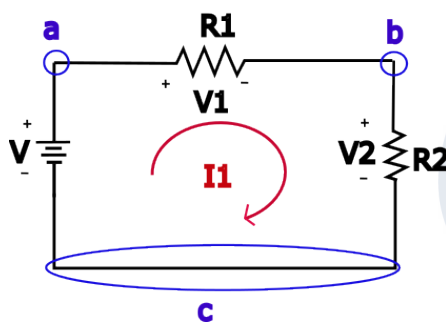


Figura 5: Circuito con resistencias en serie

Se dice que dos o más resistencias se encuentran en serie si tienen un solo nodo en común. Por ejemplo, las resistencias  $\mathbf{R}_1$  y  $\mathbf{R}_2$  en la Figura 5 solo tienen en común el nodo **b**. La corriente que atraviesa las resistencias en serie es la misma, esto se puede comprobar usando LCK, pues la corriente que sale del nodo **a** es la misma que entra al nodo **b**. La resistencia equivalente de resistencias en serie es la suma de los valores de las resistencias individuales.

$$R_{eq} = \sum_{i=0}^N R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_N \quad (4)$$

De esta forma el circuito de la Figura 5 se simplifica al circuito de la Figura 4.

### Resistencia equivalente en paralelo

Se dice que dos o más resistencias se encuentran en paralelo si tienen dos nodos en común. Por ejemplo, las resistencias  $\mathbf{R}_1$  y  $\mathbf{R}_2$  de la Figura 5 tienen en común los nodos **a** y **b**. El voltaje de las resistencias en paralelo es el mismo, esto se puede comprobar usando LVK. El recíproco de la resistencia equivalente de resistencias en paralelo es igual a la suma del recíproco de las resistencias individuales.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=0}^N \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (5)$$

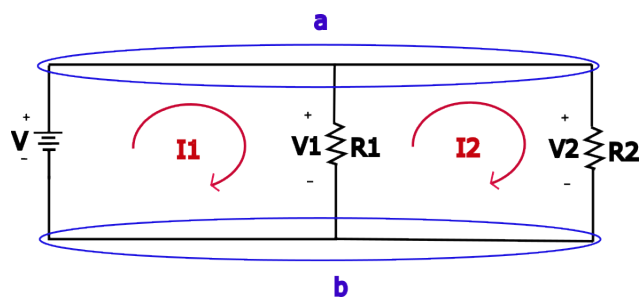


Figura 6: Circuito con resistencias en paralelo

De esta forma el circuito de la Figura 6 se simplifica al circuito de la Figura 4.

## IV. Montaje Experimental

### Materiales y Equipo

- 1 Fuente de voltaje
- 2 multímetros digitales Truper, modelo MUT-105 (en ausencia de multímetros se puede utilizar el multímetro Truper, modelo MUT-33 para medir corriente)
- 1 Placa de conexión Phywe
- 4 resistencias Phywe
- Cables tipo Banana o puentes Phywe

### Incertidumbres de un multímetro digital

Para calcular las incertidumbres de voltaje, corriente y resistencia medidas con un multímetro, se hace uso de las Tablas 1, 2 y 3 respectivamente (se presenta un ejemplo en los anexos). **Cabe señalar que estos valores dependerán de la marca y modelo del multímetro.** (Los valores brindados en las tablas corresponden al multímetro Truper modelo MUT105)

Escala	$\delta V$
2 V	$0.008 \langle V \rangle + 2 \text{ mV}$
20 V	$0.008 \langle V \rangle + 20 \text{ mV}$

Tabla 1: Incertidumbre del voltaje de acuerdo a la escala

Escala	$\delta I$
2 mA	$0.018 \langle I \rangle + 2 \mu\text{A}$
20 mA	$0.018 \langle I \rangle + 20 \mu\text{A}$
200 mA	$0.02 \langle I \rangle + 0.2 \text{ mA}$

Tabla 2: Incertidumbre de la corriente de acuerdo a la escala

Escala	$\delta R$
200 $\Omega$	$0.01 \langle R \rangle + 1\Omega$
2 $k\Omega$	$0.01 \langle R \rangle + 4\Omega$
20 $k\Omega$	$0.01 \langle R \rangle + 40\Omega$
200 $k\Omega$	$0.01 \langle R \rangle + 0.4 k\Omega$
2 $M\Omega$	$0.01 \langle R \rangle + 4 k\Omega$

Tabla 3: Incertidumbre de la Resistencia de acuerdo a la escala

### Incertidumbres de la Resistencias segun el fabricante

La incertidumbre de las resistencia, según el fabricante, está dada por el valor de tolerancia según el código de colores. (Se presenta un ejemplo en los anexos).

$$\delta R = \frac{\%Tolerancia}{100\%} \langle R \rangle$$

## V. Procedimiento Experimental

1. Colocará cada uno de los instrumentos en la escala adecuada. Reserve la función de uno de los multímetros para medir voltaje y ajuste la escala de medición (20 V DC).
2. Encienda la fuente de voltaje e introduzca las puntas de las mechas del voltímetro en los bornes de la fuente. Si las puntas quedan flojas dentro de los bornes, inclínelas hacia un lado de modo que las puntas hagan contacto con el metal interno de los bornes. Regule el voltaje de la fuente hasta que en el voltímetro observe el valor de 12 V.

### *Conexión Serie (Figura 1.a)*

1. Conecte la fuente de voltaje, regulada a 12 V en los puntos A y B.
2. Coloque el amperímetro, en la escala de miliamperios, en los puntos C y D. Esto se hará para medir la corriente en la resistencia  $R_1$ , llamaremos a este valor  $I_{R_1}$ . Registre la corriente en la Tabla 4.
3. Registre la corriente en  $R_2$  y  $R_6$ , colocando el amperímetro en los puntos E y L para medir  $I_{R_2}$  y en los puntos K y LL para medir  $I_{R_6}$ . Registre estos valores en la Tabla 4.
4. Calcule la  $R_{Equiv}$  utilizando la Ley de Ohm y los datos previamente registrados. Anote su resultado en la Tabla 4.

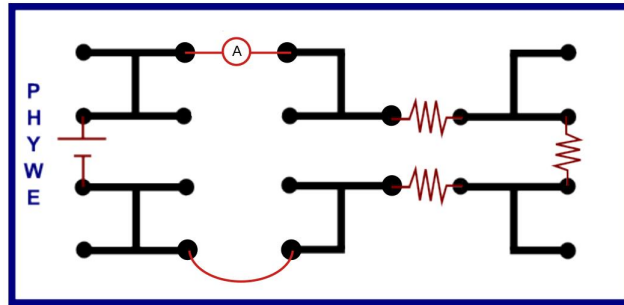


Figura 7: Conexión en serie con la placa de conexión Phywe

### ***Conexión Paralelo (Figura 1.b)***

1. Conecte la fuente de voltaje, regulada a 12 V en los puntos A y B.
2. Coloque el amperímetro, en la escala de miliamperios, en los puntos C y D. Mida el valor de la corriente en este punto y regístrela en la Tabla 5.
3. Utilizando la Ley de Ohm calcule el valor de  $R_{Equiv}$  para el circuito paralelo y regístrelo en la Tabla 5.
4. Mida los voltajes  $V_{R_2}$  y  $V_{R_4}$ , colocando las terminales del voltímetro en los puntos L y K para  $V_{R_2}$  y los puntos H e I para  $V_{R_4}$ . Registre estos valores en la Tabla 5.

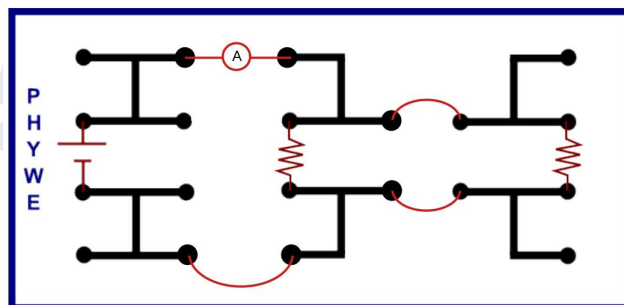


Figura 8: Conexión en paralelo con la placa de conexión Phywe

### ***Conexión Mixta (Figura 1.c)***

1. Ajuste la fuente de voltaje a 10 V y conéctela en los puntos A y B.
2. Conecte el amperímetro en los puntos C y D, registre la corriente que fluye en ese punto en la Tabla 6.
3. Calcule por medio de la Ley de Ohm el valor de la  $R_{Equiv}$  y anótelos en la Tabla 6.

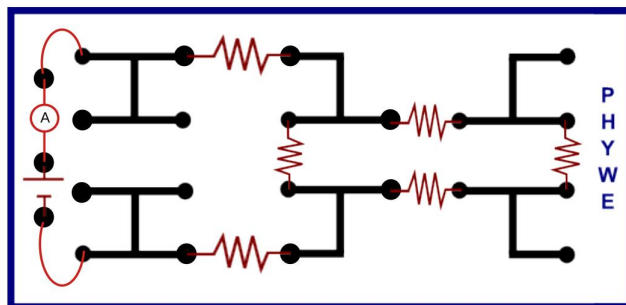


Figura 9: Conexión mixta con la placa de conexión Phywe

### *Conexión en Serie de Foquitos*

1. Conecte los foquitos del módulo en serie, como lo muestra el diagrama de conexiones de la Figura 10.
2. Ajuste la fuente de voltaje a 5V y conéctela en los puntos A y B.
3. Presione el interruptor, se encenderá una luz roja.
4. Realice las siguientes pruebas mencionadas en la Tabla 7 y marque en las casillas correctas según sus observaciones.

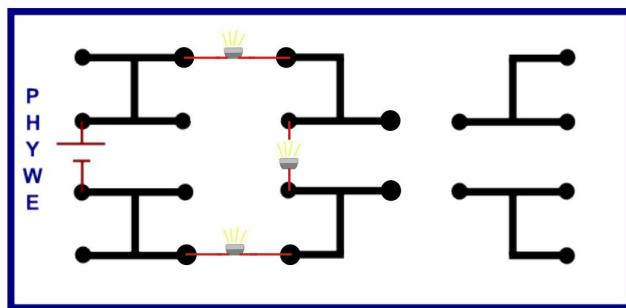


Figura 10: Foquitos conectados en serie.

### *Conexión en Serie de Foquitos*

1. Conecte los foquitos del módulo en paralelo, como lo muestra el diagrama de conexiones de la Figura 11.
2. Ajuste la fuente de voltaje a 5V y conéctela en los puntos A y B.
3. Presione el interruptor, se encenderá una luz roja.
4. Realice las siguientes pruebas mencionadas en la Tabla 8 y marque en las casillas correctas según sus observaciones.



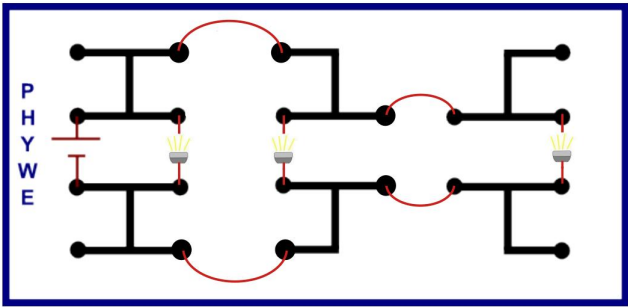


Figura 11: Foquitos conectados en paralelo.

VI. Tablas de Datos Experimentales

$R$	$V_f(\text{V})$	$I(\text{A})$	$R_{Equiv,calculado} (\Omega)$
$R_1$			
$R_2$			
$R_6$			

Tabla 4: Tabla de Datos Conexión en Serie

$R$	$V_f(\text{V})$	$V(\text{V})$	$R_{Equiv,calculado} (\Omega)$
$R_2$	12		
$R_4$			

Tabla 5: Tabla de Datos Conexión en Paralelo

$V_f(\text{V})$	$I(\text{A})$	$R_{Equiv,calculado} (\Omega)$
10		

Tabla 6: Tabla de Datos Conexión Mixta

Casos	Focos Quitados	Focos Colocados	Estado Focos
1	$F_1$	$F_2, F_3$	ON OFF
2	$F_2$	$F_1, F_3$	ON OFF
3	$F_3$	$F_1, F_2$	ON OFF

Tabla 7: Tabla de Datos Conexión en Serie

Casos	Focos Quitados	Focos Colocados	Estado Focos
1	$F_1$	$F_2, F_3$	ON OFF
2	$F_2$	$F_1, F_3$	ON OFF
3	$F_3$	$F_1, F_2$	ON OFF

Tabla 8: Tabla de Datos Conexión en Serie

## VII. Tratamiento de datos experimentales

1. ¿Cuál es el valor de  $R_{Equiv}$  utilizando la ley de Ohm con los datos registrados en la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6?

2. ¿Cuál es el valor teórico de  $R_{Equiv}$  en las tres conexiones vistas?

3. ¿Cuál es el porcentaje de error para cada caso?

## VIII. Análisis de Resultados

a) Acorde a los resultados en el tratamiento de datos experimentales, ¿la  $R_{Equiv}$  calculada coincide con la teórica? Argumente la respuesta.

b) ¿Por qué es útil calcular la  $R_{Equiv}$  dado un circuito?

- c) Acorde al procedimiento hecho con los focos. En sus propias palabras ¿Cuál es la principal diferencia entre una conexión en serie y una conexión en paralelo?
- d) Mencione al menos un caso práctico donde en su profesión es más conveniente utilizar una conexión en paralelo.

## IX. Conclusiones

***NOTA** Sus conclusiones deben hacer referencia al problema planteado y estar fundamentadas en sus resultados experimentales.*

▪

▪

▪

## X. Anexos

### Ejemplo del cálculo de incertidumbre para cantidades medidas con el multímetro digital

Suponga que un estudiante realiza la medición del voltaje en las terminales de una batería y encuentra que la batería es 9 V con la ayuda de un multímetro (se realizó la medida en la escala de 20 V). ¿Cómo se calcularía la incertidumbre en este caso? Para ello, de acuerdo a la tabla 1 y la escala que se utilizó, se deberá multiplicar el valor medido por 0.008 y sumarle a esta cantidad 20 mV de la siguiente forma:

$$\delta V = 0.008 \times \langle V \rangle + 20 \text{mV}$$

$$\delta V = 0.008 \times 9 \text{ V} + 20 \text{ mV}$$

$$\therefore \boxed{\delta V = 0.092 \text{ V}}$$

### Ejemplo del cálculo de incertidumbre según el valor del fabricante

Imagine que se tiene una resistencia de 27  $\Omega$  y su última banda es de color plata. ¿Cuál sería la incertidumbre según el fabricante? En este caso, para encontrar la incertidumbre, se dividirá el porcentaje de acuerdo a la tolerancia de la resistencia indicada por el color de la última banda entre 100 y luego se multiplicará por el valor de la resistencia según el fabricante.

$$\delta R = \frac{\% \text{Tolerancia}}{100 \%} \times \langle R \rangle$$

$$\delta R = \frac{10 \%}{100 \%} \times 27 \Omega$$

$$\therefore \boxed{\delta R = 2.7 \Omega}$$