



**Docentes:**

*Ing. Camilo Medina L.*

*Ing. Adriana Luna H.*

*Ing. Jorge Leal G.*

# Guía de Laboratorio No. 2

## Circuitos Eléctricos y

## Leyes de Kirchhoff

### 1. Descripción

El presente documento da a los estudiantes una introducción a los circuitos eléctricos y a las leyes de Kirchhoff.

### 2. Objetivo

Dar a conocer a los estudiantes las leyes básicas de circuitos eléctricos; esto se logra haciendo que implementen sus primeros circuitos sencillos y comprobando a través de mediciones hechas por ellos tales leyes básicas.

### 3. Marco Teórico

Existen dos tipos de dispositivos, los activos entre los que se encuentran las fuentes de voltaje o corriente capaces de suministrar o controlar la energía para un circuito, y los pasivos que absorben o almacenan la energía procedente de las fuentes. En la Figura 1 podemos observar el diagrama eléctrico de una linterna de mano, está constituido por una batería, la cual es un dispositivo activo, y una lámpara incandescente misma que se puede considerar como un dispositivo pasivo. En todo circuito eléctrico están presentes tres parámetros importantes relacionados entre sí, el *voltaje*, la *corriente* y la *resistencia*.

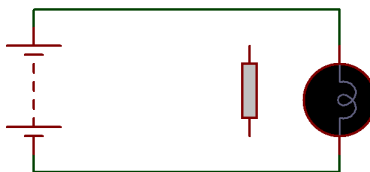


Figura 1: Circuito Eléctrico

#### 3.1. Estructuras de Circuitos

Los elementos de circuito se pueden conectar de diferentes formas, hay dos formas de conexión que son las mas usadas y básicas en el análisis de circuitos.

### 3.1.1. Circuito Serie

Dos elementos o circuitos están conectados en serie cuando son los dos únicos elementos que están conectados a un nodo. En la Figura 2 el circuito A está en serie con el circuito B y como consecuencia de la ley de Corrientes de Kirchhoff las corrientes en dos o más elementos en serie son iguales.

$$I_A = I_B$$

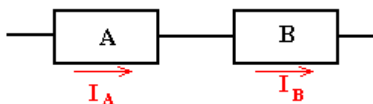


Figura 2: Circuito en Serie

Es de tener en cuenta un caso como el de la Figura 3 en el que el elemento A no está en serie con el B (A y B no son los únicos dos elementos en el nodo), ni en serie con C (A y C no son los únicos dos elementos en el nodo), pero A está en serie con el circuito formado por B y C, la corriente  $I_A$  es entonces igual a la corriente total  $I_X$  en el circuito de B y C.

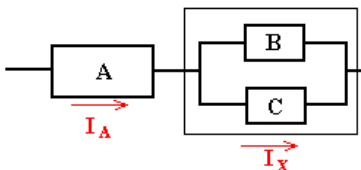


Figura 3: Circuito que no está en Serie

### 3.1.2. Circuito en Paralelo

Dos elementos o circuitos están conectados en paralelo cuando los terminales de ambos elementos están conectados a dos nodos comunes. En la Figura 4 el circuito A está en paralelo con el circuito B y como consecuencia de la ley de Voltajes de Kirchhoff los voltaje en dos o más elementos en paralelo son iguales:

$$V_A = V_B$$

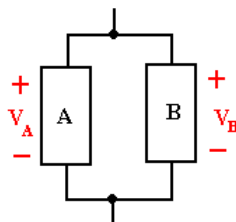


Figura 4: Circuito Paralelo

Es de tener en cuenta un caso como el de la Figura 5 en el que el elemento A no está en paralelo con B (el nodo inferior de A no es el nodo inferior de B), ni en paralelo con C (el nodo superior de A no es el nodo superior de B), pero A está en paralelo con el circuito formado por B y C, el voltaje  $V_A$  es entonces igual al voltaje total  $V_X$  en el circuito de B y C.

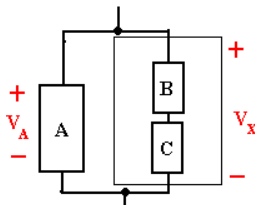


Figura 5: Circuito que no está en Paralelo

### 3.2. Leyes de Kirchhoff

El análisis de algunos circuitos simples cuyos elementos incluyen baterías, resistencias y condensadores en varias combinaciones, se simplifica utilizando las leyes de Kirchhoff. Estas reglas se siguen de las leyes de conservación de la energía y de la carga.

Un circuito simple puede analizarse utilizando la ley de Ohm y las reglas de combinaciones en serie y paralelo de resistencias. Muchas veces no es posible reducirlo a un circuito de un simple lazo. El procedimiento para analizar un circuito más complejo se simplifica enormemente al utilizar dos sencillas reglas llamadas leyes de Kirchhoff:

1. La suma de las corrientes que entren en una unión debe ser igual a la suma de las corrientes que salen de la unión. (una unión es cualquier punto del circuito donde la corriente se puede dividir).
2. La suma algebraica de los cambios de potencial a través de todos los elementos alrededor de cualquier trayectoria cerrada en el circuito debe ser cero.

#### 3.2.1. Ley de Corrientes de Kirchhoff (Nodos)

La primera regla se establece de la conservación de la carga. Es decir, toda la corriente que entre en un punto dado del circuito debe salir de ese punto, ya que la carga no puede perderse en ese punto. Se considera positiva una corriente que entra al nodo y negativa una corriente que sale del nodo. Si se aplica esta regla a la unión que se ve en la Figura 6 siguiente se obtiene:

$$-I_A + I_B - I_C - I_D + I_E = 0$$

La suma de corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de corrientes que salen del nodo:

$$I_B + I_E = I_A + I_C + I_D$$

Cuando no se sabe el sentido de la corriente en un elemento se coloca la flecha en cualquier sentido, si el resultado da signo negativo, indica que el sentido real es el contrario al indicado por la flecha.

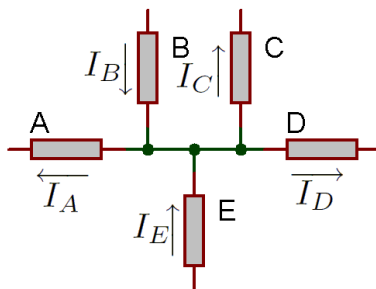


Figura 6: Ley de Corrientes de Kirchhoff

### 3.2.2. Ley de Voltajes de Kirchhoff (Mallas)

La segunda regla se deduce de la conservación de la energía. Es decir, cualquier carga que se mueve en torno a cualquier circuito cerrado (sale de un punto y llega al mismo punto) debe ganar tanta energía como la que pierde.

De esto se deduce que la suma de voltajes en una trayectoria cerrada o en una malla de un circuito es igual a cero; para la evaluación numérica se toma como positivo el voltaje si se trata de una elevación de voltaje al pasar por el elemento y negativo si hay una caída de voltaje, tal como se muestra en la Figura 7.

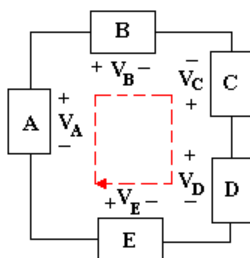


Figura 7: Ley de Voltajes de Kirchhoff

La trayectoria en el sentido marcado determina que hay elevación de voltaje (- a +) en  $V_A$ ,  $V_C$  y en  $V_E$ , y hay caída de voltaje (+ a -) en  $V_B$  y  $V_D$ . Al aplicar la ley de voltajes de Kirchhoff (LVK) nos resulta en la siguiente ecuación:

$$-V_A + V_B - V_C + V_D - V_E = 0$$

Una forma rápida de plantear la ecuación de trayectoria es tener en cuenta el signo del voltaje al entrar al elemento en el sentido de la trayectoria y ese signo se coloca en la ecuación. Para el circuito mostrado en la Figura 7 el signo en el recorrido es + al entrar en los elementos B y D, lo cual corresponde con el signo de  $V_B$  y  $V_D$  en la ecuación, al igual que ocurre con A, C y E, en los cuales el signo en el recorrido es -, que equivale al signo de  $V_A$ ,  $V_C$  y  $V_E$  en la ecuación.

Existen limitaciones sobre el número de veces que pueden utilizarse las reglas de nodos y de mallas. La regla de nodos puede utilizarse siempre que sea necesario pero considerando que al escribir una nueva ecuación, se incluya una corriente que no haya sido utilizada previamente en alguna otra ecuación. En general, el número de veces que puede ser utilizada la regla de nodos es una menos que el número de uniones (nodos) que tenga el circuito. Por otro lado, la regla de mallas puede ser utilizada siempre que sea necesario en tanto que un nuevo elemento de circuito (resistencia o batería) o una nueva corriente aparezca en cada nueva ecuación. En general,



el número de ecuaciones independientes que se necesitan debe ser al menos igual al número de incógnitas para tener una solución al problema de un circuito particular.

Circuitos complejos con varias mallas y uniones generan un gran número de ecuaciones linealmente independientes que corresponden a un gran número de incógnitas. Tales situaciones deben ser manejadas formalmente utilizando álgebra matricial. Se pueden hacer programas en computadora para determinar los valores de las incógnitas.

### 3.2.3. Estrategia para la Solución de Problemas: Reglas de Kirchhoff

Para la solución de problemas utilizando las leyes de Kirchhoff, es recomendable seguir los siguientes pasos:

1. Dibuje el diagrama del circuito y asigne etiquetas y símbolos a todas las cantidades conocidas y desconocidas. Se debe asignar una dirección a la corriente en cada parte del circuito. No debe preocupar que no se asigne correctamente la dirección de la corriente, ya que el resultado tendrá signo negativo, pero la magnitud será la correcta. Aun cuando la asignación de la corriente es arbitraria, debe respetarse rigurosamente la dirección asignada cuando se apliquen las reglas de Kirchhoff.
2. Aplique la regla de nodos (Ley de Corrientes de Kirchhoff) a todas las uniones en el circuito en las cuales se obtengan relaciones entre varias corrientes.
3. Ahora aplique la Ley de Voltajes de Kirchhoff a tantas mallas en el circuito como sean necesarias para determinar las incógnitas. Al aplicar esta regla, deben identificarse correctamente los cambios de potencial de cada elemento al recorrer la malla (ya sea en sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario).
4. Por último, deben resolverse las ecuaciones simultáneamente para las cantidades desconocidas. Es necesario ser cuidadoso en los pasos algebraicos y verificar que las respuestas numéricas sean congruentes.

## 3.3. Circuitos Equivalentes

Dos circuitos son equivalentes cuando al aplicar o tener el mismo voltaje en los terminales de los circuitos, la corriente que pasa por los dos circuitos es la misma.

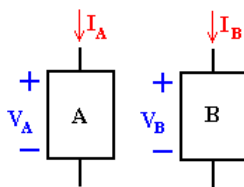


Figura 8: Circuitos Equivalentes

Si en el circuito de la Figura 8 se cumple que para  $V_A = V_B$  se tiene  $I_A = I_B$ , entonces el circuito A es equivalente al circuito B.

### 3.3.1. Resistencias Equivalentes

Aplicando el concepto de circuitos equivalentes, un circuito con varias resistencias puede reemplazarse por una resistencia equivalente para obtener la misma corriente con el mismo voltaje.

**Resistencia Equivalente Serie** La resistencia equivalente de un grupo de resistencias conectadas en serie, como las de la Figura 9, es:

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + \cdots + R_N$$

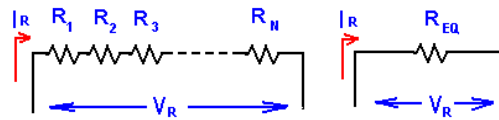


Figura 9: Resistencia Equivalente Serie

**Resistencia Equivalente Paralelo** La resistencia equivalente de un grupo de resistencias conectadas en paralelo, como las de la Figura 10, es:

$$\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_N} \Rightarrow R_{EQ} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_N}}$$

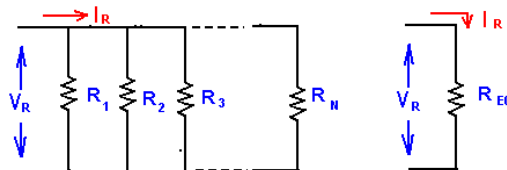


Figura 10: Resistencia Equivalente Paralelo

## 4. Procedimiento

1. Realice el montaje que se muestra en la Figura 11.

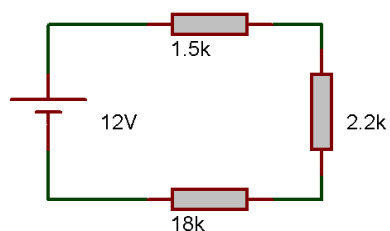


Figura 11: Circuito 1

- Tome mediciones de voltaje sobre cada una de las resistencias que se muestran en el circuito.
- Reemplace la resistencia de  $18k\Omega$  por un potenciómetro de  $20K\Omega$  y realice las mediciones de voltaje sobre cada uno de los elementos del circuito tomando cuatro valores arbitrarios de resistencia del potenciómetro. Asegúrese de medir el valor de la resistencia del potenciómetro en cada caso.

- Defina el concepto de resistencia equivalente en términos de los resultados de la práctica.
- Basándose en las mediciones tomadas exprese una conclusión acerca de la relación entre el voltaje entregado por la fuente y el voltaje que hay en cada resistencia.
- Desconecte la fuente de voltaje y coloque el óhmetro sobre los puntos donde estaba conectada la fuente. Mida la resistencia equivalente del circuito.
- Usando la ley de Ohm y la definición de Potencia eléctrica explique como se distribuye la potencia entregada por la fuente entre las resistencias del circuito.

2. Realice el montaje que se muestra en la Figura 12.

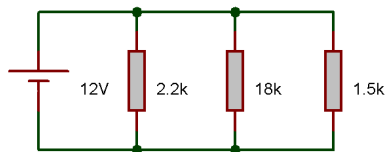


Figura 12: Circuito 2

- Tome mediciones de la corriente que circula por cada una de las resistencias que se muestran en el circuito.
  - Asigne a la fuente el valor de 9V, 6V y 3V, y repita las mediciones anteriores.
  - Defina el concepto de resistencia equivalente en términos de los resultados de la práctica.
  - Basándose en las mediciones tomadas exprese una conclusión acerca de la relación entre el voltaje entregado por la fuente y el voltaje que hay en cada resistencia.
  - Desconecte la fuente de voltaje y coloque el óhmetro sobre los puntos donde estaba conectada la fuente. Mida la resistencia equivalente del circuito.
  - Usando la ley de Ohm y la definición de Potencia eléctrica explique como se distribuye la potencia entregada por la fuente entre las resistencias del circuito.
3. Monte el circuito de la Figura 13 con  $V1 = 10V$  y resistencias variadas, mida las corrientes  $I$ ,  $I_2$  e  $I_3$  y verifique los resultados con las expresiones para el divisor de corriente.

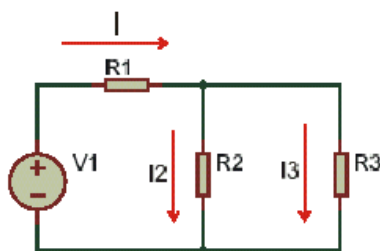


Figura 13: Circuito 3

4. Colocando resistencias en serie y en paralelo diseñe un circuito que divida por 5.25 el voltaje de entrada lo más exacto posible.

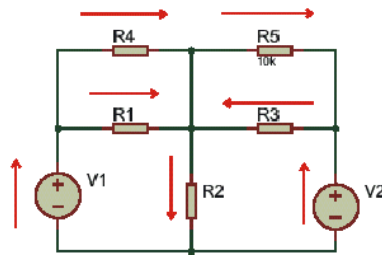


Figura 14: Circuito 4

5. Monte el circuito de la Figura 14 con  $V1 = 10V$  y  $V2 = 5V$  y resistencias variadas.

- Mida las corrientes en cada elemento. ¿Están bien asignados los sentidos de las flechas en el dibujo?, Haga el diagrama correcto.
- Mida el voltaje en  $R_4$  y  $R_1$ , ¿Están estas en paralelo?
- Con base en las mediciones anteriores, examine para cada uno de los nodos del circuito si se verifica la ley de corrientes de Kirchoff.

6. Monte el circuito de la Figura 15 con un valor de  $V1$  apropiado.

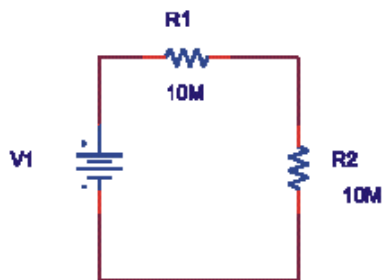


Figura 15: Circuito 5

- ¿Qué voltaje espera en  $R2$  si ambas resistencias son iguales?
- ¿Cuál valor mide en  $R2$ ? Explique por qué.

7. Monte el circuito de la Figura 16.

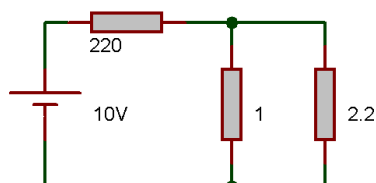


Figura 16: Circuito 6





- Mida las corrientes en R1, R2 y R3.
- Con base en las medidas, ¿se cumple la Ley de Corrientes de Kirchoff? Explique.

## 5. Consulta

Encuentre los valores de resistencia interna que presenta el multímetro(s) utilizado(s) cuando se utiliza como voltímetro y cuando se utiliza como amperímetro. Aplique las leyes de voltaje y corriente de Kirchoff para calcular las corrientes y voltajes que se deben medir sobre cada uno de los elementos de los circuitos 5 y 6, teniendo en cuenta la resistencia interna que presenta el multímetro al tratar de realizar las mediciones.