

CICLO ESCOLAR SEPTIEMBRE 2023 ENERO 2024
ELECTROMAGNETISMO
EVALUACION DE LA UNIDAD III



ITSSAT
CALIFICACION

Alumno (a): _____		CALIFICACION
_____ APELLIDO PATERNO	_____ APELLIDO MATERNO	
Docente: Prof. José Angel NievesVázquez	Fecha: ____/_____/2023	de 30 %
1. Utiliza lápiz para resolver y la respuesta con pluma. 2. Al que sea sorprendido copiando reprueba la unidad		

1. Dibuja un circuito en serie con $R_1 = 2$, $R_2 = 4$ y $R_3 = 6$ ohms respectivamente y calcula $V_{1,2,3}$, I_T , R_T el $V_T = 10$ V. (10%)

2. Dibuja un circuito en serie con $R_1 = 2$, $R_2 = 4$ y $R_3 = 6$ ohms respectivamente y calcula R_T , $I_{T,1,2,3}$ del, (10%)

3. Dibuja un circuito mixto con $R_1 = 2$, en serie; $R_2 = 4$ y $R_3 = 6$ ohms respectivamente en paralelo. Calcula $V_{1,2,3}$, $I_{T,1,2,3}$, R_T , (10%)



*Instituto Tecnológico Superior de
San Andrés Tuxtla (I.T.SSAT.)*

Electromagnetismo

Apuntes: Corriente eléctrica

Unidad 3 período septiembre 2023-enero 2024

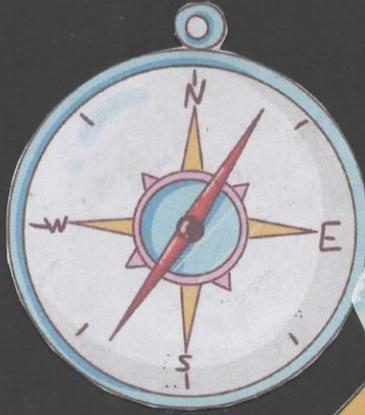
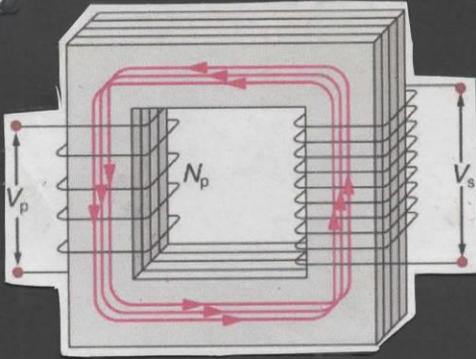
Ing. Mecatrónica 3 | I-A

Rocio Teoba Herrera.

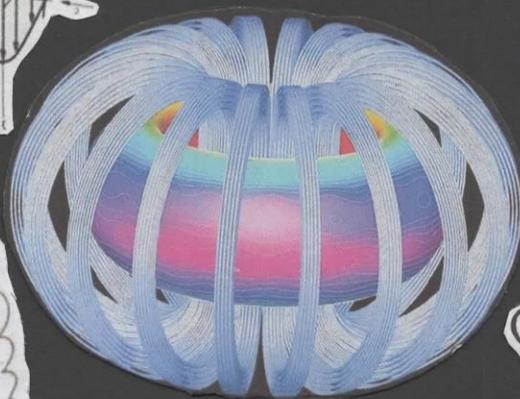
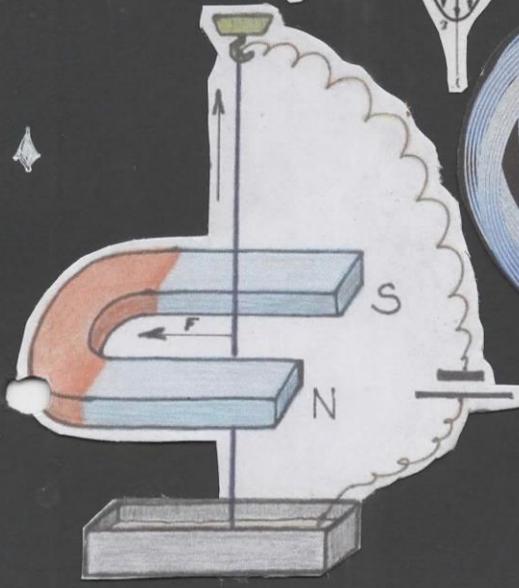
N° de control: 221u0562

Dr. José Ángel Nieves Vázquez

San Andrés Tuxtla, Ver. A 10 de noviembre de 2023



Electro- magnetismo





UNIDAD 3

3.1 Corriente eléctrica



La corriente eléctrica es el flujo de cargas eléctricas a través de un conductor, como un cable metálico. Estas cargas eléctricas son principalmente electrones, que se desplazan en una dirección particular debido a la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. La corriente eléctrica se mide en amperios (A) y es una cantidad fundamental en la electricidad.

La corriente eléctrica puede ser de dos tipos:

1. Corriente continua (CC o DC): En este tipo de corriente, los electrones fluyen de manera constante en una dirección. Se utiliza en aplicaciones como baterías, acumuladores y dispositivos electrónicos que funcionan como una fuente de energía continua.

2. Corriente alterna (CA o AC): En la corriente alterna, la dirección de flujo de los electrones cambia periódicamente. Este tipo de corriente es común en la distribución de energía eléctrica en hogares y empresas, ya que es más fácil de transmitir a largas distancias. La frecuencia de inversión de la dirección (medida en hertzios, Hz) varía según el país, pero es típicamente de 50 o 60 Hz.

La corriente eléctrica es esencial para la operación de dispositivos eléctricos y electrónicos, así como para la transmisión y distribución de energía eléctrica en la infraestructura eléctrica. Su flujo controlado y regulado es fundamental en numerosos aspectos de la vida moderna.

3.2 vector DENSIDAD de corriente

24/12/23

Un vector de densidad, en el contexto de la física y las ciencias matemáticas, se refiere a un vector que se utiliza para representar la distribución de masa o densidad de alguna propiedad física en un espacio tridimensional. Estos vectores son particularmente útiles cuando se trabaja con campos vectoriales para describir cómo una propiedad, como la densidad de masa, la densidad de carga eléctrica o la densidad de flujo magnético, varía en el espacio.

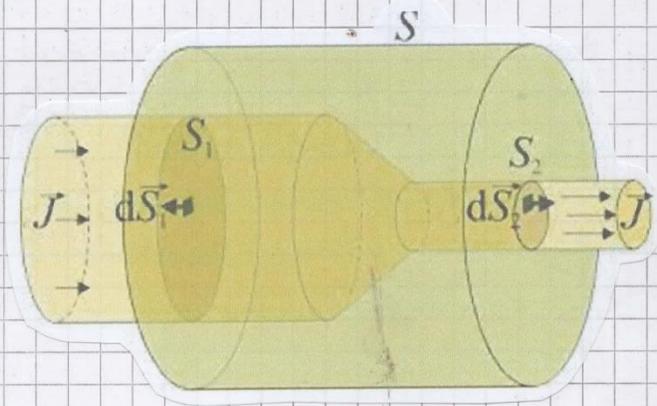
Consideraciones generales sobre los VECTORES de densidad

1. REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA: Un vector de densidad se define matemáticamente como un vector cuyos componentes son proporcionales a la densidad o la densidad de carga eléctrica en un punto, un vector de densidad asociado podría ser el producto de la densidad de carga en esa ubicación y el vector unitario que apunta en esa dirección.

2. USOS COMUNES:

• Densidad de Carga Eléctrica:

En electrostática, se utiliza un vector de densidad de carga para describir cómo está distribuida la carga eléctrica en el espacio. Este es un concepto fundamental en la Ley de Gauss y otros problemas de electrostática.



• **Densidad de masa:** Un vector de densidad de masa se usa para representar cómo está distribuida la masa en un objeto tridimensional. En el cálculo y la mecánica, es fundamental para calcular momentos y otras propiedades físicas.

• **Densidad de Corriente Eléctrica:** En la electrodinámica, se emplea un vector de densidad de corriente para describir cómo fluye la corriente eléctrica en un conductor. Esto es fundamental para la ley de Ampère y la teoría de circuitos.

*NOTACIÓN: Los vectores de densidad suelen representarse con letras griegas como ρ (rho) para la densidad y el símbolo de vector (como una flecha) para indicar que es un vector, como en $\vec{\rho}$

Un vector de densidad es una herramienta matemática útil para describir la distribución de una propiedad física en un espacio tridimensional. Estos vectores son ampliamente utilizados en física y matemáticas para resolver problemas que involucran distribuciones espaciales de masa, carga eléctrica o cualquier otra propiedad física que pueda ser modelada como una densidad.

En términos más técnicos, el vector densidad puede definirse como una función que asigna un valor a cada punto en el espacio-tiempo, de manera que:

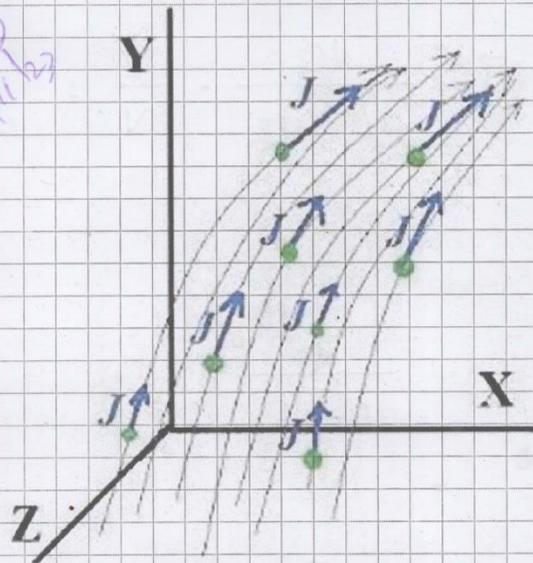
$$\vec{P}(x, t) = f(x, t),$$

donde " \vec{P} " es el vector densidad, " x " son las coordenadas espaciales, " t " es el tiempo y " $f(x, t)$ " es la función que describe la propiedad física en ese punto del espacio-tiempo.

3.3 Ecuación de continuidad

En teoría electromagnética, la ecuación de continuidad viene derivada de dos de las ecuaciones de Maxwell. Establece que la divergencia de la densidad de corriente es igual al negativo de la derivada de la densidad de carga respecto del tiempo:

En otras palabras, sólo podrá haber un flujo de corriente si la cantidad de carga varía con el paso del tiempo, ya que esta disminuye o aumenta en proporción a la carga que es usada para alimentar dicha corriente.



$$\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

Esta ecuación establece la conservación de la carga.

La ecuación expresa de forma matemática que la carga eléctrica no se crea ni se destruye, ni se transforma de positiva a negativa ni al revés, por lo que la carga eléctrica contenida en un volumen no se modifica si no es porque se le añade o extrae carga. Por carga eléctrica contenida en un volumen debe entenderse la suma de la carga positiva y la carga negativa.

$$\nabla \cdot \vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

donde \vec{J} es la densidad de corriente en cada punto de un conductor, ρ la densidad de carga en ese punto y t el tiempo.

Sea un espacio 3D donde se mueven cargas eléctricas. Definimos el vector densidad de corriente (\vec{J}) en un punto como la carga que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo.

Es un vector con la misma dirección y sentido que la velocidad de las cargas en ese punto:

$$\vec{J} = \frac{dQ}{dA \cdot dt} \cdot \frac{\vec{v}}{v} = \frac{dQ}{dA \cdot dt} \cdot \frac{\vec{v}}{\frac{ds}{dt}} = \frac{dQ}{dA \cdot ds} \cdot v = \vec{J} = \rho \cdot \vec{v}$$

Siendo

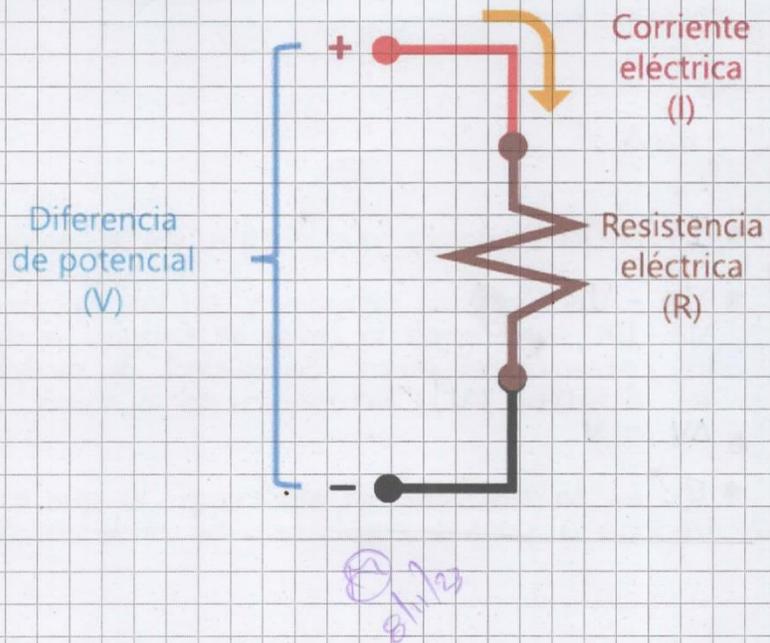
$$\rho = \frac{dQ}{dA \cdot ds} \quad \begin{array}{l} \text{la densidad de carga en cada punto y} \\ \vec{v} \text{ la velocidad de éstas en cada punto.} \end{array}$$

Se establece un campo vectorial, en el que cada punto hay un vector \vec{J} .

3.4 Ley de Ohm

La **Ley de Ohm** se usa para determinar la relación entre la diferencia de potencial (V), la corriente eléctrica (I) y la resistencia eléctrica (R), en un circuito eléctrico.

Establece que la intensidad de corriente eléctrica (I) que circula por un circuito eléctrico es directamente proporcional a la diferencia del potencial (V), que aplicamos entre los extremos del circuito eléctrico y es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica (R) del conductor.



La Ley de Ohm recibió su nombre en honor al físico alemán Georg Ohm (1789-1854). Esta ley es básica en los circuitos eléctricos.

Los conceptos que están involucrados con la Ley de Ohm son los siguientes:

- **Diferencia de Potencial (V)** Es el impulso que necesita una carga eléctrica para que pueda fluir por un conductor de un circuito eléctrico. Volt (V).
- **Corriente eléctrica (I)** Flujo de carga eléctrica que circula a través de un material por unidad de tiempo. Ampère (A).
- **Resistencia eléctrica (R)** Es la propiedad que posee un material para oponerse al paso de electrones a través de él. Ohm (Ω).

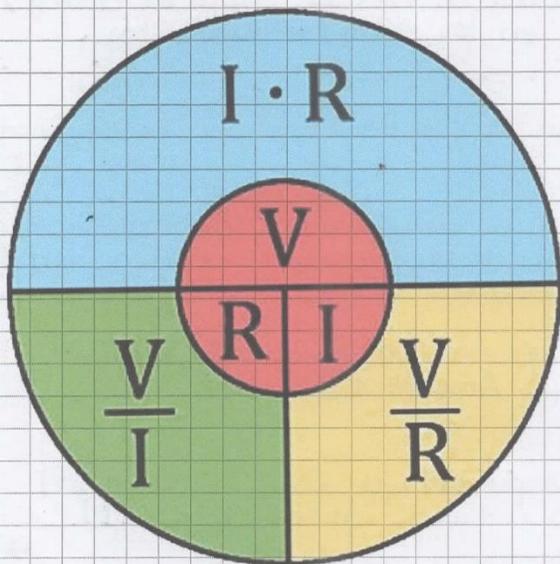
La **intensidad de corriente** que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial que existe entre sus extremos e inversamente proporcional a su resistencia eléctrica.

$$I = \frac{V_A - V_B}{R}$$

$$V = I \cdot R$$

donde:

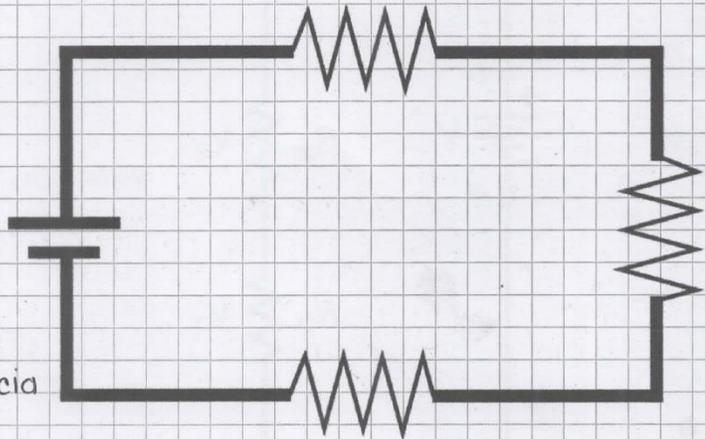
- **I**: Es la corriente que circula por el conductor, medida en Amperios (**A**).
- **V_A - V_B**: Son las tensiones en los extremos del conductor; con lo que **V_A - V_B** representa la caída de tensión o diferencia de potencial entre los extremos del mismo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional es el voltio (**V**). En ocasiones a esta diferencia se le denota **ΔV**, o **V**.
- **R**: es la resistencia eléctrica, la que el material conductor impone al paso de corriente. Se mide en ohmios (**Ω**).



- Si el voltaje (**V**) en un circuito aumenta, la corriente (**I**) también aumentará, siempre que la resistencia (**R**) permanezca constante.
- Si la resistencia (**R**) en un circuito aumenta, la corriente (**I**) disminuirá, siempre que el voltaje (**V**) permanezca constante.
- Si la resistencia (**R**) disminuye, la corriente (**I**) aumentará, siempre que el voltaje (**V**) permanezca constante.

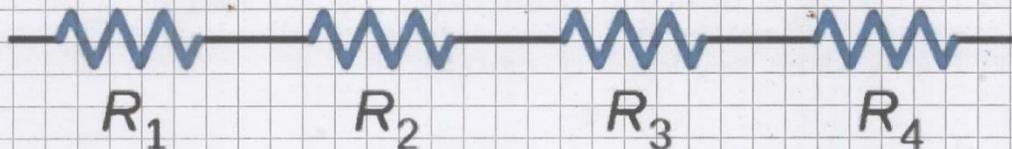
3.5 Resistencias en serie, paralelo y mixto

Un **resistor** limita el flujo de carga en un circuito y es un dispositivo óhmico donde $V = IR$. La mayoría de los circuitos tienen más de un resistor. Si se conectan varios resistores entre sí y se conectan a una batería, la corriente suministrada por la batería depende de la resistencia equivalente del circuito.



La resistencia equivalente de una combinación de resistores depende tanto de sus valores individuales como de su conexión.

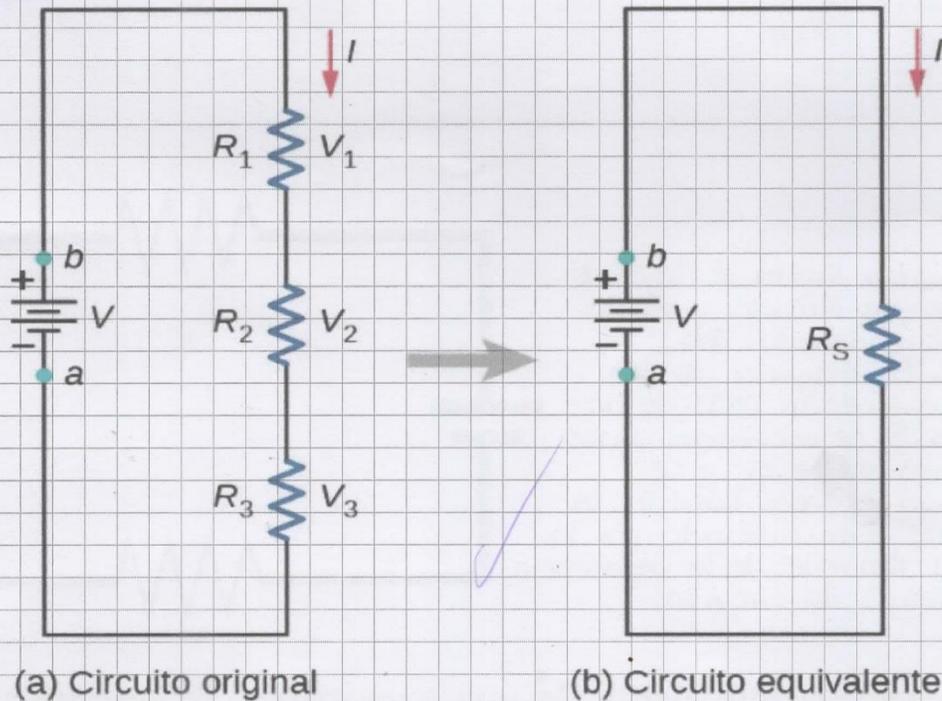
RESISTORES en serie



En un circuito en serie, la corriente de salida del primer resistor fluye hacia la entrada del segundo resistor, por lo tanto, la corriente es la misma en cada resistor.

Se dice que los resistores están en serie cuando la corriente fluye a través de ellos de forma secuencial

La resistencia equivalente de un conjunto de resistores en una conexión en serie es igual a la suma algebraica de los resistores individuales.



La corriente procedente de la fuente de voltaje fluye a través de cada resistor, por lo que la corriente que pasa por cada resistor es la misma. La corriente que atraviesa el circuito depende del voltaje que suministra la fuente y de la resistencia de los resistores. Para cada resistor se produce una caída de potencial que es igual a la pérdida de energía potencial eléctrica cuando una corriente viaja a través de cada resistor. Dado que se conserva la energía, y que el voltaje es igual a la energía potencial por carga, la suma del voltaje aplicado al circuito por la fuente y las caídas de potencial a través de los resistores individuales al rededor de un bucle debe ser igual a cero:

$$\sum_{i=1}^N V_i = 0$$

Esta ecuación suele denominarse ley de bucle de Kirchhoff.

La suma de la caída de potencial de cada resistor y el voltaje suministrado por la fuente debe ser igual a cero:

$$V - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_n \dots$$

$$1R_1 + 1R_2 + 1R_3$$

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{V}{R_s}$$

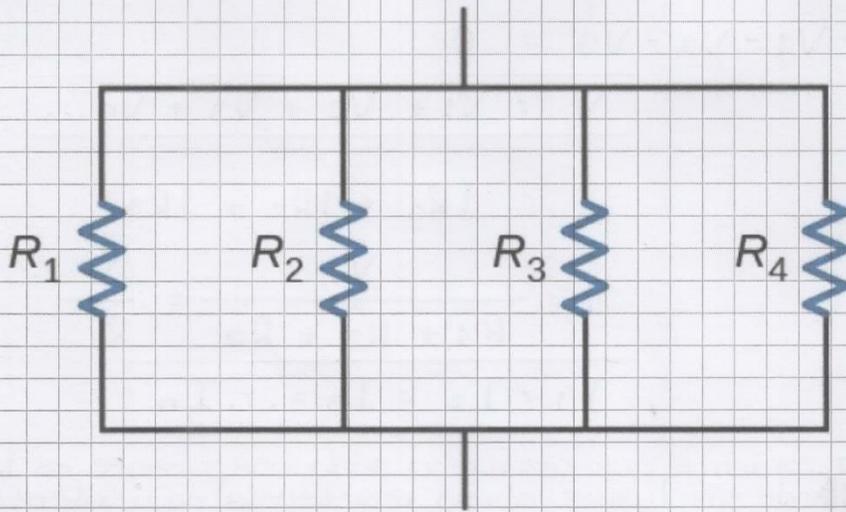
$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

Dado que la corriente que atraviesa cada componente es la misma, la igualdad puede simplificarse a una resistencia equivalente, se puede conectar en serie cualquier número de resistores. Si se conectan N resistores en serie, la resistencia equivalente es:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_{N-1} + R_N = \sum_{i=1}^N R_i$$

- Si algo le ocurre a un componente, afecta a todos los demás.
- El resistor con la resistencia más grande tiene el voltaje más grande.
- La resistencia equivalente R_s es siempre mayor que la resistencia de cualquier resistor en la configuración en serie.
- Los resistores individuales en serie no obtienen el voltaje total de la fuente, sino que lo dividen. La caída de potencial total a través de una configuración en serie de resistores es igual a la suma de las caídas de potencial a través de cada resistor.

RESISTORES en Paralelo



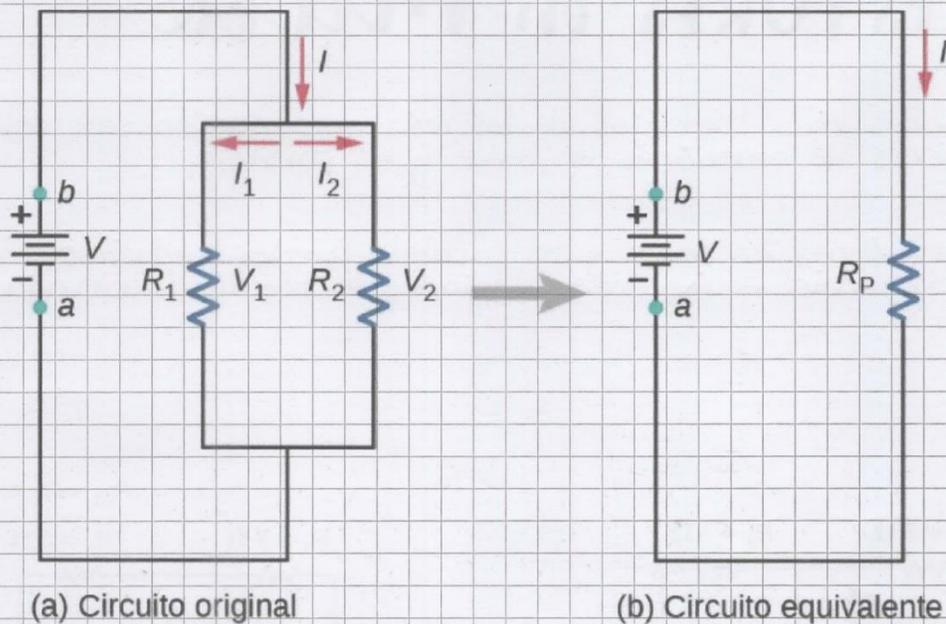
Los resistores están en paralelo cuando un extremo de todos los resistores están conectados por un alambre continuo de resistencia insignificante y el otro extremo de todos los resistores también están conectados entre sí por un alambre continuo de resistencia insignificante. La caída de potencial a través de cada resistor es la misma. La corriente a través de cada resistor se puede calcular mediante la Ley de Ohm $I = V / R$, donde el voltaje es constante a través de cada resistor.

La corriente que fluye desde la fuente de voltaje depende del voltaje suministrado por la fuente y de la resistencia equivalente del circuito.

La suma de las corrientes que fluyen hacia una unión debe ser igual a la suma de las corrientes que fluyen fuera de la unión:

$$\sum I_{\text{dentro}} = \sum I_{\text{fuera}}$$

Esta ecuación se denomina regla de nodos de Kirchhoff.



Generalizando a cualquier número de resistores N , la resistencia equivalente R_p de una conexión en paralelo está relacionada con las resistencias individuales:

$$R_p = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \right)^{-1}$$

$$\left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i} \right)^{-1}$$

- La corriente se distribuye a través de los resistores:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad \bullet \quad I = \frac{V}{R_p}$$

- La diferencia de potencial es la misma a través de los resistores en paralelo:

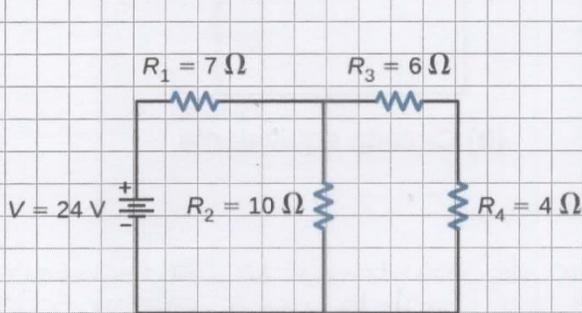
$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_n$$

- La R_p es menor que las resistencias individuales más pequeñas.
- La resistencia más pequeña recibe más corriente.

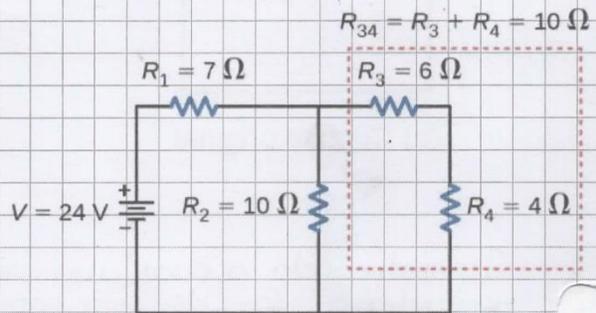
RESISTORES en mixto ✓

Las conexiones más complejas de los resistores suelen ser solo combinaciones de conexiones en serie y en paralelo.

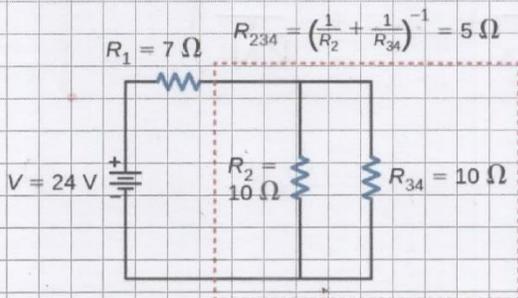
Las combinaciones en serie y en paralelo pueden reducirse a única resistencia equivalente mediante la técnica ilustrada abajo.



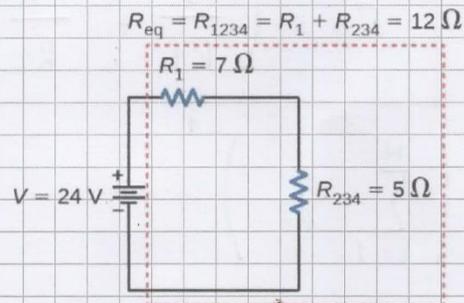
(a) Esquema del circuito



(b) Paso 1: resistores R_3 y R_4 en serie



(c) Paso 2: resistores R_2 y R_{34} en paralelo



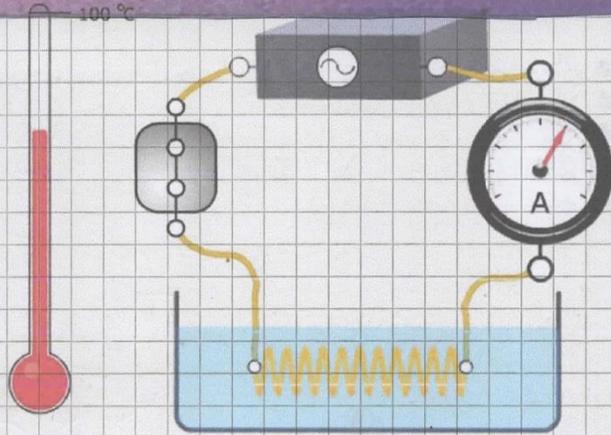
(d) Paso 3: resistores R_1 y R_{234} en serie



(e) Esquema simplificado que refleja la resistencia equivalente R_{eq}

3.6 Ley de Joules

La Ley de Joule muestra la relación que existe entre el calor generado por una corriente eléctrica que fluye a través de un conductor, la corriente misma, la resistencia del conductor y el tiempo que la corriente existe. Esta ley lleva el nombre del físico británico James Prescott Joule.



Cuando conectamos un equipo o consumidor eléctrico a un circuito alimentado por una fuente de fuerza electromotriz (F.E.M.), la energía eléctrica que suministra fluye por el conductor, permitiendo que, por ejemplo, una bombilla de alumbrado, transforme esa energía en luz y calor, o un motor pueda mover una maquinaria.

De acuerdo con la definición de la física, "la energía no se crea ni se destruye, se transforma". En el caso de la energía eléctrica esa transformación se manifiesta en la obtención de luz, calor, frío, movimiento (en un motor), o en otro trabajo útil que realice cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico cerrado.

Al circular una corriente eléctrica a través de un conductor el movimiento de los electrones dentro del mismo produce choques con los átomos del conductor lo que hace que parte de la energía cinética de los electrones se convierta en calor, con un consiguiente aumento en la temperatura del conductor. A este fenómeno se le conoce como **efecto joule**.

El calor generado por este efecto se puede calcular mediante la ley de joule que dice:

"el calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente".

$$E_{\text{calor}} = V \times I \times t$$

Handwritten notes:
R
I
t

$$E_{\text{calor}} = I^2 \times R \times t$$

donde:

- E_{calor} : Energía calórica (calorías)
- V : Voltaje (volts).
- I : Corriente (Ampère)
- R : Resistencia (Ohm)
- t : Tiempo (Seg.)

$$Q = I^2 \times R \times t$$

donde:

- Q : cantidad de calor, en Joules.
- I : Corriente, en Amperes.
- R : Resistencia eléctrica, en Ohms.
- t : Tiempo de duración que fluye la corriente, en segundos.

Lo que equivale a la ecuación para la energía eléctrica, ya que la causa del efecto joule es precisamente una pérdida de energía manifestada en forma de calor.

Normalmente cuando el trabajo eléctrico se manifiesta en forma de calor se suele usar la caloría como unidad. El número de calorías es fácil de calcular sabiendo que:

$$1 \text{ Joule} = 0.24 \text{ calorías (equivalente calorífico del trabajo).}$$

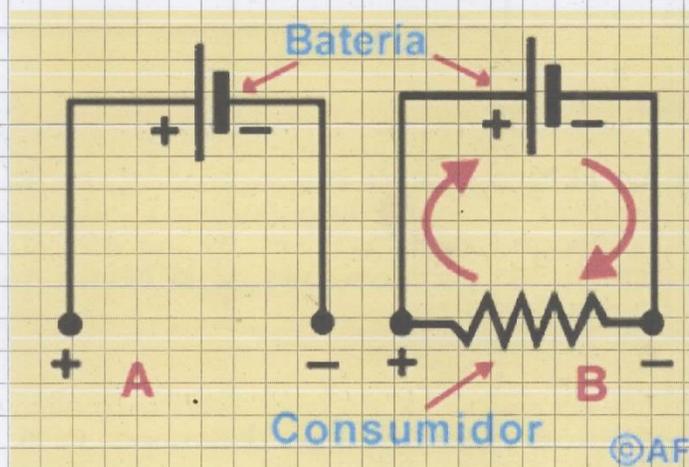
$$1 \text{ caloría} = 4.18 \text{ joules (equivalente mecánico del calor).}$$

.. Cuando una corriente fluye a través de un conductor, la energía térmica se genera en él. Los efectos del calentamiento de la corriente eléctrica dependen de tres factores.

- La resistencia del conductor. Una mayor resistencia produce más calor.
- El tiempo que fluye la corriente. Cuanto mayor es el tiempo, mayor es el calor producido.
- A mayor corriente, más generación de calor.

3.7 Fuerza electromotriz FEM

Se denomina **fuerza electromotriz (FEM)** a la energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica. Para ello se necesita la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos o polos (uno negativo y el otro positivo) de dicha fuente, que sea capaz de bombear o impulsar las cargas eléctricas a través de un circuito cerrado.



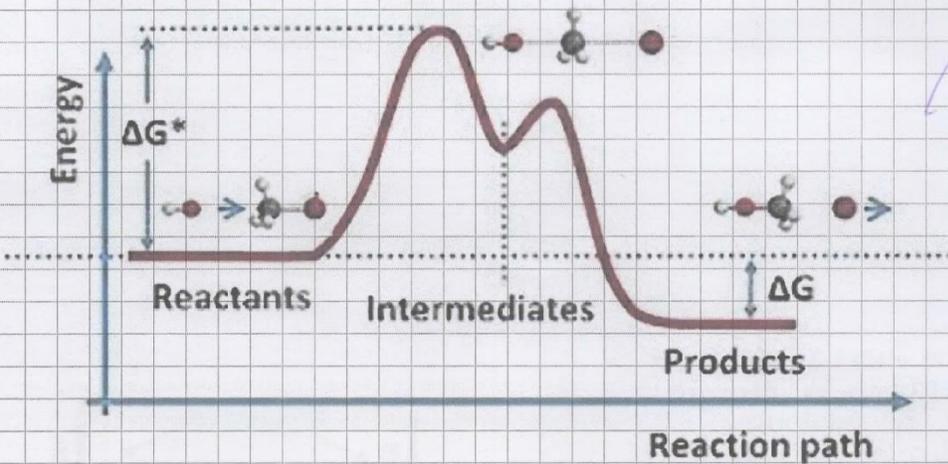
La fuerza electromotriz se define como la **diferencia de potencial entre los terminales de la batería cuando no circula corriente por ella**. Puede parecer que esto no tiene importancia, pero toda batería tiene una resistencia interna. Cuando no fluye corriente por ella, esta resistencia interna no cambiará nada porque no hay corriente para que la reduzca.

Figura A: Circuito eléctrico abierto (sin carga o resistencia). Por tanto, no se establece la circulación de la corriente eléctrica desde la fuente de FEM (la batería en este caso).

Figura B: Circuito eléctrico cerrado, con una carga o resistencia acoplada a través de la cual se establece la circulación de un flujo de corriente eléctrica desde el polo negativo hacia el polo positivo de la fuente de la FEM o batería.

De este modo, la FEM puede considerarse como la máxima diferencia de potencial entre los terminales en una situación idealizada.

el 11/12



La FEM o fuerza electromotriz es la energía suministrada por una batería o una célula por cada culombio (C) de carga que la atraviesa. La magnitud de la FEM es igual a V (diferencia de potencial) a través de los terminales de la célula cuando no hay corriente que fluya a través del circuito.

La cantidad de energía transformada en energía eléctrica por cada culombio de carga se denomina FEM.

Fórmula

$$\mathcal{E} = \frac{E}{Q}$$

- \mathcal{E} - fuerza electromotriz (FEM)
- E - energía en el circuito
- Q - la carga del circuito

$$\mathcal{E} = I(R + r)$$

$$\mathcal{E} = IR + Ir$$

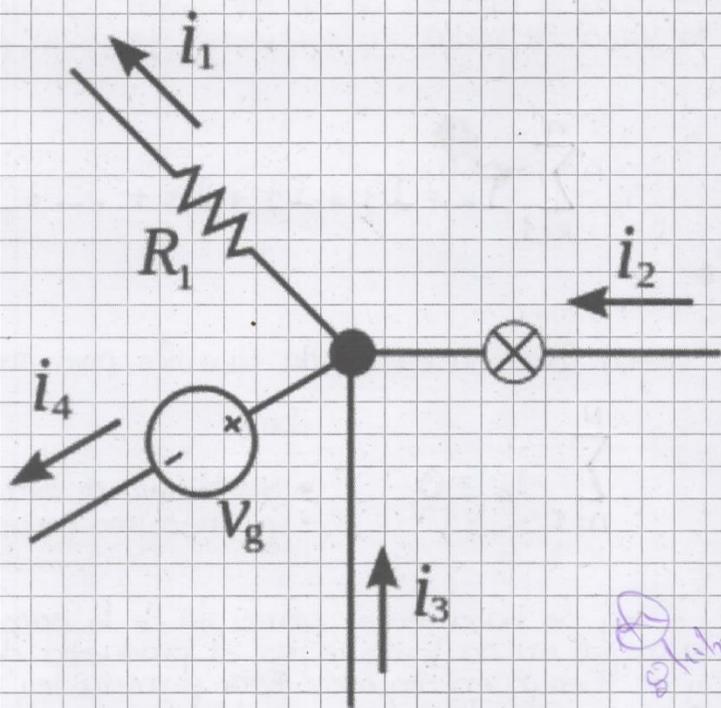
$$\mathcal{E} = V + Ir$$

- I - Corriente
- \mathcal{E} - FEM de la célula
- R - Resistencia en el circuito.
- r - Resistencia de la célula.
- V - Tensión

3.8 Leyes de Kirchhoff

Las **leyes de Kirchhoff** son dos igualdades que se basan en la conservación de la energía y la carga en los circuitos eléctricos.

Fueron formuladas por **Gustav Kirchhoff** en 1845. Dichas leyes surgen de la aplicación de la ley de conservación de la carga (ley de los nudos) y de la conservación de la energía (ley de las mallas).



Nudo o Nodo: es el punto donde concurren varias ramas de un circuito (más de 2 ramas).

Rama: es el fragmento de circuito eléctrico comprendido entre dos nodos consecutivos.

Malla: Es un recorrido cerrado del circuito que resulta de recorrer el esquema eléctrico en un mismo sentido regresando al punto de partida, pero sin pasar dos veces por la misma rama.

Celda: Es aquella malla cuyo recorrido define una superficie que no contiene en su interior ninguna otra rama.

Son muy utilizadas en ingeniería eléctrica para obtener los valores de intensidad de corriente en ramas de un circuito eléctrico y potencial eléctrico en cada punto del circuito. En circuitos complejos, estas leyes se pueden aplicar utilizando un algoritmo sistemático, programables en sistemas de cálculo informatizado mediante matrices.

Ley de corrientes de Kirchhoff

(LEY de nodos o PRIMERA LEY de KIRCHHOFF)

Esta Ley también es llamada ley de nodos o primera ley de Kirchhoff y es común que se use la sigla LCK para referirse a esta ley.

La ley de corrientes nos dice que:

En cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen. De forma equivalente, la suma de todas las corrientes que pasan por el nodo es igual a cero.

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$$

Esta fórmula es válida también para circuitos complejos:

$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

donde

- N = Número de ramas conectadas al nodo.
- i_n = n -ésima corriente que entra o sale del nodo.

La ley se basa en el principio de la conservación de la carga donde la carga en coulombios es el producto de la corriente en amperios y el tiempo en segundos. Esta primera ley confirma el principio de la conservación de las cargas eléctricas.

De acuerdo a la LCK, se pueden considerar positivas o negativas las corrientes que entran a un nodo, siempre y cuando las corrientes que salen de ese nodo se tomen con el signo opuesto a las corrientes que entran al mismo nodo.

$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2 + I_5$$

$$I_1 + (-I_2) + I_3 + I_4 + (-I_5) = 0$$

Las corrientes entran al nodo con polaridad positiva y las corrientes que salen del nodo se consideran con polaridad negativa.

Ley de tensiones de Kirchhoff (SEGUNDA ley de Kirchhoff)

En un circuito cerrado, la suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión total suministrada. De forma equivalente, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en un circuito es igual a cero.

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = 0$$



La ley de voltaje de Kirchhoff o segunda ley está basada en el principio de conservación de la energía, lo cual implica que la suma algebraica de la energía producida dentro de un sistema siempre permanece constante.

Esta ley se basa en la conservación de un campo potencial de energía. Dada una diferencia de potencial, una carga que ha completado un lazo cerrado no gana o pierde energía al regresar al potencial inicial.

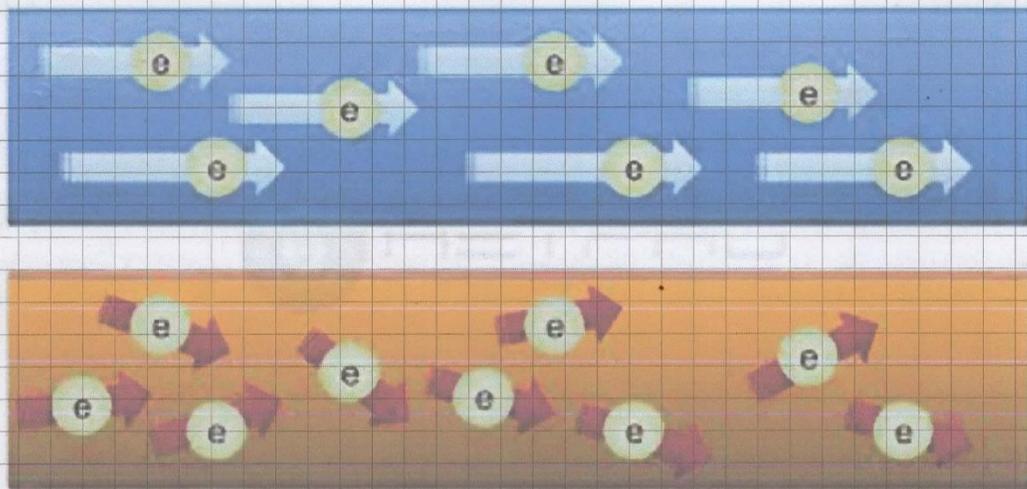
Esta ley es cierta incluso cuando hay resistencia en el circuito.

La validez de esta ley puede explicarse al considerar que una carga no regresa a su punto de partida, debido a la disipación de energía. Una carga simplemente terminará en el terminal negativo en vez del dispositivo. Esto significa que toda la energía dada por la diferencia de potencial ha sido completamente consumida por la resistencia, la cual la transformará en calor.

Teóricamente y, dado que las tensiones tienen un signo, esto se traduce con un signo positivo al recorrer un circuito desde un mayor potencial a otro menor, y al revés: con un signo negativo al recorrer un circuito desde un menor potencial a otro mayor.

Se pueden considerar positivas o negativas las tensiones presentes en una malla, esto depende de la polaridad que se le asigne a cada tensión y del sentido de la corriente en cada malla, ya sea en sentido horario o anti-horario.

3.9 Resistencia y efectos de la temperatura



La resistencia eléctrica es toda aquella oposición que la corriente encuentra a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

A- Dentro de un conductor eléctrico en buen funcionamiento los electrones ofrecen baja resistencia.

B- En un mal conductor eléctrico, que ofrece alta resistencia al flujo de corriente, los electrones chocan unos contra otros al no poder circular libremente y generan calor, lo que aumenta resistencia.

4/1/20

Normalmente los electrones tratan de circular por el circuito eléctrico de una forma más o menos organizada. Mientras menor sea esa resistencia, mayor será el orden existente en el micromundo de los electrones; pero cuando la resistencia es elevada, comienzan a chocar unos con otros y a liberar energía en forma de calor. Esa situación hace que siempre se eleve algo la temperatura del conductor.

¿Cómo influye la TEMPERATURA en Resistencia?

La temperatura es un elemento que influye de forma directa en la resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica. Cuanto mayor es la temperatura, podemos decir que mayor es la resistencia. En cambio cuando la temperatura disminuye la resistencia también.

En el caso de los metales la resistencia es directamente proporcional a la temperatura, es decir si la temperatura aumenta la resistencia también aumenta y viceversa.

La resistencia de cualquier metal depende de la temperatura. Esto se debe a que la resistividad "r" depende de la temperatura y en consecuencia la resistencia tiene un comportamiento no lineal con el aumento de temperatura.

Uno de los efectos perjudiciales del efecto Joule es el calentamiento que se produce en los conductores eléctricos cuando son recorridos por una corriente eléctrica.

Cálculo de la RESISTENCIA

La resistencia eléctrica (R) de un material se calcula con la fórmula

$$R = \frac{V}{I}$$

donde:

- R es la resistencia (Ω)
- V es el voltaje (V)
- I es la corriente (A)

* La resistencia de un material específico a una temperatura dada, se calcula:

$$R_T = R_0 \times [1 + \alpha \times (t - t_0)]$$

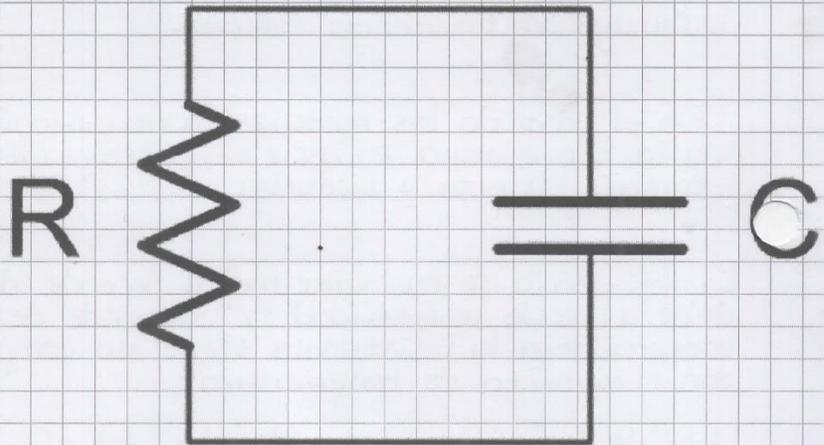
- R_T es la resistencia a la temperatura (Ω)
- R_0 es la resistencia a la temperatura de referencia (Ω)
- α es el coeficiente de temperatura de resistencia (TCR) en $(\Omega / ^\circ C)$
- t es la temperatura actual en $^\circ C$
- t_0 es la temperatura de referencia.

3.10 Circuito RC en serie.

Un circuito RC es un circuito eléctrico compuesto de resistencias y condensadores (Resistor-capacitor "RC"), por lo que al obtener un circuito equivalente que represente su mínima expresión, únicamente se tendrá un circuito que contenga una resistencia en serie con un capacitor.

Los circuitos RC pueden usarse para filtrar una señal alterna, al bloquear ciertas frecuencias y dejar pasar otras.

Entre las características de los circuitos RC está la de ser sistemas lineales e invariantes en el tiempo.



Viendo el circuito como divisor de tensión, el voltaje a través del condensador es:

VOLTAJE

$$V_c(s) = \frac{1/Cs}{R + 1/Cs} V_{in}(s) = \frac{1}{1 + RCs} V_{in}(s)$$

Y el voltaje a través de la resistencia es:

$$V_R(s) = \frac{R}{R + 1/Cs} V_{in}(s) = \frac{RCs}{1 + RCs} V_{in}(s)$$

FUNCIONES de transferencias

La función de transferencia desde el voltaje de entrada al voltaje a través del condensador es:

$$H_c(s) = \frac{V_c(s)}{V_{in}(s)} = \frac{1}{1 + RCs}$$

La función de transferencia desde el voltaje de entrada al voltaje de la resistencia es:

$$H_R(s) = \frac{V_R(s)}{V_{in}(s)} = \frac{RCs}{1 + RCs}$$

Corriente

La corriente en el circuito es la misma en todos los puntos del circuito ya que el circuito está en serie:

$$I(s) = \frac{V_{in}(s)}{R + 1/Cs} = \frac{Cs}{1 + RCs} V_{in}(s)$$

08-noviembre-2023.

Circuito SERIE



$$R_T = 1\Omega + 2\Omega + 3\Omega = 6\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = \frac{10V}{6\Omega} = 1.66 A$$



$$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

$$V_{R1} = 1.66 (1\Omega) = 1.66 V$$

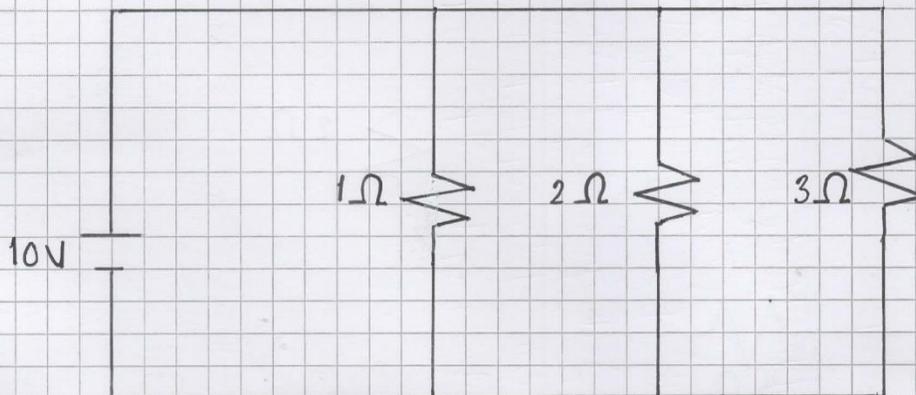
$$V_{R2} = 1.66 (2\Omega) = 3.32 V$$

$$V_{R3} = 1.66 (3\Omega) = 4.98 V$$

$$V_T = 1.66 V + 3.32 V + 4.98 V$$

$$V_T = 9.96 V \approx 10 V$$

Circuito PARALELO



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = 1 + 0.5 + 0.33$$

8 (1,12)

$$\frac{1}{R_T} = 1.83$$

$$R_T = \frac{1}{1.83} = 0.54 \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = \frac{10 \text{ V}}{0.54 \Omega} = 18.51 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{10 \text{ V}}{1 \Omega} = 10 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{10 \text{ V}}{2 \Omega} = 5 \text{ A}$$

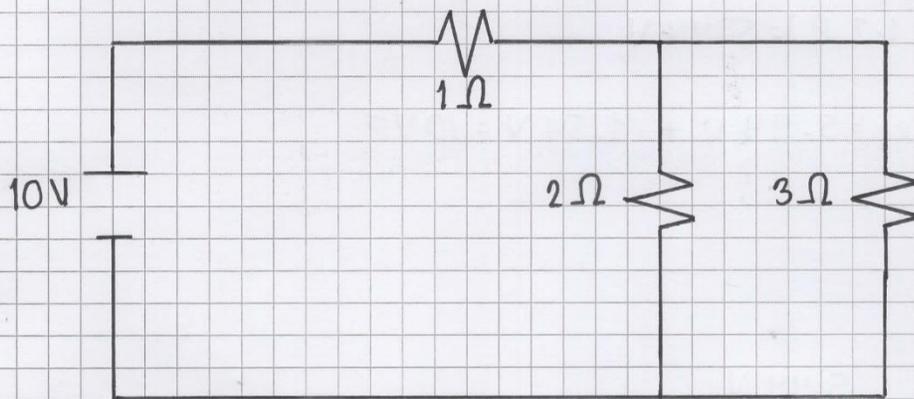
$$I_3 = \frac{10 \text{ V}}{3 \Omega} = 3.33 \text{ A}$$

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

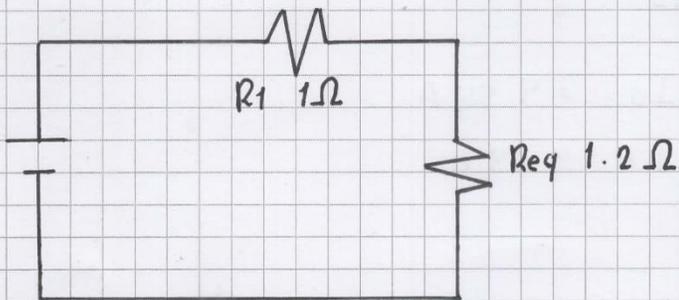
$$I_T = 10 \text{ A} + 5 \text{ A} + 3.33 \text{ A} \quad I_T = 18.51 \text{ A} \approx$$

Circuito MIXTO

8/11/23



$$R_{eq} = \frac{(2)(3)}{2+3} = \frac{6}{5} = 1.2 \Omega$$



$$R_T = R_1 + R_{eq}$$

$$R_T = 1\Omega + 1.2\Omega = 2.2\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{10V}{2.2\Omega} = 4.54 A$$

$$V_{R1} = I_{R1} \cdot R1$$

$$V_{R1} = 4.54 \text{ A} (1 \Omega) = 4.54 \text{ V}$$

$$V_{eq} = I_{req} \cdot R_{eq}$$

$$V_{eq} = 4.54 \text{ A} (1.2 \Omega) = 5.44 \text{ V}$$

$$I_{R1} = I_{RT}$$

$$I_{eq} = I_{R1} = I_T$$

$$V_T = V_{R1} + V_{eq} = 5.44 \text{ V} + 4.54 \text{ V} = 10 \text{ V} =$$

$$V_{R2} = V_{eq}$$

$$V_{R3} = V_{eq}$$

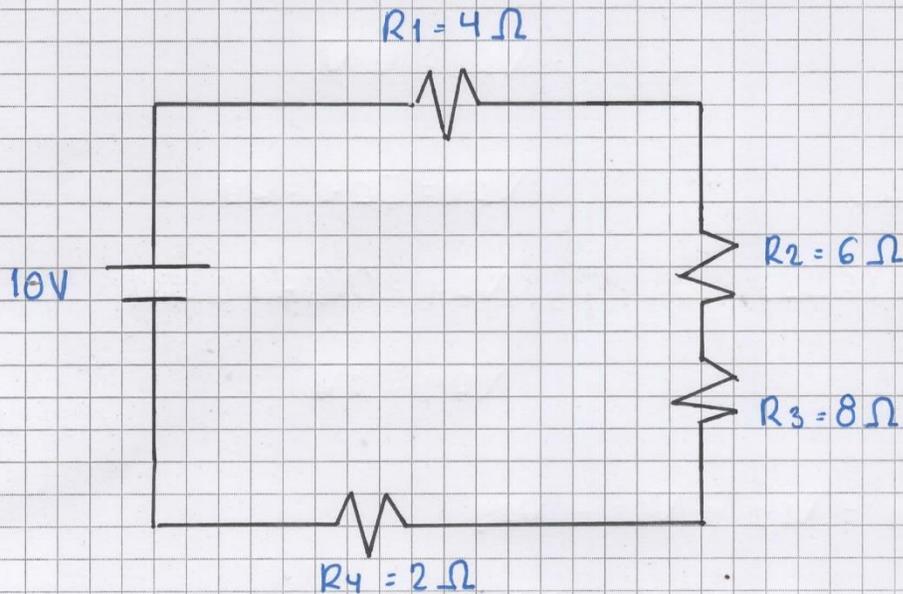
$$I_{R2} = \frac{V_{eq}}{R2} = \frac{5.44 \text{ V}}{2 \Omega} = 2.72 \text{ A}$$

$$I_{R3} = \frac{V_{eq}}{R3} = \frac{5.44 \text{ V}}{3 \Omega} = 1.81 \text{ A}$$

$$I_T = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = 4.54 \text{ A}$$

$$I_T = 2.72 \text{ A} + 1.81 \text{ A} = 4.54 \text{ A}$$

Circuito SERIE



Resistencia Total

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_T = 4\ \Omega + 6\ \Omega + 8\ \Omega + 2\ \Omega$$

$$R_T = 20\ \Omega$$

Intensidad de Corriente

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_{R4}$$

$$I_T = \frac{10\text{V}}{20\ \Omega} = 0.5\text{A} = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_{R4}$$

Voltage

$$V_{R1} = I_{R1} \cdot R_1$$

$$V_{R1} = 0.5 \text{ A} (4 \Omega)$$

$$V_{R1} = 2 \text{ V}$$

$$V_{R2} = I_{R2} \cdot R_2$$

$$V_{R2} = 0.5 \text{ A} (6 \Omega)$$

$$V_{R2} = 3 \text{ V}$$

$$V_{R3} = I_{R3} \cdot R_3$$

$$V_{R3} = 0.5 \text{ A} (8 \Omega)$$

$$V_{R3} = 4 \text{ V}$$

$$V_{R4} = I_{R4} \cdot R_4$$

$$V_{R4} = 0.5 \text{ A} (2 \Omega)$$

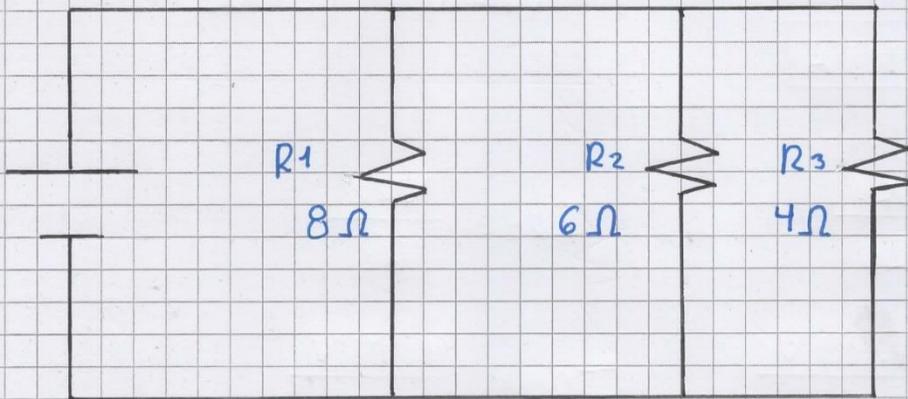
$$V_{R4} = 1 \text{ V}$$

$$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + V_{R4}$$

$$V_T = 2 \text{ V} + 3 \text{ V} + 4 \text{ V} + 1 \text{ V}$$

$$V_T = 10 \text{ V}$$

Circuito PARALELO



Resistencia total

$$R_T = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{8\Omega} + \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{4\Omega}$$

$$\frac{1}{R_T} = 0.125\Omega + 0.166\Omega + 0.25\Omega$$

$$\frac{1}{R_T} = 0.541\Omega$$

$$R_T = \frac{1}{0.541\Omega} = 1.848\Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

$$I_T = \frac{10V}{1.848\Omega}$$

$$I_T = 5.411A$$

$$V_T = I_T \cdot R_T$$

$$V_T = 5.411A (1.848\Omega)$$

$$V_T = 9.99V$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1}$$

$$I_{R1} = \frac{9.99V}{8\Omega}$$

$$I_{R1} = 1.248A$$

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2}$$

$$I_{R2} = \frac{9.99V}{6\Omega}$$

$$I_{R2} = 1.665A$$

$$I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3}$$

$$I_{R3} = \frac{9.99V}{4\Omega}$$

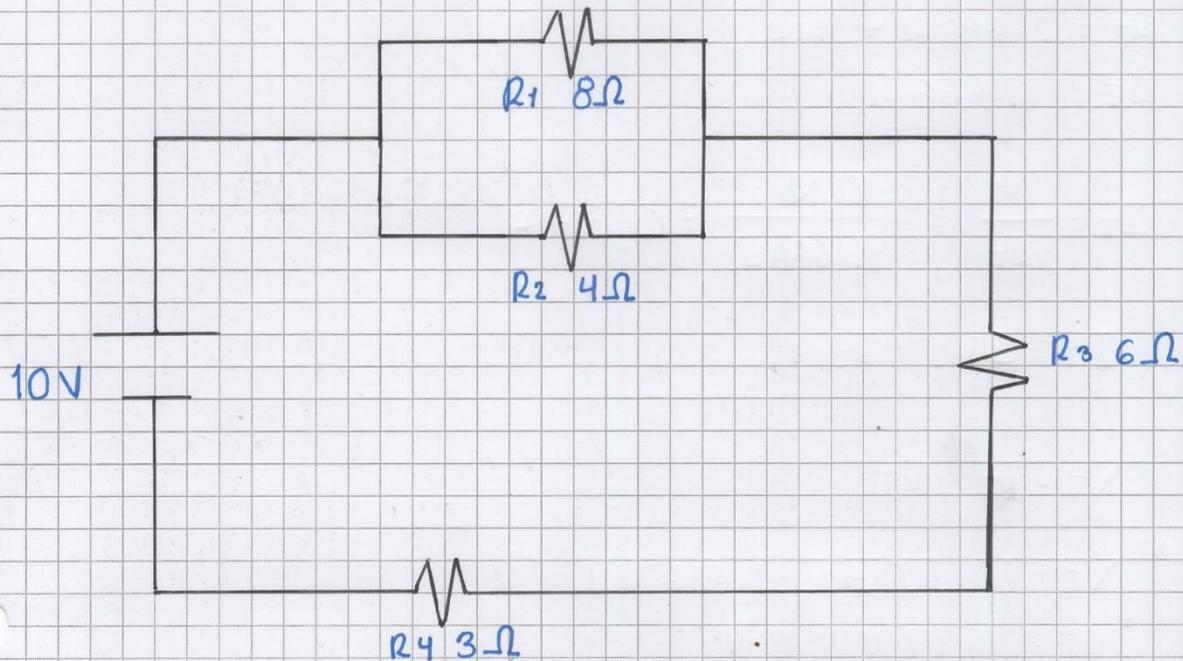
$$I_{R3} = 2.497A$$

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

$$I_T = 1.248A + 1.665A + 2.497A$$

$$I_T = 5.41A$$

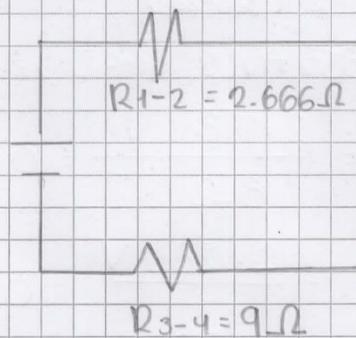
Circuitos MIXTO



$$R_{3-4} = R_3 + R_4$$

$$R_{3-4} = 6\Omega + 3\Omega$$

$$R_{3-4} = 9\Omega$$



$$R_{1-2} = \frac{(R_1)(R_2)}{R_1 + R_2}$$

$$R_{1-2} = \frac{(8\Omega)(4\Omega)}{8\Omega + 4\Omega} = \frac{32\Omega^2}{12\Omega} = 2.666\Omega$$

Resistencia total

$$R_T = R_{1-2} + R_{3-4}$$

$$R_T = 2.666\ \Omega + 9\ \Omega$$

$$R_T = 11.666\ \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{10\ \text{V}}{11.666\ \Omega} = 0.857\ \text{A}$$

$$I_T = I_{1-2} = I_{3-4}$$

$$V_T = I_T \cdot R_T$$

$$V_T = (0.857\ \text{A})(11.666\ \Omega)$$

$$V_T = 9.99\ \text{V} \approx 10\ \text{V}$$

$$V_{R_{1-2}} = I_{R_{1-2}} (R_{1-2})$$

$$V_{R_{1-2}} = (0.857\ \text{A})(2.666\ \Omega) = 2.284\ \text{V} = V_{R_1} = V_{R_2}$$

$$I_{R_1} = \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{2.284\ \text{V}}{8\ \Omega} = 0.285\ \text{A}$$

$$I_{R_2} = \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{2.284\ \text{V}}{4\ \Omega} = 0.571\ \text{A}$$

$$V_{R_{3-4}} = I_{R_{3-4}} (R_{3-4})$$

$$V_{R_{3-4}} = (0.857)(9\ \Omega) = 7.713\ \text{V}$$

$$I_{R_{3-4}} = \frac{V_{R_{3-4}}}{R_{3-4}} = \frac{7.713\ \text{V}}{9\ \Omega} = 0.857\ \text{A} = I_{R_3} = I_{R_4}$$

$$V_{R_3} = I_{R_3} (R_3) = (0.857\ \text{A})(6\ \Omega) = 5.142\ \text{V}$$

$$V_{R_4} = I_{R_4} (R_4) = (0.857\ \text{A})(3\ \Omega) = 2.571\ \text{V}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{R_3} = 5.142\ \text{V} \\ V_{R_4} = 2.571\ \text{V} \end{array} \right\} 7.713 \approx$$

LISTA DE COTEJO INVESTIGACIÓN

ELECTROMAGNETISMO AEF-1020.

Nombre del estudiante: Teoba Herrera Rocío.

Tema: Corriente Eléctrica.

Portada	5 %	5 %
Desarrollo y claridad	20 %	20 %
Entrega en tiempo y forma	5 %	5 %
Total	30 %	30 %

LISTA DE COTEJO DE PRÁCTICAS
ELECTROMAGNETISMO AEF-1020.
PRÁCTICA NÚMERO 3.

Nombre del estudiante: Teoba Herrera Rocio.

Tema: Corriente Eléctrica.

Portada	2 %	2 %
Introducción	5 %	5 %
Desarrollo y explicación	20 %	17 %
Conclusiones	5 %	5 %
Referencias	3 %	3 %
Entrega en tiempo y forma	5 %	5 %
Total	40 %	37 %

TEMA: CORRIENTE ELECTRICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

Ingeniería Mecatrónica IMCT-2010-229

Grupo: 311A

PRACTICA DE LA UNIDAD III



Electromagnetismo



Docente:

ING. José Ángel Nieves Vázquez

Presenta:

Jiménez Reyes Juan José	221u0541
Marcial Fiscal Juan José	221u0547
Quino Caixba Perla Joselin	221u0555
Teoba Herrera Rocio	221u0562
Ventura Gracia Osswill	221u0566

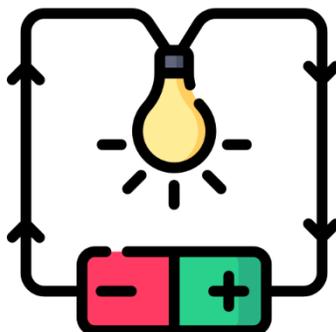
INTRODUCCIÓN

En el amplio campo de la electrónica y la electricidad, la corriente eléctrica es un concepto central que influye en una variedad de aplicaciones y sistemas. Esta práctica de laboratorio se enfoca en la comprensión y el análisis de la corriente eléctrica a través del estudio de circuitos de resistencias en configuraciones en serie, paralelo y mixta. La corriente eléctrica es un fenómeno fundamental que, cuando se combina con elementos de resistencia, se convierte en un pilar esencial para el diseño y funcionamiento de una amplia gama de dispositivos electrónicos.

En esta práctica, exploraremos en detalle la corriente eléctrica y su relación con los circuitos de resistencias, examinando cómo estos componentes interactúan y afectan el flujo de corriente a través de ellos. A través de la construcción y medición de circuitos en serie, paralelo y mixto, buscaremos comprender las diferencias y similitudes en la distribución de corriente y voltaje en estos escenarios.

El objetivo de esta práctica es desarrollar una comprensión sólida de los conceptos de corriente eléctrica y resistencia, y cómo se aplican en la práctica en configuraciones de circuitos reales. A medida que avanzamos en nuestro análisis, esperamos adquirir un conocimiento más profundo de la relación entre la corriente eléctrica y la resistencia, lo que sentará las bases para futuros estudios y aplicaciones en el campo de la electrónica y la mecatrónica.

Este informe proporcionará una descripción detallada del procedimiento seguido, los resultados obtenidos y su relevancia en el contexto de la corriente eléctrica. También discutiremos los objetivos específicos que hemos perseguido en esta práctica y las conclusiones a las que hemos llegado, basadas en la evidencia empírica recopilada.



OBJETIVOS

Objetivos Generales:

1. Comprender los fundamentos de la corriente eléctrica: A través de la construcción y análisis de circuitos de resistencias en serie, paralelo y mixto, buscamos adquirir una comprensión sólida de los conceptos fundamentales de la corriente eléctrica, la resistencia eléctrica y la ley de Ohm.

Objetivos Específicos:

2. Diferenciar las configuraciones de circuitos: Identificar las diferencias y similitudes en la distribución de corriente y voltaje en circuitos en serie, paralelo y mixtos.
3. Aplicar la teoría a la práctica: Aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la construcción y medición de circuitos reales, relacionando los valores medidos con las expectativas teóricas.
4. Desarrollar habilidades técnicas: Mejorar nuestras habilidades prácticas, como la construcción de circuitos y el uso de herramientas de medición, como el multímetro y el osciloscopio.
5. Fomentar la colaboración en equipo: Trabajar en conjunto, compartiendo responsabilidades y experiencias, para optimizar el aprendizaje y fortalecer nuestras habilidades de colaboración y comunicación.

ANTECEDENTES

El estudio y la comprensión de la corriente eléctrica, junto con su aplicación en circuitos de resistencias, tienen raíces profundas en la historia de la electrónica y la ingeniería. Estos antecedentes son fundamentales para contextualizar la importancia y el desarrollo de la práctica actual.

Desde los primeros experimentos de científicos como George Simon Ohm en el siglo XIX, se establecieron las bases teóricas que rigen el comportamiento de la corriente eléctrica en relación con la resistencia. La Ley de Ohm, formulada por Ohm, describe la relación entre la corriente (I), la tensión o voltaje (V) y la resistencia (R) en un circuito eléctrico, y ha servido como un pilar fundamental en la electrónica y la ingeniería eléctrica.

La comprensión de la resistencia eléctrica y su impacto en la corriente ha sido esencial en el desarrollo de circuitos eléctricos y electrónicos, desde los circuitos de señales analógicas hasta los circuitos digitales. La capacidad de diseñar, analizar y construir circuitos con diferentes configuraciones de resistencias (serie, paralelo y mixta) es una competencia crucial en la formación de ingenieros mecatrónicos y electrónicos.

En la actualidad, los avances tecnológicos han llevado a la creación de dispositivos más sofisticados que dependen de la manipulación precisa de la corriente eléctrica. Desde sistemas de control automático hasta dispositivos de comunicación y electrónica de consumo, la comprensión de la relación entre la corriente y la resistencia es esencial para el diseño y operación efectivos de estos sistemas.

La práctica que presentamos se enmarca en esta tradición de exploración y comprensión de la corriente eléctrica en circuitos de resistencias. Nuestro objetivo es construir sobre estos antecedentes para desarrollar una comprensión más profunda y aplicada de los conceptos de corriente eléctrica y resistencia, con un enfoque específico en la configuración de circuitos en serie, paralelo y mixto.

DESARROLLO

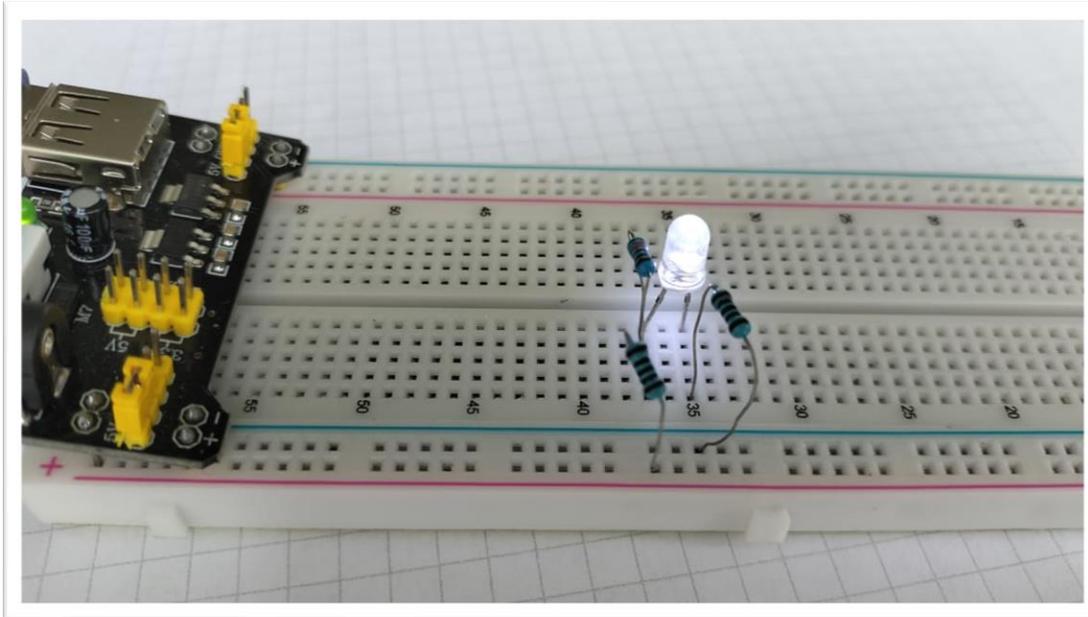
En esta sección, detallamos los materiales empleados en nuestra práctica de laboratorio con el propósito de analizar y comprender la corriente eléctrica en circuitos de resistencias en serie, paralelo y mixta.

Materiales Utilizados

- **Protoboard:** Utilizamos un protoboard como plataforma de montaje para configurar nuestros circuitos de prueba.
- **Resistencias:** Empleamos resistencias de diferentes valores nominales para construir circuitos en serie, paralelo y mixtos.
- **Jumpers:** Usamos jumpers para conectar los componentes y establecer las conexiones necesarias en el protoboard.
- **LED:** Integramos LEDs como indicadores visuales para el flujo de corriente en nuestros circuitos.
- **Regulador de Voltaje:** Implementamos un regulador de voltaje para garantizar una fuente de alimentación estable en nuestros experimentos.
- **Multímetro:** Utilizamos un multímetro para medir la corriente y el voltaje en diferentes puntos de nuestros circuitos.
- **Osciloscopio:** Empleamos un osciloscopio para visualizar las señales eléctricas en tiempo real y analizar su comportamiento.

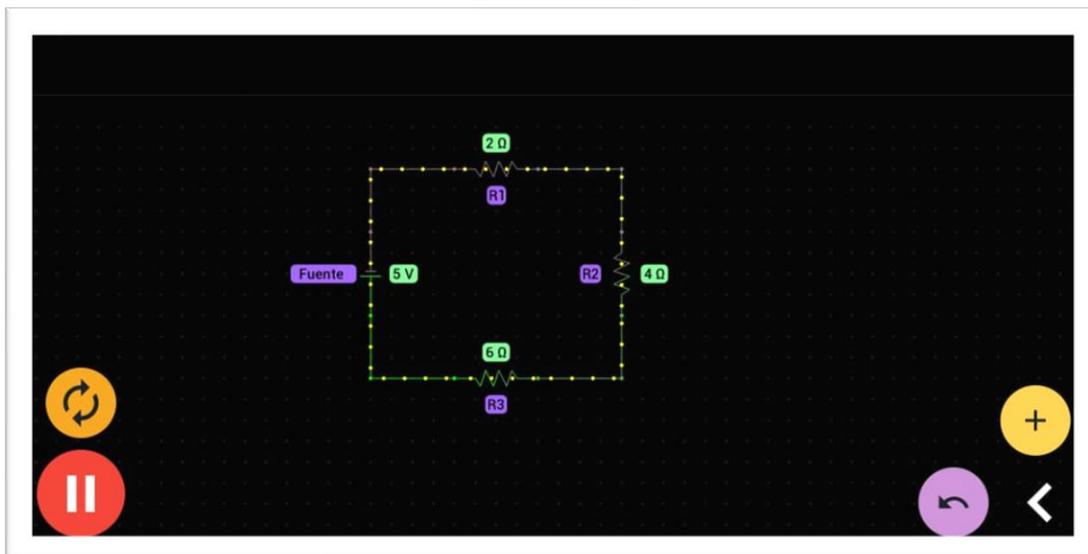
Procedimiento Experimental

1. **Configuración de Circuitos en Serie:** En primer lugar, procedemos a colocar un circuito en serie utilizando resistencias con una conexión en serie de componentes. Antes de cualquier medición, desconectamos la fuente de alimentación y energizamos el protoboard para garantizar la seguridad de los dispositivos utilizados. Luego, conectamos el multímetro en serie con una de las resistencias y registramos los valores de voltaje (en voltios, V) y las resistencias (en ohm, Ω) para cada resistencia. Repetimos este proceso para todas las resistencias en serie.



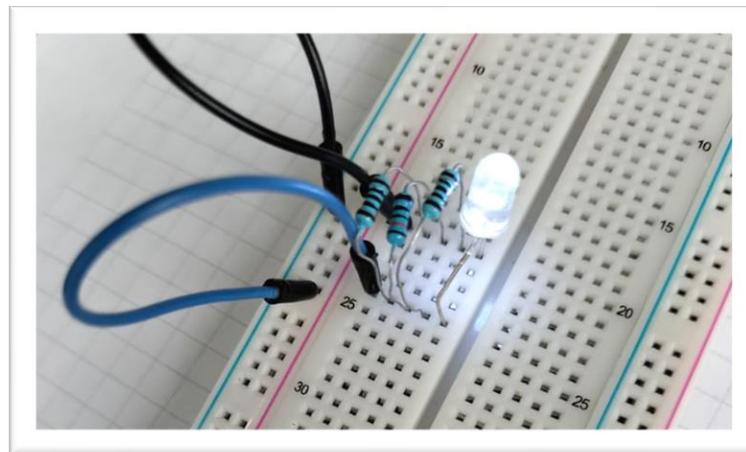
en el siguiente grafico podemos ver el flujo de los electrones a través del circuito en serie también logramos notar que por la baja resistividad de las resistencias los electrones fluyen de una manera más rápida , cabe recalcar que el voltaje en los circuitos en serie es la suma del voltaje en todas las resistencias.

$$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

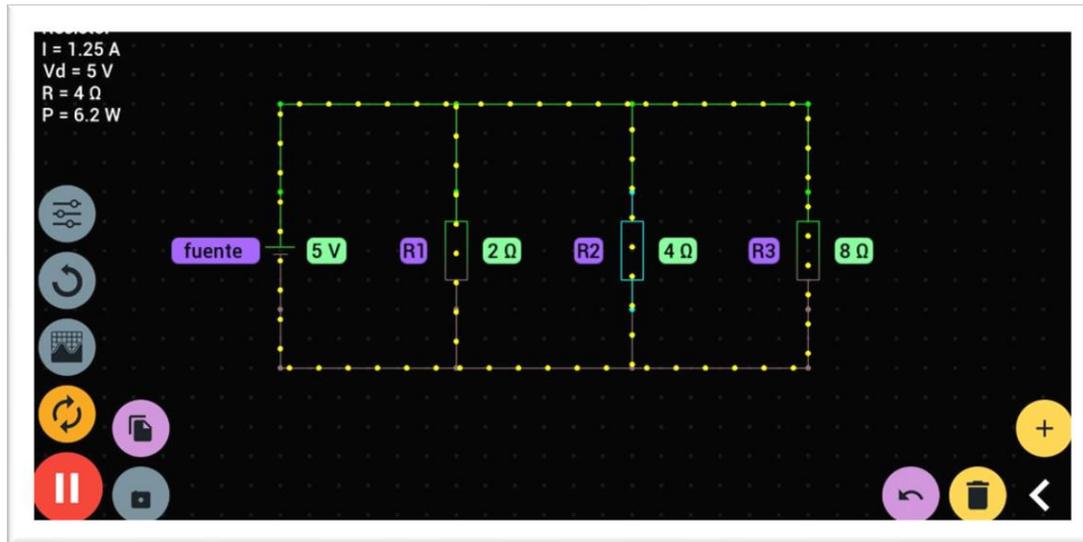


Nota: es importante recalcar y saber el comportamiento del voltaje en los circuitos ya sea en serie paralelo y mixto, ya que nosotros tuvimos un inconveniente al realizar un circuito (Trampa) en serie con 3 LEDs ya que el voltaje que distribuía el regulador de voltaje no suministraba a los 3 LEDs en serie esto se debía a que el voltaje en serie es la suma de todos los componentes, entonces esto hacia que no todos los LEDs encendieran.

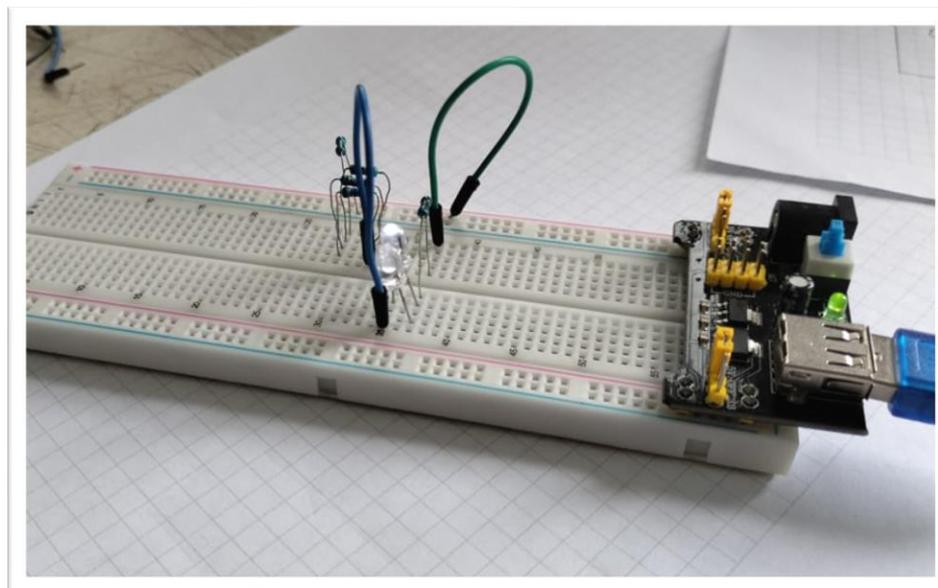
2. **Configuración de Circuitos en Paralelo:** Para la configuración en paralelo, repetimos el proceso de desenergización y desconexión de la fuente de alimentación. Luego, conectamos el multímetro en paralelo con una de las resistencias en paralelo y medimos la resistencia y el voltaje para esa resistencia. Continuamos tomando mediciones para cada resistencia en paralelo.



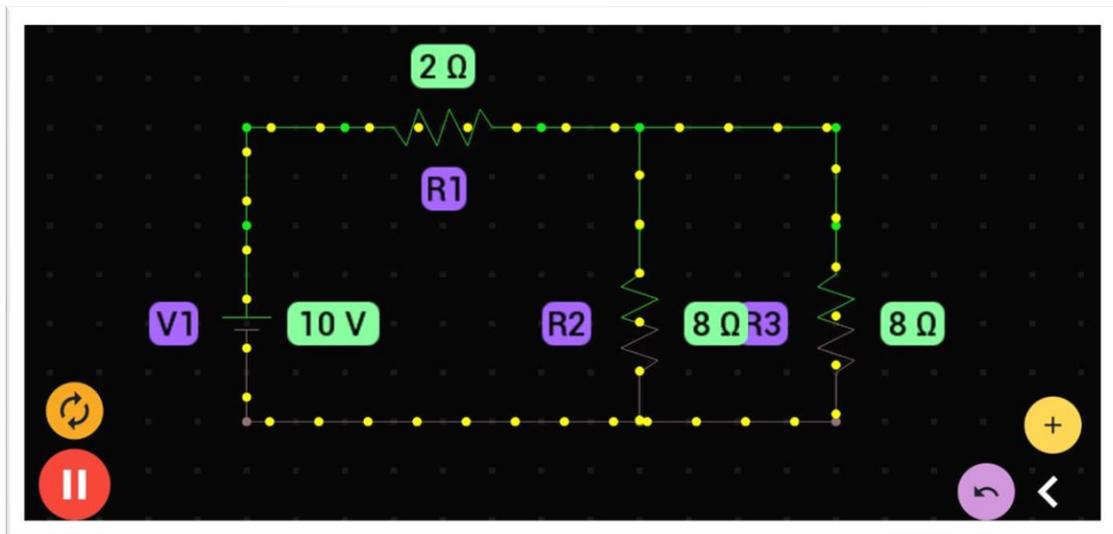
En un circuito en paralelo, las resistencias están conectados de manera que forman ramas separadas, lo que permite que la corriente se divida entre ellas. Cada rama puede contener sus propias resistencias u otros dispositivos, y el voltaje es el mismo en todas las ramas. Esto facilita que varios dispositivos funcionen a la misma tensión, lo que es una característica clave de los circuitos en paralelo.



- 3. Configuración de Circuitos Mixtos:** En la construcción de circuitos mixtos, seguimos el mismo protocolo de seguridad. Desenergizamos la protoboard y desconectamos la fuente de alimentación. Luego, conectamos el multímetro en serie o en paralelo según la ubicación estratégica en la que queremos medir la corriente y el voltaje. Realizamos mediciones en puntos clave del circuito mixto para evaluar la relación entre las resistencias.



En algunos circuitos, se pueden encontrar resistencias en configuraciones mixtas, que combinan resistencias en serie y paralelo. En estos casos, se debe utilizar un enfoque paso a paso para calcular la resistencia total, dividiendo el circuito en segmentos de resistencias en serie y paralelo y calculando la resistencia total para cada segmento antes de combinarlos.



4. **Medición de Voltaje:** Para medir la corriente, seleccionamos la configuración adecuada en el multímetro y conectamos las puntas del multímetro de acuerdo con la ubicación deseada (en serie o en paralelo). Luego, volvemos a energizar la protoboard y la fuente de alimentación y registramos las mediciones en amperios y voltios. Asegurándonos de desenergizar nuevamente después de cada medición.
5. **Análisis de Datos:** Después de obtener las mediciones, registramos los valores de resistencia y voltaje en hojas de cálculo y creamos gráficos para evaluar el comportamiento de el voltaje en cada configuración de circuito. Estas mediciones y análisis servirán como base para discutir la relación entre el voltaje y la resistencia en nuestro informe.

CONCLUSION

En nuestra práctica de mecatrónica, aprendimos sobre la electricidad y cómo funcionan los circuitos eléctricos, especialmente en configuraciones en serie, paralelo y mixta. Esto nos ayudó a entender mejor los principios fundamentales de la electricidad y cómo se aplican en situaciones reales.

También adquirimos habilidades técnicas importantes, como construir circuitos y medir corriente y voltaje con precisión. Trabajar en equipo fue esencial, ya que pudimos colaborar, compartir ideas y resolver problemas juntos.

Los datos que recopilamos respaldaron nuestras conclusiones y nos prepararon para futuros proyectos en electrónica y mecatrónica. En resumen, esta práctica fue un paso significativo en nuestro aprendizaje y nos ayudó a estar mejor preparados para enfrentar desafíos técnicos en el futuro.

FUENTES DE CONSULTA

- [1] Smith, J. (2020). *Fundamentos de Electricidad y Circuitos*. Editorial Universitaria.
- [2] García, M., & Pérez, A. (2019). Análisis de Circuitos en Paralelo: Comportamiento y Aplicaciones. *Revista de Electrónica Aplicada*, 15(2), 45-60.
- [3] Instituto de Tecnología Electrónica. (2021). *Principios de Circuitos Eléctricos*. <https://www.electronicainstitute.edu/principios-circuitos-electricos>
- [4] Johnson, R. (2018). *Manual de Laboratorio de Circuitos Eléctricos*. Editorial Técnica.
- [5] Instituto de Estándares de Ingeniería. (2017). *Norma Técnica para Mediciones de Corriente y Voltaje en Circuitos Eléctricos* (NTE 12345). <https://www.iei.org/normas-tecnicas/nte12345>