

# Leyes de kirchhoff

D. Sierra-Porta

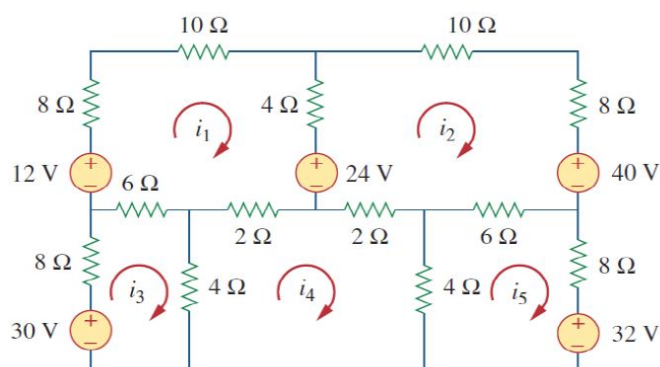
## Índice

1. Introducción	1
2. Leyes de Kirchhoff	1
2.1. Primera ley de Kirchhoff- La Ley de la Corriente (KCL)	2
2.2. Segunda Ley de Kirchhoff - La Ley de Voltaje (KVL)	2
3. Nota final	3
3.1. Nota acerca de las leyes de la mallas y los nodos	3

## 1. Introducción

Vimos en capítulos pasados como se puede encontrar una resistencia equivalente única ( $R_T$ ) cuando dos o más resistencias se conectan juntas en serie, en paralelo o en combinaciones de ambas, y que estos circuitos obedecen la Ley de Ohm.

Sin embargo, a veces en circuitos complejos como puentes o redes T, no podemos simplemente usar la Ley de Ohm solo para encontrar los voltajes o corrientes que circulan dentro del circuito. Para este tipo de cálculos necesitamos ciertas reglas que nos permitan obtener las ecuaciones de circuito y para esto podemos usar la Ley de Circuito de Kirchhoff.



**Fig. 1:** Un circuito compuesto de resistencia y baterías en serie y en paralelo.

En 1845, un físico alemán, Gustav Kirchhoff desarrolló un par o conjunto de reglas o leyes que se ocupan de la conservación de la corriente y la energía dentro de los circuitos eléctricos. Estas dos reglas se conocen comúnmente como: Leyes de circuito de Kirchhoff con una de las leyes de Kirchhoff que se ocupan de la corriente que fluye alrededor de un circuito cerrado, Ley de Kirchhoff de corriente (KCL),

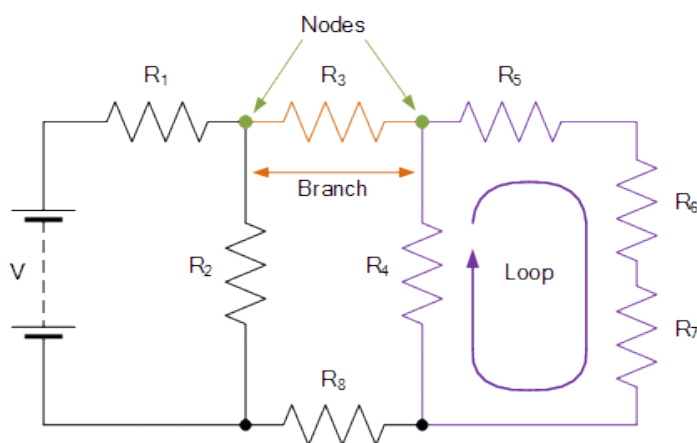
mientras que la otra ley se ocupa de las fuentes de voltaje presentes en un circuito cerrado, Ley Kirchhoff de Voltaje, (KVL).

## 2. Leyes de Kirchhoff

En adelante vamos a definir dos componentes principales de un circuito. Si vemos las figura 1, además de las resistencia y baterías en serie o en paralelo (que en principio de difícil saber que tipo de arreglo tienen), vamos a definir dos elementos (que tienen que ver más bien con las propiedades geométricas del circuito). El circuito en si mismo es un arreglo de cables, o líneas por las que circula corriente, y que conectan a los demás dispositivos de la configuración.

**Un nodo:** es simplemente un punto en el que confluyen tres o más cables o líneas de corriente. Mientras que **una malla** es un recorrido completo de corrientes que empiezan en un nodo y terminan en el mismo luego de recorrer el circuito. Usualmente se elige siempre un sentido para recorrer la malla.

En la figura 1 vemos que existen 7 nodos y 5 mallas. En la figura 2 vemos que existen 4 nodos y 3 mallas. Para la metodología siguiente vamos a referirnos a la solución del circuito de la figura 2.



**Fig. 2:** Otro circuito compuesto de resistencia y baterías en serie y en paralelo.

## 2.1. Primera ley de Kirchhoff- La Ley de la Corriente (KCL)

La Ley de Kirchhoff de Corriente o KCL, establece que *la corriente o carga total que ingresa a una unión o nodo es exactamente igual a la carga que sale del nodo ya que no tiene otro lugar a donde ir, excepto para irse, ya que no se pierde carga dentro del nodo.*

En otras palabras, la suma algebraica de TODAS las corrientes que entran y salen de un nodo debe ser igual a cero,

$$i_{(total)} = i_{(saliendo)} + i_{(entrando)} = 0. \quad (1)$$

Esta idea de Kirchhoff se conoce comúnmente como Conservación de la Carga.

El término Nodo en un circuito eléctrico generalmente se refiere a una conexión o unión de dos o más rutas de transporte de corriente o elementos tales como cables y componentes. Además, para que la corriente fluya dentro o fuera de un nodo, debe existir una ruta de circuito cerrado. Podemos usar la ley actual de Kirchhoff al analizar circuitos paralelos.

## 2.2. Segunda Ley de Kirchhoff - La Ley de Voltaje (KVL)

La Ley de Voltaje de Kirchhoff o KVL establece que *en cualquier red de circuito cerrado, el voltaje total alrededor del circuito es igual a la suma de todas las caídas de voltaje dentro del mismo circuito, que también es igual a cero.*

En otras palabras, la suma algebraica de todos los voltajes dentro del bucle debe ser igual a cero. Esta idea de Kirchhoff se conoce como Conservación de la Energía

$$\sum_i \Delta V_i = 0, \quad (2)$$

donde la sumatoria corre sobre todos los dispositivos recorriendo la malla estudiada.

Comenzando en cualquier punto del bucle, continúe en la misma dirección observando la dirección de todas las caídas de voltaje, ya sean positivas o negativas, y regresando al mismo punto de partida. Es importante mantener la misma dirección ya sea en sentido horario o antihorario o la suma final de voltaje no será igual a cero. Podemos usar la ley de voltaje de Kirchhoff cuando analizamos circuitos en serie.

Cuando se analizan circuitos de CC o de CA utilizando las leyes de circuito de Kirchhoff, se utilizan una serie de definiciones y terminologías para describir las partes del circuito que se analiza, tales como: nodo, rutas, ramas, bucles y mallas. Estos términos se usan con frecuencia en el análisis de circuitos, por lo que es importante comprenderlos.

Términos comunes de la teoría del circuito DC:

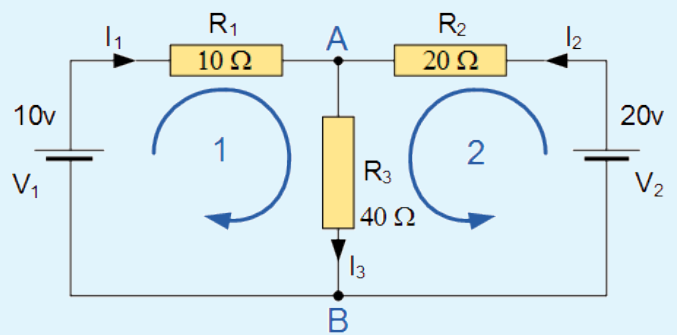
- Circuito: un circuito es una ruta conductora de circuito cerrado en la que fluye una corriente eléctrica.

- Ruta: una sola línea de elementos o fuentes de conexión.
- Nodo: un nodo es una unión, conexión o terminal dentro de un circuito en el que dos o más elementos del circuito están conectados o unidos entre sí dando un punto de conexión entre dos o más ramas. Un nodo se indica con un punto.
- Rama: una rama es un único o grupo de componentes, como resistencias o una fuente, que están conectados entre dos nodos.
- Bucle: un bucle es una ruta cerrada simple en un circuito en el que no se encuentra ningún elemento o nodo del circuito más de una vez.
- Malla: una malla es un bucle abierto único que no tiene una ruta cerrada. No hay componentes dentro de una malla.

Tenga en cuenta que:

- Se dice que los componentes están conectados entre sí en serie si el mismo valor de corriente fluye a través de todos los componentes.
- Se dice que los componentes están conectados entre sí en paralelo si tienen el mismo voltaje aplicado a través de ellos.

### Ejemplo: Resolviendo un circuito.



En este caso se pide el valor de la corriente que fluye en la resistencia de  $40\ \Omega$ ,  $R_3$ .

**Solución:** El circuito tiene 3 ramas, 2 nodos (A y B) y 2 bucles independientes. Usando la ley actual de Kirchhoffs, KCL las ecuaciones se dan como:

$$\text{En el nodo A: } i_1 + i_2 = i_3,$$

$$\text{En el nodo B: } i_3 = i_1 + i_2.$$

Usando la Ley de Voltaje de Kirchhoffs, KVL las ecuaciones se dan como:

$$\text{El bucle 1 se da como: } 10 = R_1 i_1 + R_3 i_3 = 10i_1 + 40i_3,$$

$$\text{El bucle 2 se da como: } 20 = R_2 i_2 + R_3 i_3 = 20i_2 + 40i_3,$$

$$\text{El lazo 3 se da como: } 10 - 20 = 10i_1 - 20i_2.$$

Como  $i_3$  es la suma de  $i_1 + i_2$  podemos reescribir las ecua-

ciones como;

$$\text{Eq. No 1: } 10 = 10i_1 + 40(i_1 + i_2) = 50i_1 + 40i_2,$$

$$\text{Eq. No 2: } 20 = 20i_2 + 40(i_1 + i_2) = 40i_1 + 60i_2.$$

Ahora tenemos dos Ecuaciones simultáneas que se pueden reducir para darnos los valores de  $i_1$  e  $i_2$ . La sustitución de  $i_1$  en términos de  $i_2$  nos da el valor de  $i_1$  como  $-0.143$  amperios. La sustitución de  $i_2$  en términos de  $i_1$  nos da el valor de  $i_2$  como  $+0.429$  amperios. Como:  $i_3 = i_1 + i_2$ , la corriente que fluye en la resistencia  $R_3$  se da como:  $(-0.143 + 0.429)$  amperios =  $0.286$  amperios, y el voltaje a través de la resistencia  $R_3$  se da como:  $\Delta V_3 = i_3 R_3 = (0.286)(40) = 11.44$  voltios.

El signo negativo para  $i_1$  significa que la dirección del flujo de corriente inicialmente elegida fue incorrecta, pero aún así es válida. De hecho, la batería de  $20\text{ V}$  está cargando la batería de  $10\text{ V}$ .

### 3. Nota final

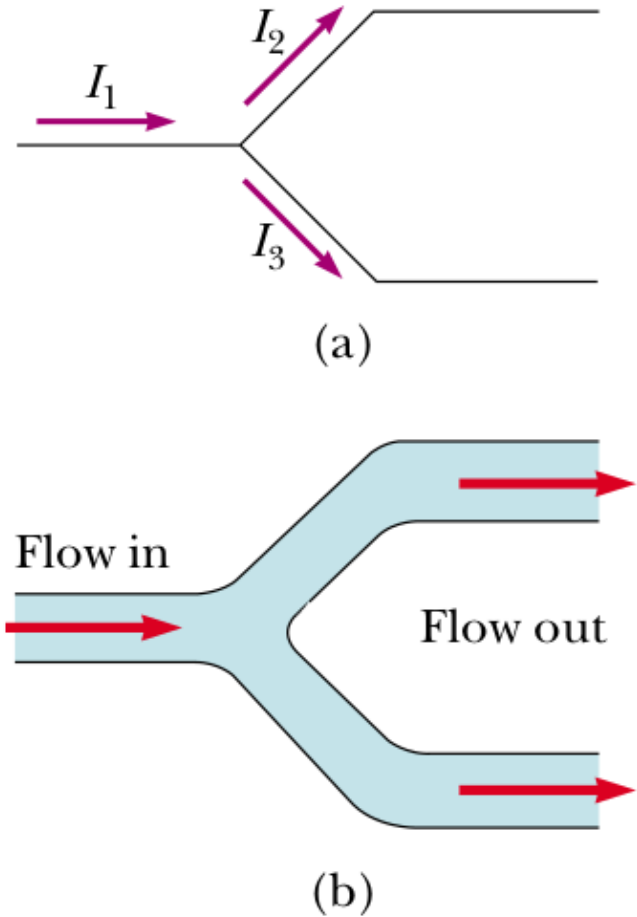
Estas dos leyes permiten encontrar las corrientes y los voltajes en un circuito, es decir, se dice que el circuito está analizado, y el procedimiento básico para usar las leyes de circuito de Kirchhoff es el siguiente:

1. Suponga que se dan todos los voltajes y resistencias. (Si no, rotúlelos  $V_1, V_2, \dots R_1, R_2$ , etc.)
2. Etiquete cada rama con una rama actual. ( $I_1, I_2, I_3$  etc.)
3. Encuentre las primeras ecuaciones de ley de Kirchhoff para cada nodo.
4. Encuentre las ecuaciones de la segunda ley de Kirchhoff para cada uno de los bucles independientes del circuito.
5. Use ecuaciones simultáneas lineales según sea necesario para encontrar las corrientes desconocidas.

Además de usar la Ley de Circuito de Kirchhoff para calcular los diversos voltajes y corrientes que circulan alrededor de un circuito lineal, también podemos usar el análisis de bucle para calcular las corrientes en cada bucle independiente que ayuda a reducir la cantidad de matemática requerida usando solo las leyes de Kirchhoff. En el próximo tutorial sobre circuitos de CC, veremos el Análisis de corriente de malla para hacer precisamente eso.

#### 3.1. Nota acerca de las leyes de las mallas y los nodos

La primera regla de Kirchhoff es una declaración de conservación de la carga eléctrica. Todas las cargas que ingresan a un punto dado en un circuito deben abandonar ese punto porque la carga no puede acumularse en un punto.



**Fig. 3:** (a) Regla de unión de Kirchhoff. La conservación de la carga requiere que todas las cargas que ingresen a una unión deben salir de esa unión. Por lo tanto,  $i_1 = i_2 + i_3$ . (b) Un análogo mecánico de la regla de unión: la cantidad de agua que fluye de las ramas de la derecha debe ser igual a la cantidad que fluye hacia la rama única de la izquierda.

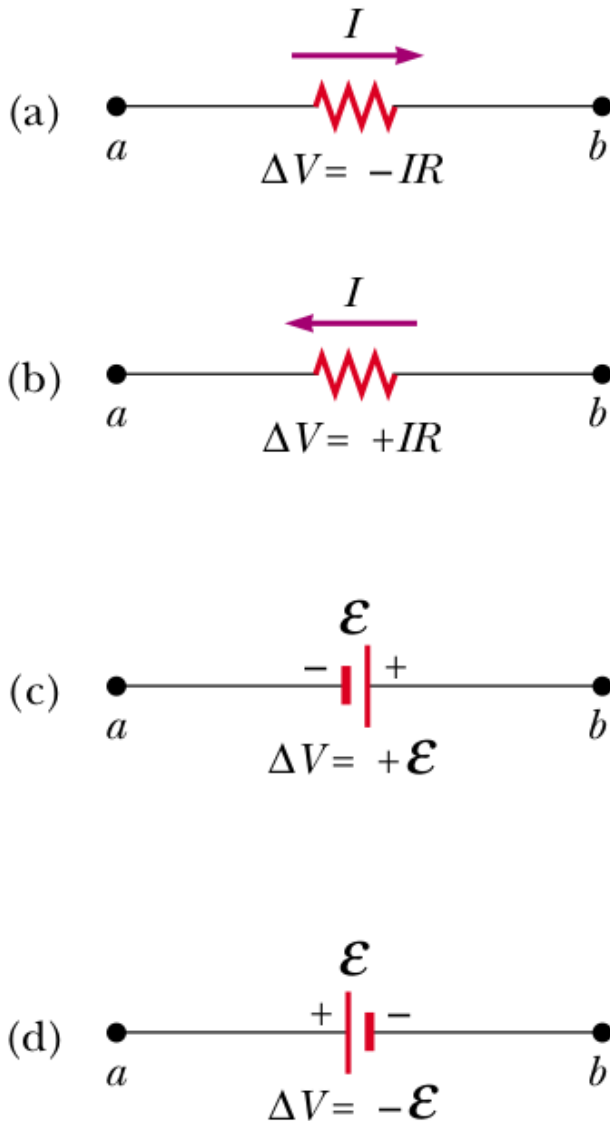
Si aplicamos esta regla a la unión que se muestra en la Figura 3, obtenemos

$$i_1 = i_2 + i_3.$$

La figura 3 representa un análogo mecánico de esta situación, en la que el agua fluye a través de una tubería ramificada que no tiene fugas. Debido a que el agua no se acumula en ninguna parte de la tubería, el caudal dentro de la tubería es igual al caudal total de las dos ramas a la derecha.

La segunda regla de Kirchhoff se deriva de la ley de conservación de la energía. Imaginemos mover una carga alrededor de un circuito cerrado de un circuito. Cuando la carga vuelve al punto de partida, el sistema del circuito de carga debe tener la misma energía total que tenía antes de que se moviera la carga. La suma de los aumentos de energía a medida que la carga pasa a través de algunos elementos del circuito debe

ser igual a la suma de las disminuciones de energía a medida que pasa a través de otros elementos. La energía potencial disminuye cada vez que la carga se mueve a través de una caída potencial  $-iR$  a través de una resistencia o cuando se mueve en la dirección inversa a través de una fuente de fem. La energía potencial aumenta cada vez que la carga pasa a través de una batería desde el terminal negativo al terminal positivo.



**Fig. 4:** Reglas para determinar las diferencias potenciales entre una resistencia y una batería. (Se supone que la batería no tiene resistencia interna). Cada elemento del circuito se atraviesa de izquierda a derecha.

Al aplicar la segunda regla de Kirchhoff en la práctica, imaginamos viajar alrededor del circuito y considerar los cambios en el potencial eléctrico, en lugar de los cambios en la energía potencial descritos en el párrafo anterior. Debe

tener en cuenta las siguientes convenciones de signos al usar la segunda regla:

- Debido a que las cargas se mueven desde el extremo de alto potencial de una resistencia hacia el extremo de bajo potencial, si una resistencia se atraviesa en la dirección de la corriente, la diferencia de potencial  $\Delta V$  a través de la resistencia es  $-iR$  (Fig. 4).
- Si se atraviesa una resistencia en la dirección opuesta a la corriente, la diferencia de potencial  $\Delta V$  a través de la resistencia es  $+iR$  (Fig. 4).
- Si se atraviesa una fuente de fem (se supone que tiene resistencia interna cero) en la dirección de la fem (de  $-$  a  $+$ ), la diferencia de potencial  $\Delta V$  es  $+\mathcal{E}$  (Fig. 4). La fem de la batería aumenta el potencial eléctrico a medida que avanzamos en esta dirección.
- Si una fuente de fem (se supone que tiene resistencia interna cero) se atraviesa en la dirección opuesta a la fem (de  $+$  a  $-$ ), la diferencia de potencial  $\Delta V$  es  $-\mathcal{E}$  (Fig. 4). En este caso, la fem de la batería reduce el potencial eléctrico a medida que avanzamos.

#### Ejemplo: Resolviendo un circuito.

Determine el valor de todas las corrientes que pasan por cada una de las resistencias en la figura 1.

Se deja de ejercicio.

Busca mas información y recursos  
sierraporta.github.io

