

Conociendo los circuitos eléctricos

Johnny Paúl Novillo Vicuña
Freddy Jumbo Castillo

Conociendo los circuitos eléctricos


Johnny Paúl Novillo Vicuña
Freddy Jumbo Castillo



© **Johnny Paúl Novillo Vicuña**
Freddy Jumbo Castillo

© Editorial Grupo Compás, 2025
Guayaqui, Ecuador
www.grupocompas.com
<http://repositorio.grupocompas.com>

Primera edición, 11/11/2025

ISBN: 978-9942-53-115-5
DOI: <http://doi.org/10.48190/9789942531155>
Distribución online
 Acceso abierto

Cita

Novillo, J., Jumbo, F. (2025) Conociendo los circuitos eléctricos. Editorial Grupo Compás

Este libro es parte de la colección de la Univesidad Técnica de Machala y ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad de la publicación. El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

PREFACIO

En un mundo cada vez más dependiente de la energía eléctrica, el conocimiento de estos conceptos, se erige como una habilidad crucial para ingenieros, técnicos y cualquier persona interesada en desentrañar el funcionamiento de la tecnología que nos rodea.

El objetivo general que guía esta obra, es proporcionar una comprensión clara y sencilla sobre los principales conceptos que rigen los circuitos eléctricos. Este primer tomo, en particular, se centra en establecer una base sólida en los conceptos fundamentales, las leyes básicas y las técnicas de análisis iniciales. Buscamos capacitar al lector para identificar los componentes esenciales de un circuito, comprender las relaciones entre voltaje, corriente y resistencia, y aplicar las leyes fundamentales para resolver problemas sencillos. Este volumen sienta las bases para el estudio de circuitos más complejos y sus aplicaciones en tomos posteriores.

La estrategia metodológica del libro "Conociendo los circuitos eléctricos" se centrará en un enfoque práctico y progresivo. El objetivo es guiar a los principiantes desde los conceptos fundamentales hasta la aplicación real a través de la simulación, fomentando la comprensión teórica y la habilidad práctica.

El libro comenzará con los fundamentos esenciales de los circuitos eléctricos en el Capítulo 1, "Fundamentos de los circuitos eléctricos". Aquí, los lectores se familiarizarán con la terminología clave, como los componentes activos y pasivos, nodos, ramas y mallas. Se utilizarán analogías y ejemplos de la vida cotidiana para hacer que estos conceptos abstractos sean más fáciles de entender. La idea es construir una base sólida antes de pasar a temas más complejos.

El Capítulo 2, "Variables eléctricas", y el Capítulo 3, "Introducción al análisis de los circuitos eléctricos", profundizarán en la teoría. La metodología aquí será de aprendizaje activo. Cada nuevo concepto, como la Ley de Ohm, la conexión en serie y paralelo, los divisores de voltaje y corriente, se presentará seguido de ejemplos resueltos paso a paso y ejercicios de aplicación. La inclusión de un "Procedimiento experimental para la determinación del consumo eléctrico de un hogar" en el Capítulo 2 proporcionará un enlace directo entre la teoría y una situación práctica, mostrando la relevancia de los conocimientos adquiridos. Se hará hincapié en la resolución de problemas para que los lectores desarrollen habilidades analíticas.

El Capítulo 4, "Software para la simulación de circuitos eléctricos", es el punto culminante de la estrategia. Este capítulo introduce la simulación como una herramienta de aprendizaje y experimentación. En lugar de simplemente describir los programas (QUCS, MULTISIM, PROTEUS, CROCODILE, FLUX.AI), el enfoque será instruccional y práctico. Se incluirán tutoriales guiados para cada software, mostrando cómo construir, simular y analizar los circuitos

estudiados en capítulos anteriores. Esto permitirá a los lectores validar sus cálculos teóricos y explorar el comportamiento de los circuitos de manera segura y sin necesidad de equipos de laboratorio costosos. La simulación servirá como un "laboratorio virtual" que consolida la comprensión y cierra la brecha entre la teoría y la práctica. En este último capítulo también se aporta con elementos novedosos para el área de conocimiento al que pertenece el presente libro, con ejemplos contemporáneos, que resaltan el uso de la inteligencia artificial en la simulación de circuitos eléctricos o electrónicos.

En cuanto a las características pedagógicas de este libro, hemos priorizado una exposición clara, concisa y rigurosa de los conceptos. Se han incorporado numerosas ilustraciones, diagramas y ejemplos prácticos para visualizar los principios teóricos y facilitar su aplicación. A lo largo de los capítulos, se incluyen explicaciones detalladas de los conceptos clave, así como la resolución paso a paso de problemas representativos. Al final de este volumen, se ofrece una sección de ejercicios propuestos de diversa dificultad para que el lector pueda autoevaluar su progreso y fortalecer sus habilidades de resolución de problemas. Nuestro objetivo es fomentar un aprendizaje activo y significativo, proporcionando las herramientas necesarias para que el lector desarrolle una intuición sólida sobre el comportamiento de los circuitos eléctricos.

Al avanzar en la lectura, usted identificará símbolos que le asistirán en la comprensión del tema, la valoración de su aprendizaje y el refuerzo de lo estudiado mediante la exploración de fuentes alternativas. Los símbolos utilizados son:

Sabías que...



Dentro de su desarrollo, los autores comparten un dato curioso que resulta relevante para el contenido tratado.

Preguntas de reflexión



Preguntas para desarrollar el pensamiento crítico y que le permitirán consolidar su comprensión del tema.

Refuerza tu conocimiento



Referencias a recursos tanto bibliográficos como digitales, para complementar el conocimiento del tema.

Esperamos que este primer tomo sea el punto de partida de un viaje apasionante hacia la comprensión del mundo de los circuitos eléctricos. Les invitamos a abordar cada concepto con dedicación y a resolver los ejercicios propuestos para afianzar sus conocimientos. Estamos seguros de que este volumen les proporcionará una base sólida para los estudios posteriores y para su desarrollo profesional en el campo de la ingeniería eléctrica y áreas afines.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PREFACIO	2
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
CAPÍTULO 1 : FUNDAMENTOS DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS	12
Introducción a los circuitos eléctricos	12
Definición de circuito eléctrico.....	12
Tipos de circuitos eléctricos.....	13
Componentes de un circuito eléctrico.....	15
Componentes activos.....	15
Componentes pasivos.....	17
Dispositivos de control.....	19
Dispositivos de protección	21
Partes o elementos de un circuito eléctrico	21
Nodo.....	21
Rama	22
Lazo.....	22
Malla	23
.....	25
Referencias bibliográficas.....	25
CAPÍTULO 2 : VARIABLES ELÉCTRICAS.....	26
Corriente eléctrica	26
Voltaje	27
Tipos de corrientes y voltajes	29
Corriente eléctrica continua.....	29
Corriente eléctrica alterna	29
Voltaje continuo.....	30
Voltaje alterno.....	30
Potencia eléctrica	32
Definición.....	32
Unidad de medida	32
Múltiplos y submúltiplos utilizados.....	33
Potencia en corriente continua.....	33

Potencia en corriente alterna	33
Ejercicios de aplicación.....	34
Energía Eléctrica.....	36
Definición.....	36
Unidad de medida	36
Fórmula	36
Ejercicios de aplicación.....	36
Procedimiento experimental para la determinación del consumo eléctrico de un hogar.	37
Referencias bibliográficas.....	40
CAPÍTULO 3 : INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS	41
Las resistencias eléctricas	41
Definición.....	41
Código de colores	42
Conexión de resistencias en serie.....	43
Conexión de resistencias en paralelo	44
Conexión mixta de resistencias	46
La conductancia.....	48
Influencia de la temperatura en las resistencias	48
Ley de Ohm.....	52
Historia	52
Definición.....	52
La relación de corriente, voltaje y resistencia	52
Fórmulas de la ley de Ohm	53
Aplicaciones de la ley de Ohm.....	54
Divisores de Voltaje	60
Definición.....	60
Resolución de problemas.....	62
Divisores de Corriente	65
Definición.....	65
Resolución de problemas.....	66
Referencias bibliográficas.....	69
CAPÍTULO 4 : SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS	70
Introducción al software para la simulación de circuitos eléctricos.....	71
Herramientas informáticas.....	71

Historia de los simuladores para circuitos eléctricos.....	71
Definición.....	71
Ventajas y desventajas.....	72
Simuladores para los circuitos eléctricos.....	73
QUCS.....	73
MULTISIM.....	81
PROTEUS	86
CROCODILE	90
La inteligencia artificial en los simuladores para circuitos eléctricos o electrónicos	92
Usos de la inteligencia artificial	92
Simuladores con IA integrada	93
FLUX.AI.....	93
Referencias bibliográficas.....	98
EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE.....	99
Ejercicios propuestos	99
Solucionario	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Circuito eléctrico (Elaboración propia).....	13
Ilustración 1.2 Diagrama de causa-efecto en un circuito eléctrico (Elaboración propia).....	13
Ilustración 1.3 Diagrama Pictórico de circuito de corriente continua (Elaboración propia).....	14
Ilustración 1.4 a) Diagrama circuital, b) Gráfica de voltaje c.c. (Elaboración propia)	14
Ilustración 1.5 Diagrama Pictórico de circuito de corriente alterna (Elaboración propia).....	14
Ilustración 1.6 a) Diagrama circuital, b) Gráfica de voltaje c.a. (Elaboración propia)	15
Ilustración 1.7 Fusibles de filamento (Elaboración propia).....	21
Ilustración 1.8 Circuito con 4 Nodos Primarios y 1 Nodo Secundario (Elaboración propia).....	21
Ilustración 1.9 Circuito con 6 ramas secundarias y 1 rama principal (Elaboración propia).....	22
Ilustración 1.10 Lazo L2: B-C-E-B (Elaboración propia)	22
Ilustración 1.11 Lazo L1: A-B-E-A (Elaboración propia).....	22
Ilustración 1.12 Lazo L3: C-D-E-C (Elaboración propia)	22
Ilustración 1.13 Lazo L4: D-E-D (Elaboración propia)	22
Ilustración 1.14 Lazo L5: A-B-C--E-A (Elaboración propia).....	23
Ilustración 1.15 Lazo L6: A-B-C-D-E-A (Elaboración propia).....	23
Ilustración 1.16 16 Lazo L7: C-D-E-C (Elaboración propia).....	23
Ilustración 1.17 Lazo L8: B-C-D-E-B (Elaboración propia).....	23
Ilustración 1.18 Lazo L9: A-B-C-D-E-A (Elaboración propia).....	23
Ilustración 1.19 Circuito con 4 mallas: M1, M2, M3 y M4 (Elaboración propia)	24
Ilustración 2.1 Representación de la corriente eléctrica (Elaboración propia).....	27
Ilustración 2.2 Baterías en serie (Elaboración propia).....	28
Ilustración 2.3 . Pilas en serie (Elaboración propia).....	28
Ilustración 2.4 Baterías en paralelo (Elaboración propia).....	28
Ilustración 2.5 Gráfica de la corriente continua (Elaboración propia)	29
Ilustración 2.6 . Gráfico de la corriente alterna (Elaboración propia)	29
Ilustración 2.7 Representación de la potencia eléctrica (Elaboración propia)	32
Ilustración 2.8 Ecuaciones para el cálculo de la potencia eléctrica (Elaboración propia).....	33
Ilustración 2.9 Medición errónea de corriente alterna (Elaboración propia).....	38
Ilustración 2.10 Medición de la corriente de cada equipo (Elaboración propia).....	38
Ilustración 2.11 Valor de corriente resultante (Elaboración propia)	38
Ilustración 2.12 Medición en tomacorriente (Elaboración propia)	38
Ilustración 2.13 Valor de voltaje resultante (Elaboración propia)	38
Ilustración 3.1 Símbolo y notación de las resistencias (Elaboración propia)	42
Ilustración 3.2 Resistencia Eléctrica (Elaboración propia)	42
Ilustración 3.3 Circuito en Serie (Elaboración propia)	43
Ilustración 3.4 Ejemplo práctico de circuito en serie (Elaboración propia)	44
Ilustración 3.5 Circuito en paralelo (Elaboración propia).....	44
Ilustración 3.6 . Ejercicio práctico de circuito en paralelo (Elaboración propia).....	45
Ilustración 3.7 Circuito mixto (Elaboración propia).....	46
Ilustración 3.8 Ejercicio Práctico de circuito mixto (Elaboración propia)	46
Ilustración 3.9 Circuito en serie al resolver R23 (Elaboración propia)	47

Ilustración 3.10 Circuito reducido (Elaboración propia)	47
Ilustración 3.11 Variación de la resistencia vs Temperatura (Elaboración propia)	49
Ilustración 3.12 Georg Simón Ohm (Elaboración propia con IA Gemini)	52
Ilustración 3.13 Comportamiento lineal del voltaje y la corriente en una resistencia	53
Ilustración 3.14 Triángulo de Ohm (Elaboración propia).....	53
Ilustración 3.15 . Circuito con corriente desconocida (Elaboración propia).....	54
Ilustración 3.16 . Circuito con resistencia desconocida (Elaboración propia).....	54
Ilustración 3.17 Circuito de dos mallas (Elaboración propia)	55
Ilustración 3.18 Las resistencias 2 y 3 se encuentran en paralelo (Elaboración propia)	55
Ilustración 3.19 Circuito reducido de una malla con dos resistencias (Elaboración	
propia).....	56
Ilustración 3.20 Req es igual a la suma de R1 y R23 (Elaboración propia).....	56
Ilustración 3.21 Circuito reducido (Elaboración propia)	56
Ilustración 3.22 Circulación de corriente a través de R1 (Elaboración propia)	57
Ilustración 3.23 Circulación de corriente a través de R23 (Elaboración propia)	57
Ilustración 3.24 Divisor de Voltaje	60
Ilustración 3.25 Diagrama circuital de ejercicio 1 (Elaboración propia).....	62
Ilustración 3.26 Comprobación en Crocodile de Ejercicio 1 (Elaboración propia) ...	63
Ilustración 3.27 Diagrama circuital del ejercicio 2 (Elaboración propia).....	63
Ilustración 3.28 Diagrama resultante de las resistencias en paralelo R3 y R4	
(Elaboración propia).....	64
Ilustración 3.29 Comprobación en Crocodile de Ejercicio 2 (Elaboración propia) ...	64
Ilustración 3.30 Divisor de corriente (Elaboración propia).....	65
Ilustración 3.31 Circuito para aplicar divisores de corriente (Elaboración propia)....	67
Ilustración 3.32 Ejercicio 2 para aplicar divisores de corriente (Elaboración propia)	68
Ilustración 4.1 Simulación de un circuito eléctrico en PROTEUS (Elaboración propia)	
.....	72
Ilustración 4.2 Simulación de un circuito eléctrico en QUCS (Elaboración propia)...	73
Ilustración 4.3 Interfaz gráfica de QUCS (Elaboración propia)	74
Ilustración 4.4 Pestaña Archivo de QUCS (Elaboración propia).....	74
Ilustración 4.5 Pestaña Edición de QUCS (Elaboración propia)	75
Ilustración 4.6 Pestaña Posicionado de QUCS (Elaboración propia).....	75
Ilustración 4.7 Pestaña Insertar de QUCS (Elaboración propia)	75
Ilustración 4.8 Pestaña Proyecto de QUCS (Elaboración propia).....	76
Ilustración 4.9 Pestaña Herramientas de QUCS (Elaboración propia).....	76
Ilustración 4.10 Pestaña Simulación de QUCS (Elaboración propia).....	76
Ilustración 4.11 Pestaña Ver de QUCS (Elaboración propia)	77
Ilustración 4.12 Pestaña Ayuda de QUCS (Elaboración propia).....	77
Ilustración 4.13 Pestaña Main-Proyectos de QUCS (Elaboración propia).....	77
Ilustración 4.14 Pestaña Main-Contenido de QUCS (Elaboración propia)	78
Ilustración 4.15 Pestaña Main-Componentes de QUCS (Elaboración propia).....	78
Ilustración 4.16 Pestaña Main-Librerías de QUCS (Elaboración propia)	79
Ilustración 4.17 Panel de diseño de QUCS (Elaboración propia)	79
Ilustración 4.18 Ejercicio de circuito eléctrico para simular en QUCS (Elaboración	
propia).....	80
Ilustración 4.19 Pestaña nueva al guardar el proyecto en QUCS (Elaboración propia)	
.....	80

Ilustración 4.20 Tabulación de datos en QUCS (Elaboración propia)	80
Ilustración 4.21 Interfaz gráfica de MULTISIM (Elaboración propia).....	81
Ilustración 4.22 Ventana Spreadsheet View (Elaboración propia)	81
Ilustración 4.23 Ventana Design Toolbox (Elaboración propia).....	82
Ilustración 4.24 Pestaña Herramientas-File de Multisim (Elaboración propia).....	82
Ilustración 4.25 Pestaña Edit de Multisim (Elaboración propia)	83
Ilustración 4.26 Pestaña View de Multisim (Elaboración propia).....	83
Ilustración 4.27 Pestaña Place de Multisim (Elaboración propia).....	84
Ilustración 4.28 Pestaña MCU de Multisim (Elaboración propia)	84
Ilustración 4.29 Pestaña Simulate de Multisim (Elaboración propia).....	84
Ilustración 4.30 Pestaña Transfer de Multisim (Elaboración propia).....	85
Ilustración 4.31 Barra de herramientas MULTISIM (Elaboración propia)	85
Ilustración 4.32 Circuito eléctrico para diseñar en MULTISIM (Elaboración propia) .	85
Ilustración 4.33 Circuito eléctrico simulado en MULTISIM (Elaboración propia).....	85
Ilustración 4.34 Interfaz gráfica de Proteus (Elaboración propia)	86
Ilustración 4.35 Barra de herramientas en Proteus (Elaboración propia).....	87
Ilustración 4.36 Pestaña File de Proteus (Elaboración propia)	87
Ilustración 4.37 Pestaña Edit de Proteus (Elaboración propia).....	87
Ilustración 4.38 Pestaña View de Proteus (Elaboración propia)	88
Ilustración 4.39 Pestaña Tool de Proteus (Elaboración propia).....	88
Ilustración 4.40 Pestaña Design de Proteus(Elaboración propia)	88
Ilustración 4.41 Circuito eléctrico diseñado en Proteus (Elaboración propia)	89
Ilustración 4.42 Resultado de medir el amperímetro y voltaje sobre R2 (Elaboración propia).....	89
Ilustración 4.43 Interfaz gráfica de Crocodile (Elaboración propia)	90
Ilustración 4.44 Menú de opciones de Crocodile (Elaboración propia)	91
Ilustración 4.45 Barra de herramientas de Crocodile (Elaboración propia)	91
Ilustración 4.46 Interfaz gráfica de QUCS (Elaboración propia).....	91
Ilustración 4.47 Pestaña Parts Library de Crocodile (Elaboración propia).....	92
Ilustración 4.48 Circuito simulado en Crocodile (Elaboración propia).....	92
Ilustración 4.49 Interfaz gráfica de Flux.ai (Elaboración propia).....	94
Ilustración 4.50 Distribución de Flux.ai (Elaboración propia)	94
Ilustración 4.51 Ingreso de componentes electrónicos al área de trabajo (Elaboración propia).....	95
Ilustración 4.52 Conexión de elementos en el simulador (Elaboración propia)	95
Ilustración 4.53 Configuración de componentes (Elaboración propia)	95
Ilustración 4.54 Configuración de PCB (Elaboración propia)	96
Ilustración 4.55 Simulación del circuito diseñado en Flux.ai (Elaboración propia) ...	96
Ilustración 4.56 Copilot AI de Flux.ai (Elaboración propia).....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ejemplos de componentes activos	15
Tabla 1.2 Ejemplos de componentes pasivos	17
Tabla 1.3 Ejemplos de dispositivos de control.....	19
Tabla 2.1 Múltiplos y submúltiplos	33
Tabla 3.1 Código de color de resistencias eléctricas	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1 Fórmula de corriente en amperes	27
Ecuación 2-2 Fórmula del voltaje en volts	27
Ecuación 3-1 Resistencia equivalente de un circuito con N resistencias en serie.....	44
Ecuación 3-2 Resistencia equivalente de un circuito con N resistencias en paralelo	45
Ecuación 3-3 Resistencia equivalente de un circuito con 2 resistencias en paralelo	45
Ecuación 3-4 Ecuación de conductancia	48
Ecuación 3-5 variación de la resistencia eléctrica de un conductor con la temperatura	48
Ecuación 3-6 Fórmula de divisor de voltaje sobre R1	62
Ecuación 3-7 Fórmula de divisor de voltaje sobre R2.....	62
Ecuación 3-8 Fórmula de divisor de corriente sobre R1	66
Ecuación 3-9 Fórmula de divisor de corriente sobre R2	66
Ecuación 3-10 Fórmula de divisor de corriente sobre Rx	66

CAPÍTULO 1 : FUNDAMENTOS DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Objetivos

- Definir qué es un circuito eléctrico y clasificar sus diferentes tipos.
- Identificar y categorizar los componentes esenciales de un circuito eléctrico en activos, pasivos, de control y de protección.
- Reconocer y describir las partes o elementos fundamentales que conforman la topología de un circuito eléctrico, como nodos, ramas, lazos y mallas.
- Comprender la importancia de los circuitos eléctricos como base para el funcionamiento de diversos sistemas y tecnologías.

Introducción

La electricidad, como fuerza fundamental de la naturaleza, se canaliza y se aprovecha a través de los circuitos eléctricos. Estos sistemas interconectados son la base del funcionamiento de una vasta gama de dispositivos y tecnologías que impactan directamente en nuestra vida cotidiana. Este capítulo, dedicado a los "Fundamentos de los circuitos eléctricos", tiene como objetivo proporcionar una comprensión clara y accesible de sus principios básicos.

Iniciaremos definiendo qué es exactamente un circuito eléctrico y explorando sus diferentes clasificaciones. A continuación, examinaremos los componentes que los componen, diferenciando sus roles y funcionalidades (activos, pasivos, de control y protección). Finalmente, nos introduciremos a la terminología esencial para describir la estructura de un circuito, identificando nodos, ramas, lazos y mallas.

Dominar estos conceptos iniciales es esencial para cualquier persona interesada en comprender, analizar o diseñar sistemas eléctricos.

Introducción a los circuitos eléctricos

Definición de circuito eléctrico

Un circuito eléctrico o también llamado red eléctrica, como el observado en la Ilustración 1.1, es un conjunto de resistores, bobinas, condensadores, entre

otros elementos combinados, los cuales al estar conectados entre sí permiten la circulación de corriente eléctrica.

Esquema de circuito eléctrico

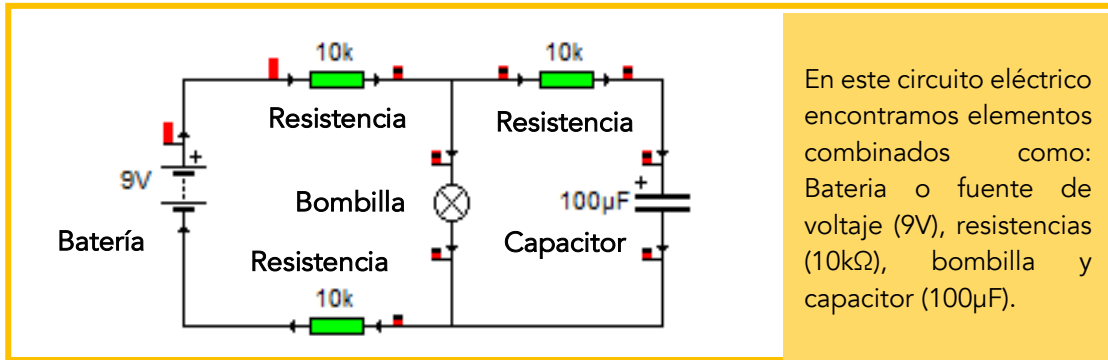


Ilustración 1.1 Circuito eléctrico (Elaboración propia)

Los circuitos eléctricos se basan en la ley de causa-efecto, donde primero se produce una excitación de tensión, corriente, etc., para generar una respuesta con similares magnitudes eléctricas.

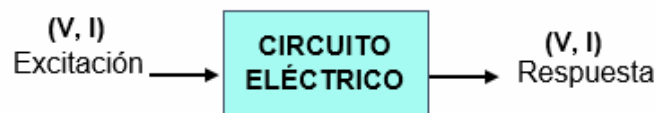


Ilustración 1.2 Diagrama de causa-efecto en un circuito eléctrico (Elaboración propia)

Tipos de circuitos eléctricos

Existen dos tipos de circuitos eléctricos:

Circuitos eléctricos de corriente continua: También llamados circuitos cc (corriente continua) o c.d (corriente directa), Son aquellos donde la corriente circula de manera constante en una sola dirección a lo largo de un conductor. Circuitos con fuentes de voltaje como: pilas o baterías, son ejemplos de circuitos de corriente continua.

En la Ilustración 1.3, se observa el diagrama pictórico de un circuito sencillo de corriente continua, y en la Ilustración 1.4, se tiene su diagrama circuital equivalente, conjuntamente con la forma de onda de la fuente de voltaje.

Ejemplo

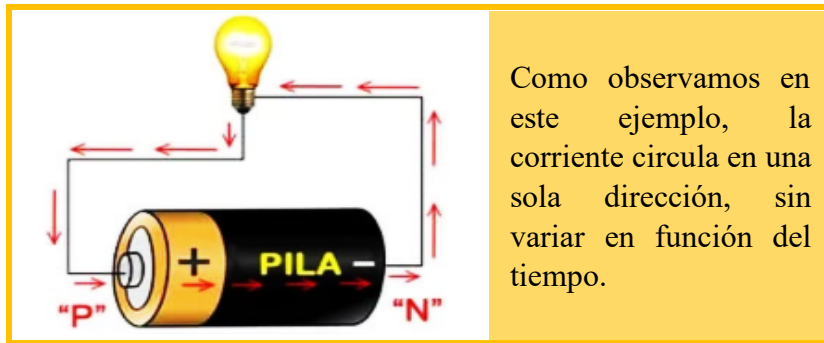


Ilustración 1.3 Diagrama Pictórico de circuito de corriente continua (Elaboración propia)

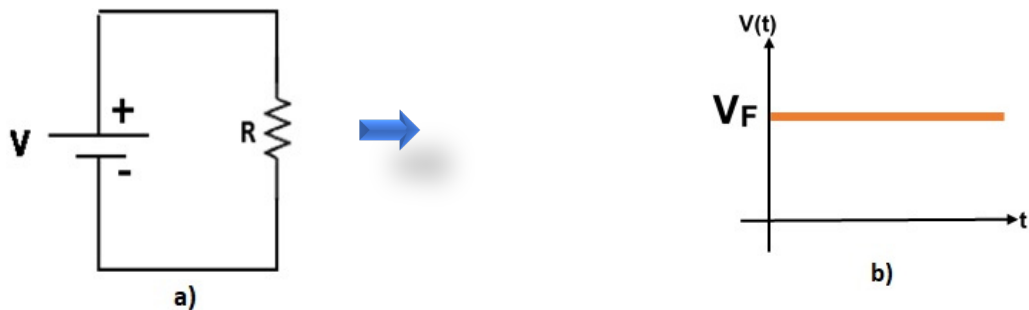


Ilustración 1.4 a) Diagrama circuital, b) Gráfica de voltaje c.c. (Elaboración propia)

Circuitos eléctricos de corriente alterna: se denominan así porque la corriente que circula a través del conductor cambia de sentido de forma periódica en relación al tiempo. También son abreviadamente llamados circuitos c.a.

Circuitos con fuentes de voltaje como: transformadores, señales de audio, turbinas, alternadores, etc., son ejemplos de circuitos de corriente alterna.

En la Ilustración 1.5, se observa el diagrama pictórico de un circuito sencillo de corriente alterna, y en la Ilustración 1.6, se tiene su diagrama circuital equivalente, también conjuntamente con la gráfica de su fuente de voltaje.

Ejemplo

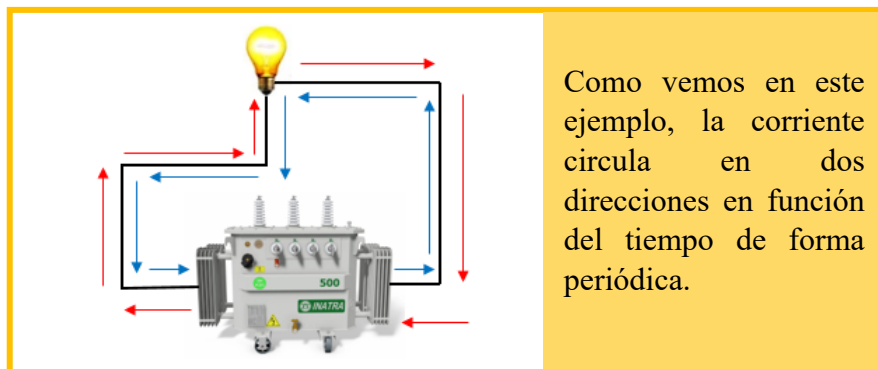


Ilustración 1.5 Diagrama Pictórico de circuito de corriente alterna (Elaboración propia)




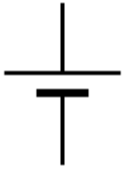




Ilustración 1.6 a) Diagrama circuital, b) Gráfica de voltaje c.a. (Elaboración propia)




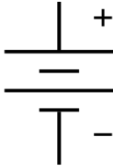






Componentes de un circuito eléctrico

Componentes activos

Se denominan así porque son los encargados de suministrar energía eléctrica al circuito. Se pueden dividir en fuentes independientes o dependientes de voltaje y corriente, así como también, en generadores ideales o reales.

Tabla 1.1 Ejemplos de componentes activos









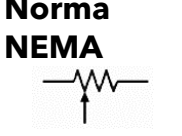

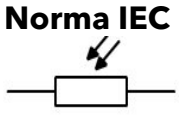

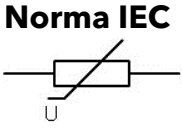

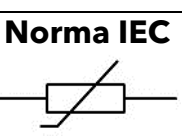
Nombre	Función	Tipos	Imagen	Simbologías
Pilas	Son componentes que transforman la energía química en eléctrica, con voltajes que varían entre 1.5V y 3V.	Carbono - zinc		Norma IEC Genérica 
		Alcalinas		
		Mercurio		
		Óxido de plata		
		Níquel-cadmio		


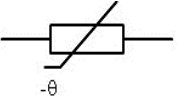

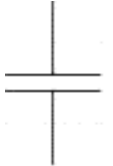
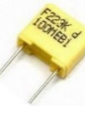




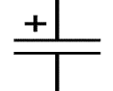

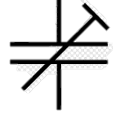

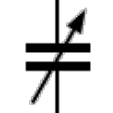

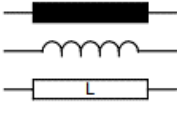

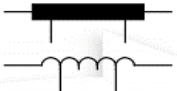
		Níquel-hidruro metálico		
		Ion-litio		
Baterías	Dispositivos que transforman la energía química en energía eléctrica, con voltajes típicos de 9V y 12V.	Alcalinas		Norma IEC Genérica 
		Ácido-plomo		
		Níquel		Norma NEC 
		lones de litio		
		Polímero de litio		
		Gel		







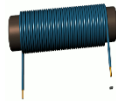



Componentes pasivos

También llamados receptores, debido a que tienen como función disipar o almacenar energía eléctrica en campos magnéticos y eléctricos. Es decir, no producen ni generan energía eléctrica, sino más bien, la consumen.

Tabla 1.2 Ejemplos de componentes pasivos

Nombre	Función	Tipos		Imagen	Simbologías
Resistor	Componente eléctrico que limita el flujo de la electricidad. Se fabrican comercialmente desde 1 ohmio hasta los 10000000 de ohmios, con capacidades de disipación que van desde el octavo de vatio hasta varios vatios. Elaborados de materiales como carbón prensado, 1 película metálica y alambre, recubiertas en cerámica.	Fijas	Aglomeradas		Norma IEC y ANSI 
			Película de carbón		
			Película metálica		
			Bobinadas		
		Variables	Bobinadas		Norma IEC 
			De película		Norma NEMA 
		Especiales	LDR		Norma IEC 
			VDR		Norma IEC 
			PTC		Norma IEC 








			NTC		Norma IEC 
Capacitor	Dispositivo que almacena energía en forma de campo eléctrico, es decir cargas estáticas. Se fabrican comercialmente desde 1F hasta sus submúltiplos (microfaradio (10^{-6}), nanofaradio (10^{-9}) y picofaradio (10^{-12})). Elaborados de materiales como: dos placas de metal y un aislador dieléctrico.	Cerámicos			Norma NEC Genérico 
		Película			Norma IEC y ANSI No polarizado 
		Mica			
		Doble Capa eléctrica			
		Electrolíticos			Norma IEC 
		Ajustables			Norma IEC 
		Variable			Norma IEC 
Bobina	Cilindro de hilo que almacena energía en un campo magnético. Se fabrican comercialmente desde 1 Henrio hasta sus	Normal			Norma IEC 
		Tomas fijas			Norma IEC 

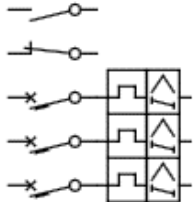


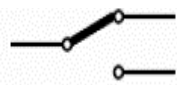

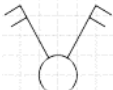
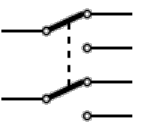

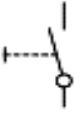
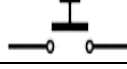


	submúltiplos milihenrios y microhenrios. Elaborados de materiales como: hilo conductor y núcleo de material ferromagnético.	Núcleo ferromagnético		Norma IEC 
		Núcleo de ferroxcube		Norma IEC 
		Blindada		Norma IEC 
		Electroimán		Norma IEC 
		Ajustable o Variable		Norma IEC 

Dispositivos de control

Son aquellos componentes que tienen como función permitir o interrumpir el flujo de la corriente eléctrica, según el estado en el que se encuentre.

Tabla 1.3 Ejemplos de dispositivos de control

Nombre	Función	Imagen	Simbología
Interruptor	Elemento que permite e interrumpe el flujo de la corriente eléctrica. Se fabrican comercialmente desde deciamperio hasta yottaamperio Elaborados de materiales como: plástico y metal.	Basculante 	Norma NEC Simple General 
		Luz 	
		Centrífugo 	Norma IEC Abierto  Cerrado 
		DIP 	

			Inercial		
			Termomagnético	Norma IEC 	
Conmutador	Unipolar	Componente de dos terminales, uno de salida y uno de llegada, permitiendo el cambio de la corriente eléctrica.		Norma NEC  Norma IEC 	
	Bipolar	Elemento que consiste en dos conmutadores de dos posiciones, los cuales se activan al mismo tiempo.		Norma NEC  Norma IEC 	
Pulsador	Normalmente Abierto	También conocido interruptor debido a que tiene como función permitir o interrumpir el curso de la corriente.		Abierto (N.A)	Norma IEC General  Otra forma 
	Normalmente Cerrado			Cerrado (N.C)	Norma IEC 

Dispositivos de protección

Son dispositivos que tienen la función de proteger a todos los elementos de un circuito eléctrico, una vez que se alcanza la circulación máxima de corriente permitida, o al producirse un cortocircuito. Son también llamados fusibles y se los fabrican de diversos materiales según el uso que tenga el circuito, tal como se puede observar en la Ilustración 1.7



Ilustración 1.7 Fusibles de filamento (Elaboración propia)

Partes o elementos de un circuito eléctrico

Un circuito eléctrico está compuesto de las siguientes partes: nodo, rama, lazo y malla.

Nodo

Suele representarse con un punto y una letra en el circuito. Se clasifican en dos grupos:

Primarios: El punto donde se unen más de dos elementos de un circuito eléctrico.

Secundarios: El punto donde se unen dos elementos de un circuito eléctrico. En la Ilustración 1.8 existen 4 nodos primarios (B, C, D y E). Y un nodo secundario (A).

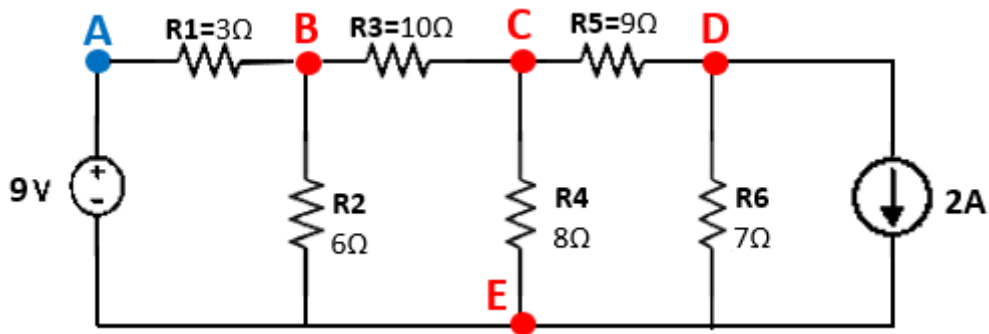


Ilustración 1.8 Circuito con 4 Nodos Primarios y 1 Nodo Secundario (Elaboración propia)

Rama

Suele representarse con la descripción de los nodos.

Se clasifican en dos grupos:

Principal: Cuando contienen más de un elemento entre dos nodos.

Secundarias: Cuando contiene solo un elemento entre dos nodos.

En la Ilustración 1.9 existen 6 ramas secundarias: B-E, B-C, C-E, C-D, D-E, D-D-E; y una rama principal (B-A-E).

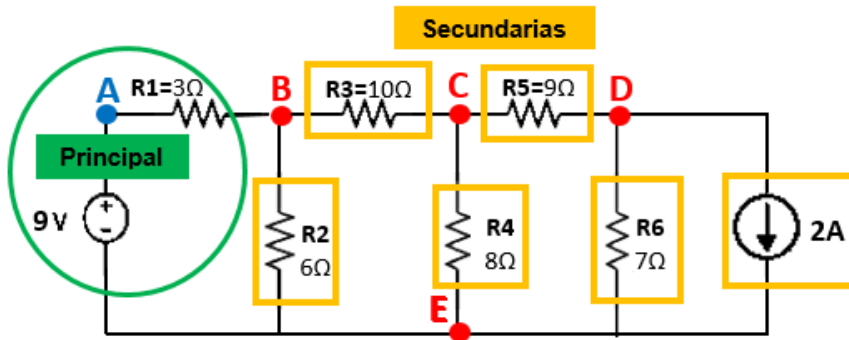


Ilustración 1.9 Circuito con 6 ramas secundarias y 1 rama principal (Elaboración propia)

Lazo

Es un camino cerrado que está formado por 2 o más ramas. En la Ilustración 1.8, también existen 10 lazos, los cuales indicaremos a continuación:

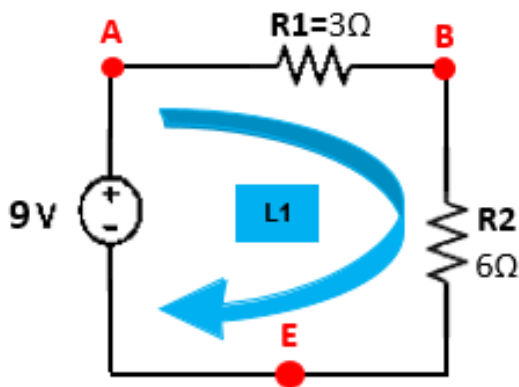


Ilustración 1.10 Lazo L1: A-B-E-A (Elaboración propia)

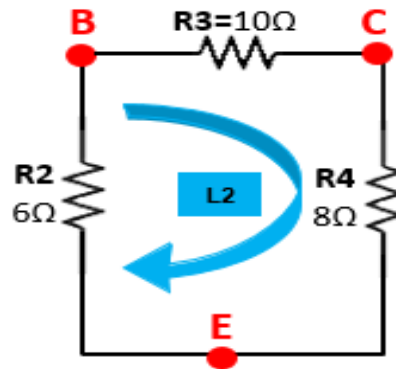


Ilustración 1.12 Lazo L2: B-C-E-B (Elaboración propia)

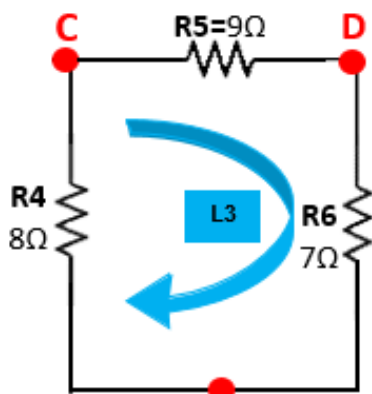


Ilustración 1.11 Lazo L3: C-D-E-C (Elaboración propia)

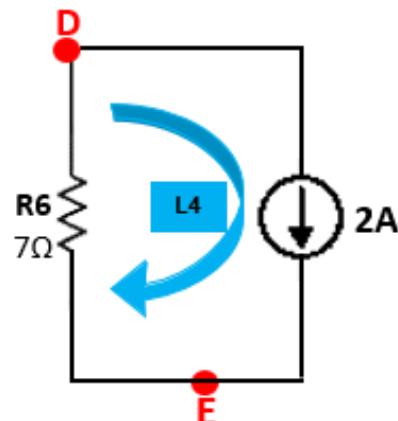


Ilustración 1.13 Lazo L4: D-E-D (Elaboración propia)

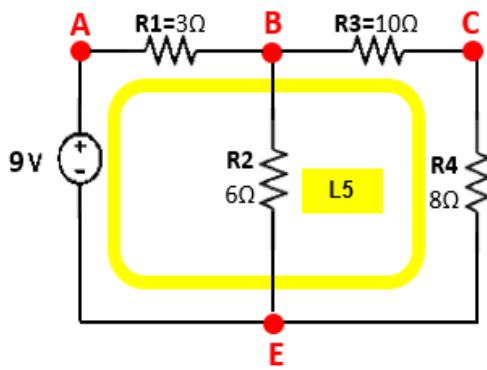


Ilustración 1.15 Lazo L5: A-B-C-E-A
(Elaboración propia)

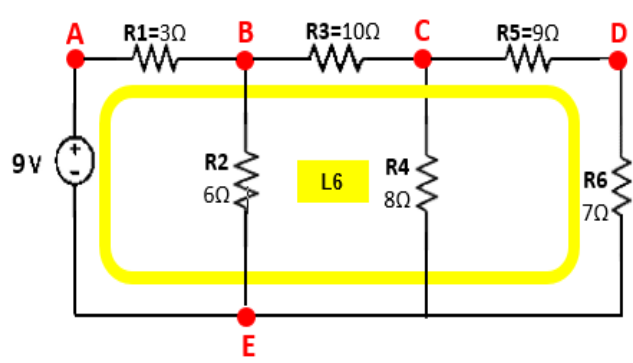


Ilustración 1.145 Lazo L6: A-B-C-D-E-A
(Elaboración propia)

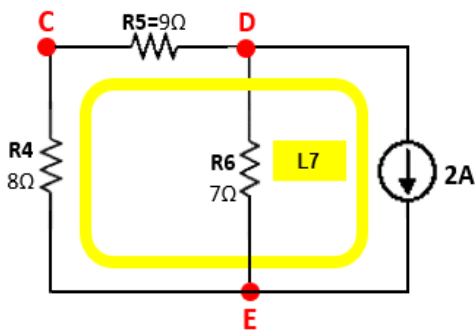


Ilustración 1.17 16 Lazo L7: C-D-E-C (Elaboración propia)

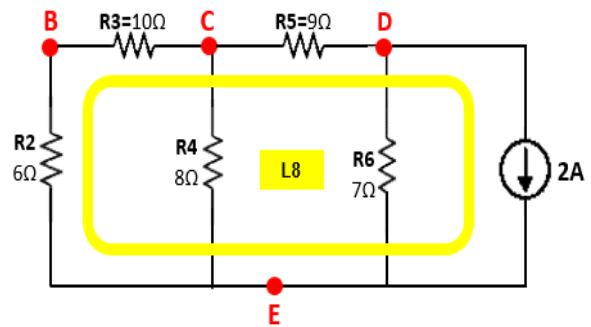


Ilustración 1.16 Lazo L8: B-C-D-E-B (Elaboración propia)

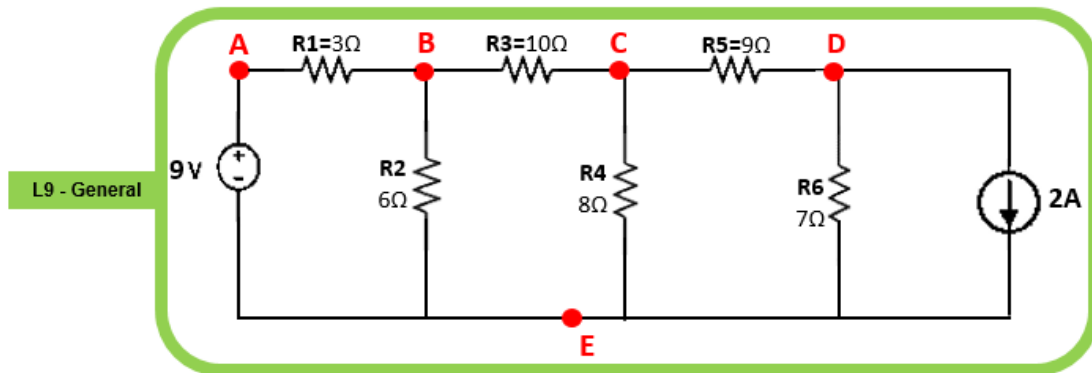


Ilustración 1.18 Lazo L9: A-B-C-D-E-A (Elaboración propia)

Malla

Es un lazo que no contiene ningún otro lazo en su interior. La Ilustraciones 1.19 contiene 4 mallas: A-B-E-A, B-C-E-B, C-D-E-C y D-E-D. Donde se puede observar que se forman trayectorias cerradas, sin incluir otras trayectorias cerradas en su interior.

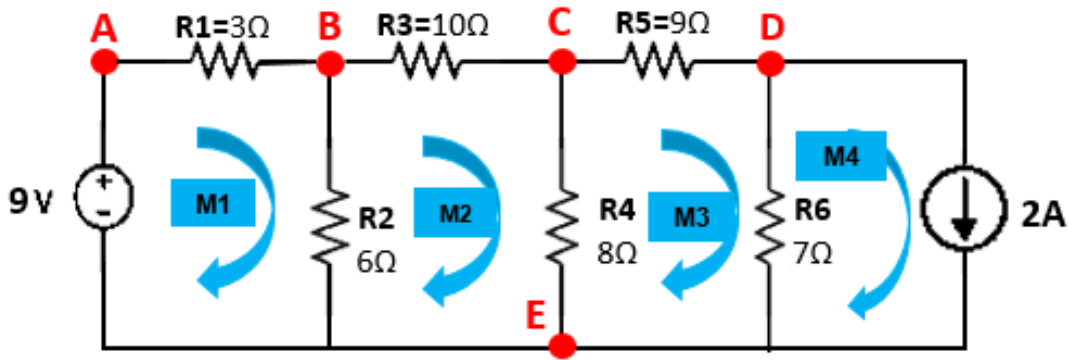


Ilustración 1.19 Circuito con 4 mallas: M1, M2, M3 y M4 (Elaboración propia)

Sabías que...



El cuerpo humano y la electricidad

"El cerebro humano, al igual que el cuerpo entero, puede producir electricidad a través de reacciones químicas en sus células. El cuerpo humano es un sistema eléctrico altamente complejo en el cual la función del cerebro sería la de control e interruptor" (*todosloshechos,2022*).

Batalla de las corrientes

En el siglo XIX, Nikola Tesla y Thomas Edison, protagonizaron varios enfrentamientos por introducir un sistema eléctrico en los Estados Unidos, en la llamada "Guerra de las corrientes" (*Jonnes,2004*). El ganador fue Tesla, con su sistema de corriente alterna, que es el actualmente utilizado en las redes de distribución eléctrica para hogares, comercios e industrias.

Preguntas de reflexión



- ¿Por qué actualmente es más utilizada la corriente alterna?
- ¿Existe alguna relación entre circuito eléctrico y red eléctrica?
- ¿Por qué el campo magnético variable se produce solamente en la corriente alterna?
- ¿Un circuito eléctrico puede contener más de un elemento activo?
- ¿Existen circuitos eléctricos sin elementos activos?
- ¿Toda malla es un lazo, pero no todo lazo es una malla?
- ¿Qué es un supernodo y en qué situación se forma dentro de un análisis nodal?

-
- ¿Qué es una supermalla y cuándo se utiliza en el análisis de mallas?
 - ¿En qué se diferencia el análisis de nodos usando supernodos del análisis nodal convencional?
 - ¿Por qué a veces es más eficiente utilizar supermallas en circuitos con múltiples fuentes de corriente?
-

Refuerza tu conocimiento



- Campomanes, J. G. (1990). *Circuitos eléctricos*. Universidad de Oviedo.
- Fraile Mora, J. (2012). *Circuitos eléctricos*. Editorial Pearson Educación SA, Madrid.
- Padilla, Y. (2018). *CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE MATERIAL TÉCNICO PEDAGÓGICO FÍSICO Y DÍGITAL PARA LA ELECTRÓNICA ANÁLOGA EN INGENIERÍA* [Monografía, Universidad de San Buenaventura]. <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/165203.pdf>
- Quintero, J. (2017). *Análisis de circuitos en serie de corriente alterna* [Monografía, Universidad Pedagógica Nacional]. TE-20944.pdf
- KM Plus. (8 de julio de 2020). *Ctos-5. Ramas, nudos y lazos -mallas- en un circuito. N° 2.7. Libro de Alexander -Sadiku* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=PfePWc6-AnE>
- Resolviendo libros. (2015, 10 de marzo). *Ejercicio 3 - Nodos, Ramas y Lazos* [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=rWhgyGW_PDE

Referencias bibliográficas

Jonnes, J. (2004). *Empires of light: Edison, Tesla, Westinghouse, and the race to electrify the world*. Random House Trade Paperbacks.

Todosloshechos. (28 de enero de 2022). *¿Cuál es la función de la bioelectricidad en nuestro organismo?* <https://todosloshechos.es/cual-es-la-funcion-de-la-bioelectricidad-en-nuestro-organismo>

CAPÍTULO 2 : VARIABLES ELÉCTRICAS

Objetivos

- Definir y diferenciar corriente y voltaje, incluyendo sus tipos continuos y alternos.
- Explicar el concepto de potencia eléctrica, su unidad de medida, múltiplos, submúltiplos y su cálculo en corriente continua y alterna.
- Definir energía eléctrica, su unidad de medida y fórmula, y aplicar estos conceptos en la resolución de problemas.
- Describir un procedimiento experimental para determinar el consumo eléctrico en un hogar.

Introducción

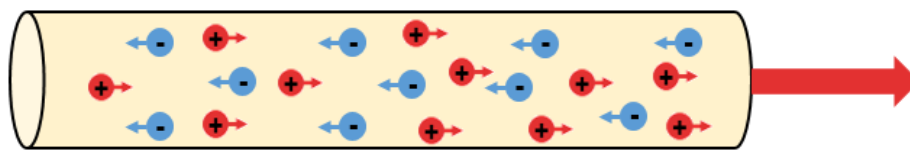
El presente capítulo se adentra en el estudio de las "Variables eléctricas", los pilares fundamentales sobre los que se construye el análisis y la aplicación de los circuitos eléctricos.

Exploraremos en detalle la naturaleza de la corriente y el voltaje, diferenciando sus formas continuas y alternas. Seguidamente, nos introduciremos al concepto crucial de potencia eléctrica, examinando su definición, unidad de medida, los múltiplos y submúltiplos comúnmente utilizados, así como su cálculo tanto, a través de ejercicios prácticos.

Finalmente, abordaremos la energía eléctrica, su definición, unidad de medida y fórmula, culminando con ejercicios de aplicación y una propuesta de procedimiento experimental para comprender el consumo energético en un entorno doméstico. La comprensión exhaustiva de estas variables es esencial para cualquier estudio posterior en el campo de la electricidad.

Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es el movimiento de la carga a través de un material conductor durante un tiempo determinado, es decir, es la velocidad a la cual la carga fluye a través de una superficie de área A .



*Ilustración 2.1 Representación de la corriente eléctrica
(Elaboración propia)*

La corriente eléctrica es medida en Amperios (A) en honor al matemático y físico francés André Marie Ampère (Lyon, 20 de enero de 1775 - Marsella, 10 de junio de 1836). La carga eléctrica que tiene como unidad el coulomb (C), dividida para el tiempo expresado en segundo (S), da como resultado el amperio (A), tal como se indica en la Ecuación 2.1.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Ecuación 2-1 Fórmula de corriente en amperes

I = Corriente en amperes (A)

Q = Carga en coulomb (C)

t = Tiempo en segundos (S)

Voltaje

El voltaje o también llamado diferencia de potencial juega un papel muy importante, ya que éste proporciona el impulso que permite a los electrones moverse por un circuito eléctrico. El voltaje se define entre dos puntos, por lo cual siempre debe ser expresado con respecto a una referencia.

El voltaje es medido en volt recibiendo este nombre gracias al Físico y químico Alessandro Volta (18 de febrero de 1745 - 5 de marzo de 1827), siendo este la diferencia de potencial entre dos puntos, cuando se utiliza un joule de energía para mover un coulomb de carga de un punto a otro.

El voltaje se simboliza mediante ***V*** y se define como energía o trabajo por unidad de carga.

$$V = \frac{W}{Q}$$

V = Voltaje en volts (V)

W = Energía en Joules (J)

Q = Carga en coulomb (C)

Ecuación 2-2 Fórmula del voltaje en volts

A continuación, se indica las diferentes conexiones que pueden existir entre fuentes de voltaje.

Conexión en serie: Se dice que dos o más elementos eléctricos o fuentes de voltajes se encuentran en serie, cuando:

a) El terminal positivo de un elemento se une a continuación con el terminal negativo de otro elemento, y así sucesivamente. Por lo tanto, el voltaje total de la conexión será igual a la suma de los voltajes de los elementos individuales conectados en serie, como se puede observar en la Ilustración 2.2.

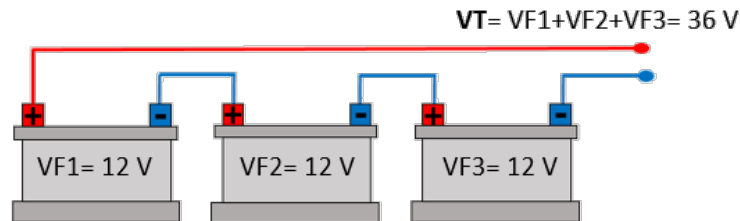


Ilustración 2.2 Baterías en serie (Elaboración propia)

b) El terminal positivo o negativo de un elemento se une a continuación con el terminal de igual signo de otro elemento, y así sucesivamente. Por lo tanto, el voltaje total de la conexión será igual a la resta de los voltajes de los elementos individuales conectados en serie, como se puede observar en la Ilustración 2.3

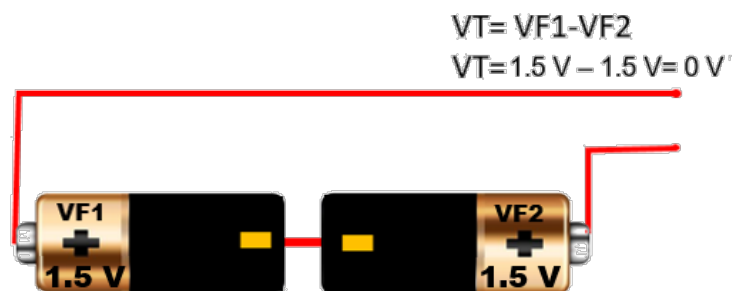


Ilustración 2.3 . Pilas en serie (Elaboración propia)

La corriente que circula por cada uno de los elementos conectados en serie en un circuito, es la misma para todos.

Conexión en paralelo: Se dice que dos o más elementos eléctricos o fuentes de voltajes se encuentran en paralelo, cuando cada uno de los terminales o bordes de los elementos se conectan con terminales de igual signo.

El voltaje total de una conexión en paralelo es igual al voltaje de cada una de las fuentes individuales conectadas, no así la corriente, puesto que la corriente total de la conexión será igual a la suma de las corrientes individuales de cada fuente. A continuación, se presentan un ejemplo para este tipo de conexión en la Ilustración 2.4.

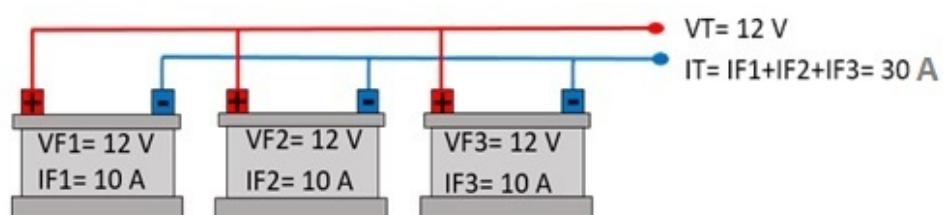


Ilustración 2.4 Baterías en paralelo (Elaboración propia)

La finalidad de conectar fuentes de voltaje en paralelo es incrementar la capacidad de corriente para suministrar hacia algún equipo o circuito.

Tipos de corrientes y voltajes

Corriente eléctrica continua

Es una corriente que permanece constante en el tiempo, es decir, es aquella en la que el movimiento de los electrones se mantiene siempre en el mismo sentido. También se la conoce como corriente directa (CD), y tiene una forma de onda como la indicada en la Ilustración 2.5.

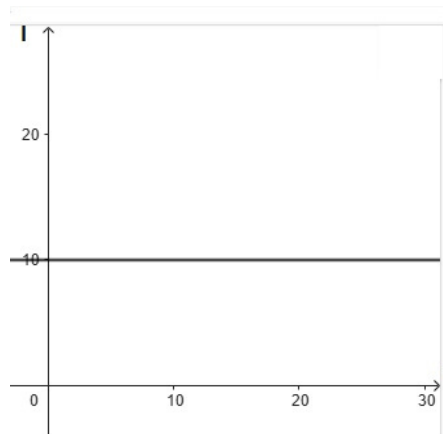


Ilustración 2.5 Gráfica de la corriente continua (Elaboración propia)

Corriente eléctrica alterna

Es la corriente que cambia de dirección de manera cíclica, esto provocado por las cargas que fluyen de manera alternada en una dirección y después en la otra dentro del circuito. La fuente de corriente alterna (CA) más común, la tenemos en el sistema comercial público, que suministra la energía hacia nuestros hogares. Tiene una forma de onda sinusoidal como la indicada en la Ilustración 2.6.

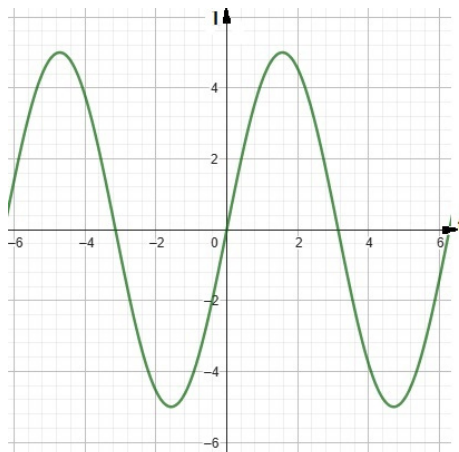


Ilustración 2.6 . Gráfico de la corriente alterna (Elaboración propia)

Voltaje continuo

También llamado voltaje de corriente directa, con sus abreviaturas Vcd o Vdc, según sus términos en español o su traducción al inglés respectivamente. Puede ser obtenido luego de un proceso de rectificación y filtrado del voltaje alterno, gracias al uso de diodos rectificadores y condensadores electrolíticos. En el voltaje CC, las cargas (electrones) se mueven desde el polo positivo hacia el negativo, es decir, van en una misma dirección o sentido. Este voltaje es el utilizado por los dispositivos electrónicos, presentes en celulares, televisores, laptops, equipos de climatización, hornos microondas, lavadoras, entre otros.

Voltaje alterno

Comúnmente denominado como Vca o Vac, según su escritura en español o su traducción al inglés respectivamente. Este se refiere al voltaje que cambia de magnitud y de sentido en un tiempo. Es de fácil generación y transportación, estando siempre disponible en los tomacorrientes de los hogares. Tiene una forma de onda sinusoidal como la indicada en la Ilustración 2.6, con un voltaje máximo que supera los 130 voltios, y una frecuencia en el orden de los 60 Hz, para el Ecuador.

Sabías que...

La Primera pila eléctrica



En 1800, Alessandro Volta, fundamentó su tesis con la demostración del funcionamiento de la primera pila eléctrica, suceso que ha permitido un paso crucial en cuanto al uso de la electricidad (Croswell, 1992).

Fotoconductividad

Es un fenómeno en el cual los fotones (pequeños paquetes de energía) de la luz incidente pueden incrementar la densidad portadora en un material semiconductor, y por ende, el nivel de flujo de carga. Principio que es utilizado en los sistemas fotovoltaicos de energía eléctrica (Voltaje Y Corriente A2.1 INTRODUCCIÓN, n.d.)

Preguntas de reflexión



- ¿Por qué se dice que la resistencia es definida como la oposición a la corriente?
- ¿Cómo se lo denomina al potencial eléctrico?
- ¿Qué material conductor es el más utilizado actualmente?

Refuerza tu conocimiento:



- Félix Redondo Quintela, & Redondo, R. C. (2019). *Electrostática y Corriente Eléctrica para Ingenieros*. STS EDICIONES.
- Boylestad, R. L., & Rodolfo Navarro Salas. (2017). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Prentice Hall.
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2018). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Mcgraw-Hill.
- Robbins, A., & Miller, W. C. (2008). *Análisis de circuitos: teoría y práctica*. Cengage Learning.
- GeoGebra. (n.d.). GeoGebra Clásico - GeoGebra. [Www.geogebra.org](https://www.geogebra.org).
<https://www.geogebra.org/classic?lang=es>

Potencia eléctrica

Definición

Podemos decir que la potencia eléctrica es la rapidez con la que un aparato eléctrico gasta energía o realiza un trabajo determinado. La potencia eléctrica está relacionada con el voltaje que se aplica al circuito y la corriente que circula por este. Por lo tanto, podemos deducir, que cuanto mayor sea la corriente que circula por el circuito, mayor será la potencia del aparato eléctrico.

Un aparato eléctrico que tenga una mayor potencia realizará el mismo trabajo en menor tiempo, no obstante, consumirá más energía, tal como se indica en la Ilustración 2.7.

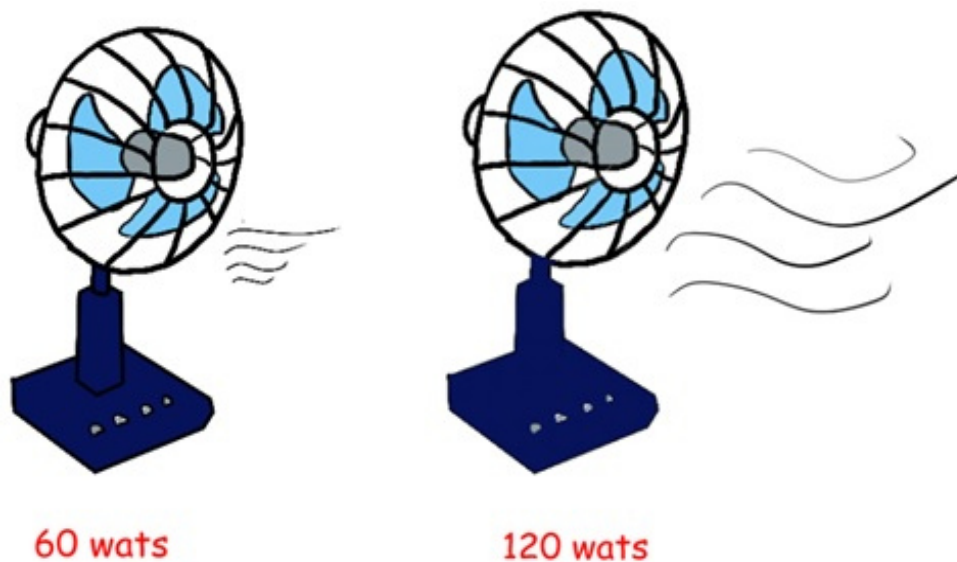


Ilustración 2.7 Representación de la potencia eléctrica (Elaboración propia)

Unidad de medida

La unidad de medida de la potencia eléctrica es el vatio o watt (W), que proviene del producto de los voltios (V) por los amperios (A).

$$[W] = [V][A]$$

Conociendo las fórmulas de la ley de ohm, podemos expresar la fórmula de la potencia eléctrica: $P=V.I$, de las siguientes maneras:

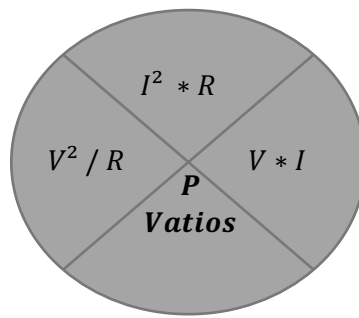


Ilustración 2.8 Ecuaciones para el cálculo de la potencia eléctrica (Elaboración propia)

Múltiplos y submúltiplos utilizados

En la Tabla 2.1 se indican los múltiplos y submúltiplos comúnmente utilizados para indicar la potencia eléctrica.

Tabla 2.1 Múltiplos y submúltiplos

Múltiplos		
Kilowatt (KW)	1000 watts	10^3 watts
Megawatt (MW)	1000000 watts	10^6 watts
Gigawatt (GW)	1000000000 watts	10^9 watts
Terawatt (TW)	1000000000000 watts	10^{12} watts
Submúltiplos		
miliwatt (mW)	0.001 watts	10^{-3} watts
microwatt (uW)	0.000001 watts	10^{-6} watts
nanowatt (nW)	0.000000001 watts	10^{-9} watts
picowatt (pW)	0.000000000001 watts	10^{-12} watts

Potencia en corriente continua

La potencia eléctrica en corriente continua (DC) se define como la cantidad de energía eléctrica que se transfiere a una carga por unidad de tiempo, cuando las señales de voltaje y corriente presentes en el circuito no varían con el tiempo. La representación gráfica de este tipo de potencia sería similar a lo indicado en la Ilustración 2.5.

Potencia en corriente alterna

En corriente alterna, se habla de potencias instantáneas y potencias eficaces. La potencia instantánea en corriente alterna (AC) varía constantemente con el tiempo, y su forma depende de cómo varía el voltaje y la corriente.

La potencia eficaz (P_{EF}), un equivalente de la potencia en corriente continua, para los circuitos alternos, hace uso del voltaje (V_{EF}) y corriente (I_{EF}) eficaces, así como el

ángulo de desfaseamiento (Φ) entre estas dos señales, para su cálculo: $P_{EF} = V_{EF} \cdot I_{EF} \cdot \cos \Phi$.

Ejercicios de aplicación

1. Un aparato eléctrico cuenta con una resistencia de 9 ohmios y se le suministra un voltaje de 120 voltios. ¿Cuál es la potencia de ese aparato eléctrico y cuánta corriente circula por él?

Solución:

a) Debemos identificar los datos que nos ofrece el ejercicio y los datos que nos pide calcular.

Resistencia: 9Ω

Voltaje: $120V$

P = ?

I = ?

b) Procedemos a identificar las fórmulas más convenientes para hallar las incógnitas identificadas, con los valores que disponemos.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{(120V)^2}{9\Omega} = \frac{14400}{9\Omega} = 1600 \text{ watts}$$

Finalmente, procedemos a calcular la corriente:

$$I = \frac{P}{V}$$
$$I = \frac{1600 \text{ watts}}{120V} = 13.33A$$

2. Un ventilador de 120 watt se conecta a un tomacorriente de 120 V. ¿Cuál es la resistencia y la corriente de dicho ventilador?

a) Identificamos los datos que tenemos y las incógnitas.

P = 120 watts

V = 120 V

R = ?

I = ?

b) Seleccionamos las fórmulas que nos permitirá hallar las incógnitas con los valores que tenemos.

-Intensidad eléctrica

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

-Resistencia

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

c) Reemplazamos los valores que tenemos en las fórmulas:

-Intensidad eléctrica

$$I = \frac{120 \text{ watts}}{120V} = 1A$$

-Resistencia

$$R = \frac{120V}{1A} = 120\Omega$$

Sabías que...



Las mantarrayas también generan electricidad

La anguila eléctrica (*Electrophorus electricus*) se distingue por su capacidad de generar potentes descargas eléctricas que alcanzan voltajes de hasta 600 V, una estrategia que emplea tanto para cazar como para protegerse de otros animales (Catania, 2014).

Preguntas de reflexión



- ¿Por qué actualmente es más utilizada la corriente alterna?
- ¿Existe alguna relación entre la potencia y la energía eléctrica?
- ¿Por qué debemos tener claras las unidades de medición de la electricidad?

Refuerza tu conocimiento:



- Area Tecnologia. (s.f.). *Potencia eléctrica*. https://www.areatecnologia.com/electricidad/potencia-electrica.html#Formula_de_la_Potencia_Electrica.
- Wited. (s.f.). *Potencia y energía eléctrica*. <https://www.portaleducativo.net/octavo-basico/829/potencia-y-energia-electrica>.
- J. A. Edminister. (1988). Circuitos eléctricos. www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=SIDINA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000338

Energía Eléctrica

Definición

Es la cantidad de trabajo que realiza un determinado aparato o componente eléctrico. La energía depende de la potencia y del tiempo, es decir que cuanto mayor sea la potencia y el tiempo, mayor será la potencia.

Esta energía puede tomar diversas formas, como: luz, energía mecánica, energía térmica, entre otras.

Por ejemplo, tenemos un ventilador de 60 watts, y un ventilador de 120 watts, si ambos permanecen encendidos durante una hora el ventilador que consumirá más energía será el de 120 watts, ya que su potencia es mayor.

Unidad de medida

La unidad de medida de la energía eléctrica es el Joule (J), pero también se mide en watts- hora.

$$1WH = 3600 J$$

Para expresar los WH, se utilizan los mismos múltiplos y submúltiplos que la potencia, es decir, KWH, MWH, etc.

Fórmula

La fórmula para el cálculo de la energía eléctrica es la siguiente:

$$E = P * t$$

Ecuación 2-3 Fórmula para cálculo de la Energía eléctrica

La P es la potencia en watts, y la t es el tiempo en horas. En caso de en caso de querer obtener el resultado en Joule expresamos el tiempo en segundos.

Ejercicios de aplicación

1. Un microondas tiene una corriente de 4 Amperios y le es suministrado un voltaje de 110 *voltios*. ¿Cuál es la energía en *KWH* que consume ese televisor en 9 *horas*?

a) Primero identificamos los datos que tenemos y las incógnitas que debemos calcular.

$$I = 4A$$

$$V = 110V$$

$$E = ?$$

$$t = 9h$$

b) El ejercicio nos pide la energía, por lo tanto, debemos utilizar la fórmula de la energía, pero el dato que nos falta para utilizar esa fórmula es la potencia, así que procedemos a calcular la potencia.

$$\begin{aligned}P &= V * I \\P &= 110V * 4A \\P &= 440 \text{ Watts}\end{aligned}$$

c) Una vez que ya tenemos la potencia, podemos calcular la energía, simplemente colocando los valores que tenemos en la fórmula, sin olvidar convertir el valor obtenido a las unidades que nos solicita el ejercicio:

$$\begin{aligned}E &= P * t \\E &= 440 \text{ Watts} * 9h \\E &= \frac{3960 \text{ Watts}}{H} \\E &= 3.960 \text{ kW/H}\end{aligned}$$

2. ¿Cuál es la potencia de una bombilla que consume una energía de 6 KWH en 4 horas?

a) Primero identificamos los datos que tenemos y los que nos hacen falta.

$$\begin{aligned}E &= 6 \text{ kWh} \\t &= 4 \text{ h} \\P &=?\end{aligned}$$

b) Para calcular la potencia con los datos que disponemos, debemos despejar la fórmula de la energía eléctrica.

$$E = P * t \quad \longrightarrow \quad P = \frac{E}{t}$$

c) Reemplazamos los datos que tenemos en la fórmula. El tiempo se elimina y la respuesta nos queda en KW.

$$\begin{aligned}P &= \frac{6 \text{ kWh}}{4 \text{ h}} \\P &= 1.5 \text{ kW}\end{aligned}$$

Procedimiento experimental para la determinación del consumo eléctrico de un hogar.

A continuación, se indican los pasos necesarios para la determinación de forma experimental del consumo de energía eléctrica de un hogar:

1. Medir la corriente o el amperaje de cada uno de los equipos eléctricos del hogar, lo cual se realiza mediante una pinza amperimétrica. Con el selector en corriente alterna, se coloca la pinza rodeando uno de los cables conductores. No rodee

ambos cables, puesto que las corrientes se anulan y se visualizará 0 en el amperímetro, como lo indica la Ilustración 2.9.



Ilustración 2.9 Medición errónea de corriente alterna (Elaboración propia)

Se recomienda utilizar una extensión eléctrica con cables separados, como puente para enchufar el equipo, para de esta forma poder realizar la medición en uno solo de los cables. Ver Ilustraciones 2.9 y 2.10.



Ilustración 2.10 Medición de la corriente de cada equipo (Elaboración propia)

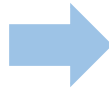


Ilustración 2.11 Valor de corriente resultante (Elaboración propia)

2. Para medir el voltaje que llega al hogar, se utilizará cualquier tomacorriente. Con el selector del equipo de medición ubicado en la posición de voltaje alterno, se coloca punta negra del amperímetro en la línea más larga del tomacorriente y la punta roja en la más corta. La medición que se visualiza corresponderá al voltaje presente en el hogar. Ver Ilustraciones 2.11 y 2.12.

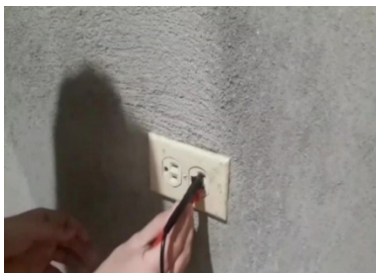


Ilustración 2.12 Medición en tomacorriente (Elaboración propia)

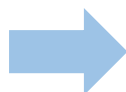


Ilustración 2.133 Valor de voltaje resultante (Elaboración propia)

3. Se multiplica el voltaje, por la corriente que circula en los equipos eléctricos, para obtener su potencia.

4. Se multiplica la potencia del equipo eléctrico por el número de horas que se lo usa al día, para obtener su consumo diario.

5. Ahora solo es cuestión de multiplicar el consumo diario por el número de días de cada mes y se obtendrá el consumo eléctrico mensual de cada equipo eléctrico del hogar. Si se suman los consumos de todos los equipos eléctricos, se deberá obtener un valor similar al de la planilla eléctrica de facturación mensual que se entrega en el hogar. No será del todo igual, ya que suele haber días en los que el uso de los aparatos eléctricos puede variar

Sabías que...



El origen del término "Volt o Voltio"

El termino volt o voltio, que es la unidad usada para medir el potencial eléctrico, fue llamada así en honor al físico italiano *Alessandro Volta* (1745-1827), inventor de la pila eléctrica en el año 1800.

Las mantarrayas también generan electricidad

La anguila eléctrica (*Electrophorus electricus*) se distingue por su capacidad de generar potentes descargas eléctricas que alcanzan voltajes de hasta 600 V, una estrategia que emplea tanto para cazar como para protegerse de otros animales (Catania, 2014).

Preguntas de reflexión



- ¿Qué te resultó más complicado?
- ¿Existe alguna relación entre la corriente continua y corriente alterna
- ¿Por qué debemos tener claros los valores y las fórmulas en la energía eléctrica?

Refuerza tu conocimiento:



- Mahmood Nahvi, & Edminister, J. A. (2005). Circuitos eléctricos y electrónicos. Mcgraw-Hill Interamericana, Cop.
- <https://www.areatecnologia.com>. (2025). potencia eléctrica. Areatecnologia.com.

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/potencia-electrica.html#>

- Wited Portal Educativo. (2025). Potencia y energía eléctrica. Portaleducativo.net; Wited Portal Educativo. <https://www.portaleducativo.net/octavo-basico/829/potencia-y-energia-electrica>

Referencias bibliográficas

Croswell, W. F. (1992). Alessandro Volta and His Battery. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 34(2).

Boylestad, R. (s.f.). *Introducción al análisis de circuitos (13va ed.)*. https://www.pearsonenespanol.com/docs/librariesprovider5/files_recurso/mcc/boylestad_introduccion_al_analisis_de_circuitos_13e_anexo_02.pdf

Catania, K. (2014). The shocking predatory strike of the electric eel. *Science*, 346(6214), 1231-1234. <https://doi.org/10.1126/science.1260807>

CAPÍTULO 3 : INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Objetivos

- Comprender la definición y las diferentes configuraciones en serie, paralelo y mixta de las resistencias eléctricas.
- Explicar la Ley de Ohm, la relación entre voltaje, corriente y resistencia, sus fórmulas y aplicaciones prácticas.
- Aplicar el concepto de divisor de voltaje para resolver problemas de circuitos.
- Aplicar el concepto de divisor de corriente para resolver problemas de circuitos.

Introducción

Entender cómo funcionan los circuitos eléctricos va más allá de conocer sus componentes individuales; implica la capacidad de analizar su comportamiento cuando estos elementos interactúan. Este capítulo, "Introducción al análisis de los circuitos eléctricos", sienta las bases para desarrollar estas habilidades analíticas.

Comenzaremos explorando las resistencias eléctricas, su definición y las formas básicas en que pueden conectarse: en serie, en paralelo y formando combinaciones mixtas. Seguidamente, estudiaremos la Ley de Ohm, un principio clave que establece la relación entre el voltaje, la corriente y la resistencia en un circuito, conociendo su origen, definición y aplicaciones prácticas.

Finalmente, introduciremos los conceptos y las técnicas de los divisores de voltaje y corriente, herramientas analíticas que facilitan la comprensión y la resolución de problemas en circuitos.

Este capítulo proporciona las herramientas iniciales necesarias para abordar el análisis de circuitos eléctricos con una base sólida.

Las resistencias eléctricas

Definición

Una resistencia eléctrica es la oposición al flujo de una carga a través de un conductor que permite el paso de la corriente eléctrica, siendo esta oposición generada por las colisiones y la fricción que existe entre las cargas eléctricas o electrones.

La unidad de medida de las resistencias eléctricas en el sistema internacional es el ohmio, que se representa por la letra griega omega (Ω). Para expresar la resistencia de un circuito eléctrico se utiliza la letra R. En la Ilustración 3.1 podemos observar que una resistencia se puede representar de 2 formas diferentes:

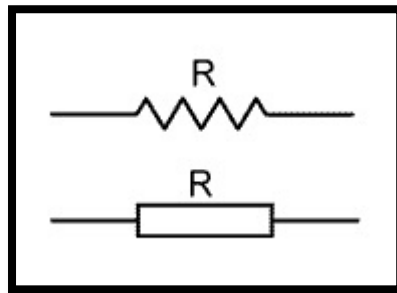


Ilustración 3.1 Símbolo y notación de las resistencias (Elaboración propia)

Una resistencia está conformada por material conductivo y resistivo, el material con el que estas, adquieren un propio valor de resistividad y coeficiente de temperatura- Además estas resistencias están compuestas por bandas de colores en su estructura, que nos ayudan a identificar el valor óhmico que tienen.

Código de colores

En la Ilustración 3.2 se observan 4 anillos, cada uno con un color que los identifica. El valor del primer anillo corresponde a la primera cifra significativa, el segundo a la segunda cifra, el tercer anillo equivale al número de ceros que acompañan a los valores anteriormente mencionados, y, por último, el cuarto anillo que nos proporciona la tolerancia de las resistencias.

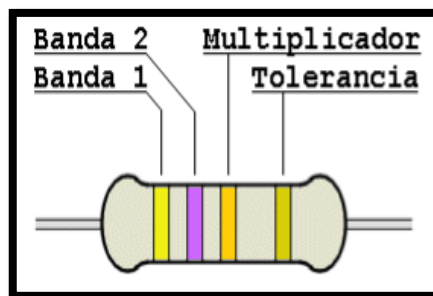


Ilustración 3.2 Resistencia Eléctrica (Elaboración propia)

En la Tabla 3.1 se aprecia el código de colores de las resistencias, que permite determinar visualmente el valor de una resistencia.

Tabla 3.1 Código de color de resistencias eléctricas

Colores	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	0	0	x 1	
Marrón	1	1	1	x 10	1 %
Rojo	2	2	2	x 100	2 %
Naranja	3	3	3	x 1000	
Amarillo	4	4	4	x 10000	
Verde	5	5	5	x 100000	0.5 %
Azul	6	6	6	x 1000000	
Violeta	7	7	7		
Gris	8	8	8		
Blanco	9	9	9		
Sin Color	--	--	--		20 %
Plata				x 0.01	10 %
Oro				x 0.1	5%

Conexión de resistencias en serie

Un circuito resistivo en serie está conformado por dos o más resistencias ubicadas una a continuación de otra, en donde la intensidad de corriente que atraviesa por cada una de las resistencias es la misma para todas. Por ejemplo, si tenemos una resistencia de $6\ \Omega$, otra de $3\ \Omega$, y otra de $2\ \Omega$, como se indica en la Ilustración 3.3, la intensidad con la que pasa la corriente ($454\ \text{mA}$), va a ser exactamente igual para todas. Además, cabe destacar que la tensión de la fuente del circuito eléctrico, también es igual a la suma de las caídas de tensión en cada una de las resistencias. La ley de ohm nos permitirá más adelante, verificar lo indicado.

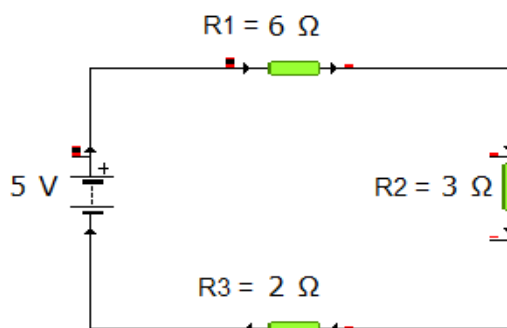


Ilustración 3.3 Circuito en Serie (Elaboración propia)

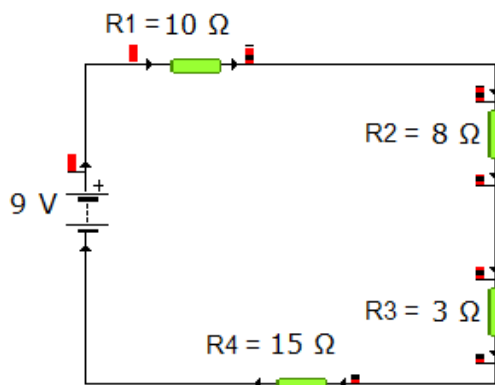
Una asociación en serie de un número determinado de resistencias (N), es equivalente a la suma del valor de cada una de las resistencias involucradas en el circuito eléctrico.

En la Ecuación 3.1, se indica la fórmula para calcular la resistencia equivalente de un circuito en serie:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + + R_N$$

Ecuación 3-1 Resistencia equivalente de un circuito con N resistencias en serie

Ejercicio: Calcular la resistencia equivalente del siguiente circuito eléctrico.



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_{eq} = 10\Omega + 8\Omega + 3\Omega + 15\Omega$$

$$R_{eq} = 36 \Omega$$

Ilustración 3.4 Ejemplo práctico de circuito en serie (Elaboración propia)

Conexión de resistencias en paralelo

En un circuito resistivo en paralelo como el indicado en la Ilustración 3.5, a diferencia del circuito en serie, todas las resistencias contienen dos puntos en común dentro del circuito eléctrico. Es decir, estos dispositivos eléctricos estarán colocados de tal forma, que sus terminales de entrada y de salida coincidirán independientemente entre sí. Cabe recalcar que la corriente eléctrica del circuito tiene la posibilidad de seguir varios recorridos o trayectorias.

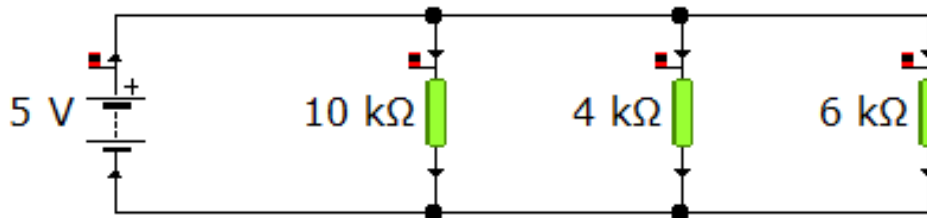


Ilustración 3.5 Circuito en paralelo (Elaboración propia)

Como ya se había mencionado anteriormente, un circuito eléctrico puede estar conformado por varios elementos pasivos y activos. Siendo los activos, aquellos que introducen la energía en los circuitos, como lo son las fuentes de

voltaje y de corriente, A diferencia de los elementos pasivos, como las resistencias, condensadores, inductores, transformadores, entre otros, que consumen o permiten el almacenamiento de la energía eléctrica y/o magnética.

Una vez indicado que un circuito eléctrico tiene fuentes de corriente y de voltaje, debemos tener en cuenta que, en un circuito en paralelo, la corriente total será igual a la suma de la corriente de cada elemento que tenga dicho circuito, y, por otra parte, tenemos que la diferencia de potencial será exactamente igual en todo el circuito.

Para calcular la resistencia equivalente de un circuito en paralelo con N resistencias, la fórmula sería la siguiente:

$$Req = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{RN}}$$

Ecuación 3-2 Resistencia equivalente de un circuito con N resistencias en paralelo

Para el caso de dos resistencias en paralelo, la formula se simplifica a la siguiente:

$$Req = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

Ecuación 3-3 Resistencia equivalente de un circuito con 2 resistencias en paralelo

Ejercicio: Obtener la resistencia equivalente del siguiente circuito eléctrico.

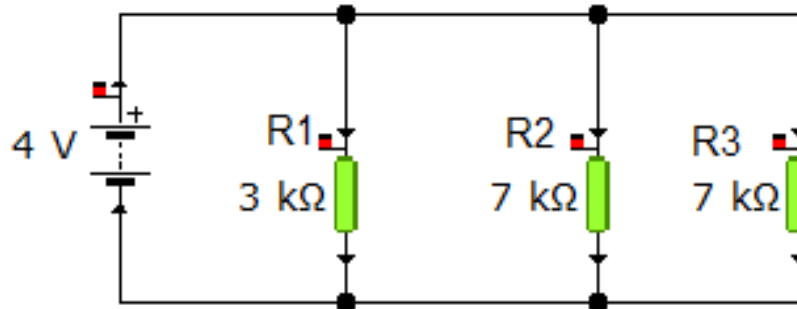


Ilustración 3.6 . Ejercicio práctico de circuito en paralelo (Elaboración propia)

$$Req = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{RN}}$$

$$Req = \frac{1}{\frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{7\Omega} + \frac{1}{7\Omega}}$$

$$Req = \frac{1}{\frac{13}{21\Omega}}$$

$$Req = 1.615 \Omega$$

Conexión mixta de resistencias

El circuito mixto se define como la unión de una o varias resistencias en serie y en paralelo, es decir que, dentro de este circuito eléctrico tendremos una combinación de estas conexiones en serie y en paralelo.

Para calcular la resistencia equivalente en un circuito mixto, se recomienda encontrar los equivalentes serie o paralelo desde la parte final del circuito hasta los puntos de referencia, en donde se desea encontrar la resistencia equivalente. Es muy útil redibujar el circuito cada vez que se hallan equivalentes parciales, con la finalidad de verificar con mayor facilidad los cálculos, en caso de cometer errores.

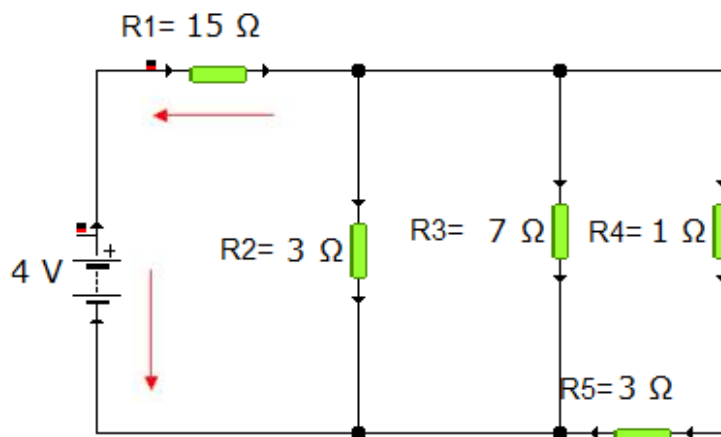


Ilustración 3.7 Circuito mixto (Elaboración propia)

Ejercicio: Calcular la resistencia equivalente entre los terminales de la fuente del siguiente circuito eléctrico.

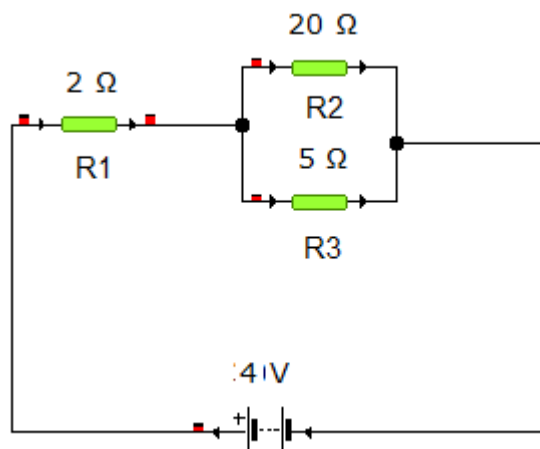


Ilustración 3.8 Ejercicio Práctico de circuito mixto (Elaboración propia)

Para solucionar el ejercicio planteado, procederemos a reducir el circuito hasta la fuente de voltaje de 4 V, como indicaremos a continuación:

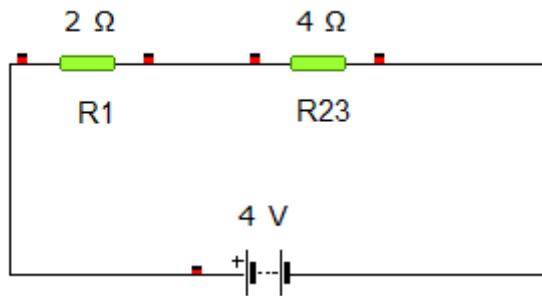


Ilustración 3.9 Circuito en serie al resolver R23
(Elaboración propia)

$$R_{23} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{23} = \frac{20\Omega \times 5\Omega}{20\Omega + 5\Omega}$$

$$R_{23} = \frac{100}{25}\Omega$$

$$R_{23} = 4\Omega$$

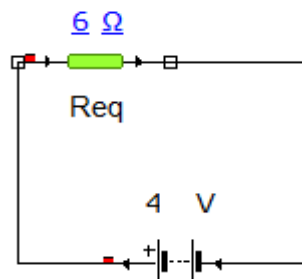


Ilustración 3.10 Circuito reducido (Elaboración propia)

$$R_{eq} = R_1 + R_{23}$$

$$R_{eq} = 2\Omega + 4\Omega$$

$$R_{eq} = 6\Omega$$

La conductancia

La conductancia eléctrica es la medida de la facilidad con la que un material permite el paso de la corriente eléctrica. Es, en cierto sentido, el inverso de la resistencia eléctrica. Mientras que la resistencia (R) se mide en ohmios (Ω) y representa la oposición al flujo de corriente, la conductancia (G) se mide en siemens (S) y refleja qué tan buen conductor es un elemento o material. Su relación matemática es sencilla:

$$G = \frac{1}{R}$$

Ecuación 3-4 Ecuación de conductancia

Por ejemplo, si un resistor tiene $R=10\ \Omega$, su conductancia será $G=1/10\ \Omega =0,1\ S$.

Los materiales metálicos como el cobre o el aluminio tienen conductancias muy altas debido a su baja resistencia, mientras que los aislantes presentan conductancia casi nula. En circuitos eléctricos, conocer la conductancia ayuda a comprender cómo se distribuirá la corriente, especialmente cuando se combinan varias resistencias en paralelo, ya que la conductancia total en paralelo es la suma de las conductancias individuales.

Influencia de la temperatura en las resistencias

La resistencia eléctrica de un material o componente puede variar en función de algún parámetro, como la temperatura, la tensión aplicada o la frecuencia en corriente alterna. Uno de los casos más comunes es la variación de la resistencia con la temperatura, especialmente en metales y semiconductores.

- En los metales, la resistencia aumenta con la temperatura, produciendo una curva ascendente. Esto se debe a que, al calentarse, los átomos del metal vibran más, aumentando las colisiones de los electrones y, por tanto, la resistencia.
- En semiconductores, como el silicio o el carbono, la resistencia disminuye al aumentar la temperatura, generando una curva descendente, ya que más electrones se excitan y el material conduce mejor.

Matemáticamente, para muchos metales se puede aproximar la relación mediante la fórmula:

$$R_T = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Ecuación 3-5 variación de la resistencia eléctrica de un conductor con la temperatura

Donde R_T es la resistencia a la temperatura T , R_0 es la resistencia a una temperatura de referencia (generalmente 20 °C), α es el coeficiente de temperatura de la resistencia, y ΔT es la variación de temperatura respecto a la referencia.

En la Ilustración 3.11 se puede observar una curva característica de la variación de la resistencia con la temperatura, para conductor de cobre calibre 12 AWG.

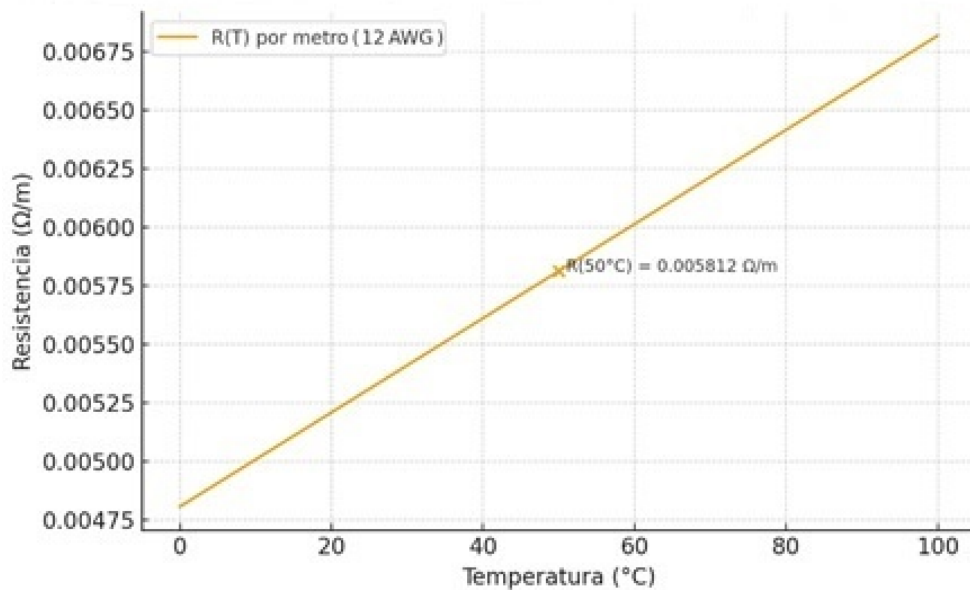


Ilustración 3.11 Variación de la resistencia vs Temperatura (Elaboración propia)

Ejemplo: Determine el incremento de resistencia que presentaría un alambre de cobre calibre No. 12 AWG, cuando el mismo se encuentra sometido a una temperatura de 50° C

Para determinar el incremento de resistencia de un alambre de cobre (ΔR), procederemos a determinar la fórmula que nos permitiría alcanzar este objetivo, de la siguiente forma:

$$\Delta R = R_T - R_0$$

$$\text{Y como ya hemos definido: } R_T = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

$$\text{Por lo tanto: } \Delta R = R_0(1 + \alpha \Delta T) - R_0$$

$$\Delta R = R_0[(1 + \alpha \Delta T) - 1]$$

$$\Delta R = R_0[\alpha \Delta T]$$

$$\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{ref}})$$

Donde:

T_{final} es la temperatura final (50°C).

T_{ref} es la temperatura de referencia (20°C).

Pasos para el cálculo

1. Encontrar la resistencia de referencia (R₀): La resistencia de un alambre de cobre calibre 12 AWG a una temperatura de 20°C es de aproximadamente 5.31 Ω/km. Este valor se usa como R₀.

2. Determinar el coeficiente de temperatura (α): Para el cobre, el valor de α es de 0.00393°C⁻¹.

3. Calcular el cambio de temperatura (ΔT): $\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{ref}} = 50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$

4. Calcular el incremento de resistencia (ΔR):
 $\Delta R = (5.31 \Omega/\text{km}) \cdot (0.00393^\circ\text{C}^{-1}) \cdot (30^\circ\text{C})$ $\Delta R = 0.626 \text{ k } \Omega/\text{Km}$

El incremento de resistencia del alambre de cobre calibre No. 12 AWG, cuando se calienta de 20°C a 50°C, es de 0.626 Ω/km.

Sabías que...



Los rayos y su increíble poder eléctrico

La capacidad eléctrica de los rayos lanzados por la naturaleza está comprendida entre los 10.000 amperes y voltajes de 20, 30 o 100 millones de volts. El brillo del rayo equivale a unos 100 millones de lamparitas juntas (Golup, 2002).

Preguntas de reflexión



- ¿Por qué el circuito en paralelo es el modelo empleado en la red eléctrica de todas las viviendas?
- ¿Por qué razón el paralelo de dos resistencias es iguales, equivale a la mitad de estas?
- ¿Para qué se utilizan los materiales semiconductores?

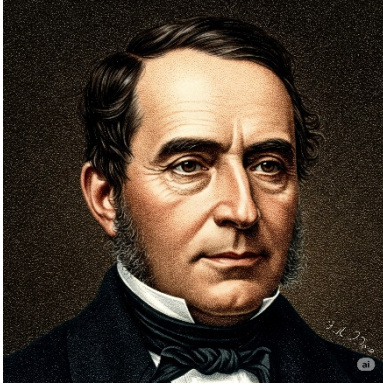
Refuerza tus conocimientos



- T. L. Floyd, R. N. Salas, L. M. O. González, and G. P. López. (2007). Principios de circuitos eléctricos. <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/165203.pdf>
- Robbins and W. C. Miller. (2008). Análisis De Circuitos 4/E Teoría Y Practica (CD-ROM). Cengage Learning Mexico.
- Raymundo Barrales Guadarrama, Barrales, R., & Rodríguez, E. (2014). Circuitos Eléctricos. Grupo Editorial Patria.
- Acosta Montoya, Á. (2022). Análisis de circuitos eléctricos: Un enfoque teórico. Ra-Ma.
- Electrónica FP. (23 de octubre de 2017). Resistencias colores [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?si=mBPvCS9gxopcvsq0&v=6jIjwZDhkkY&feature=youtu.be>.
- Castillo, S. (2019). *Conductividad eléctrica y conductancia cuántica del carbonitrúro de renio en forma de monocapa bidimensional y como nanocinta*. [Tesis de grado, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada]. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2757/1/Tesis_Castillo%20Robles%20Sergio_7_1_2019.pdf.
- Vitual (Director). (2021, marzo 24). Variación de la Resistencia con la Temperatura [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=VeEo3whmJ9g>

Ley de Ohm

Historia



*Ilustración 3.12 Georg Simón Ohm
(Elaboración propia con IA Gemini)*

Georg Simón Ohm (Erlangen, Baviera; 16 de marzo de 1789-Múnich, 6 de julio de 1854) fue un físico y matemático alemán que aportó a la teoría de la electricidad, la ley de Ohm. La Ciencia de la electricidad estuvo presente durante toda su infancia, debido a que la celda eléctrica había sido recién descubierta por Alessandri Volta. Inspirado por este personaje Ohm decidió estudiar cómo se comporta la corriente en circuitos resistivos.

Ohm construyó y operó la mayor parte del equipo para sus experimentaciones por sí mismo, pudiendo realizar todo esto gracias a la formación que había recibido por parte de su padre. El equipo desarrollado por él, determinó en forma experimental que la cantidad de corriente que se transmite a lo largo de un cable era directamente proporcional a su área de sección transversal, e inversamente proporcional a su longitud. Permitiendo de esta forma definir la resistencia y mostrar que había una simple relación entre voltaje, resistencia y corriente. Este resultado, es considerado una de las leyes más importantes y fundamentales en la teoría de circuitos.

Definición

La ley de Ohm es un principio muy importante para la explicación de algunos fenómenos relacionados con la electricidad. Esta ley representa la relación que existe entre conductores eléctricos y su resistencia, estableciendo que la corriente pasa a través de los conductores es directamente proporcional al voltaje aplicado en ellos.

Esta ley establece que la tensión V a lo largo de un resistor es directamente proporcional a la corriente I que fluye a través del resistor. Los variables que componen la fórmula de la ley de Ohm son los siguientes:

V es el voltaje medido en volts (V)

R es la resistencia medida en Ohmios (Ω)

I es la intensidad de corriente que pasa por el circuito medida en Amperes (A)

La relación de corriente, voltaje y resistencia

La relación entre el voltaje y la corriente en un circuito resistivo es una relación lineal, es decir, si una de las cantidades se incrementa o disminuye en cierto

porcentaje, la otra se incrementará o disminuirá en el mismo porcentaje, suponiendo que el valor de la resistencia es constante.

En la ilustración 3.13 se puede observar el comportamiento lineal del voltaje y la corriente, para un circuito como el de la Ilustración 3.10, en donde se varía su fuente de voltaje en un rango de 0 a 10 V.

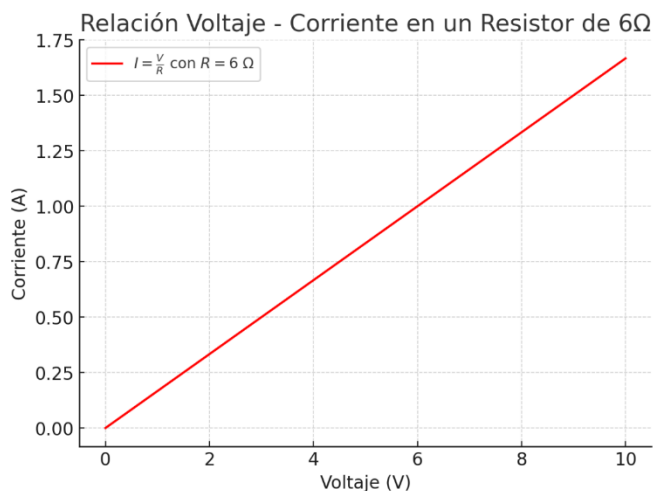


Ilustración 3.13 Comportamiento lineal del voltaje y la corriente en una resistencia

La relación inversa de corriente y resistencia se comprueba cuando, al aumentar una de las variables, la otra disminuye.

Fórmulas de la ley de Ohm

La ley de Ohm suele representarse a través de un triángulo que contiene el voltaje, resistencia y la corriente, permitiendo de esta forma extraer las fórmulas derivadas, de forma fácil y sencilla.

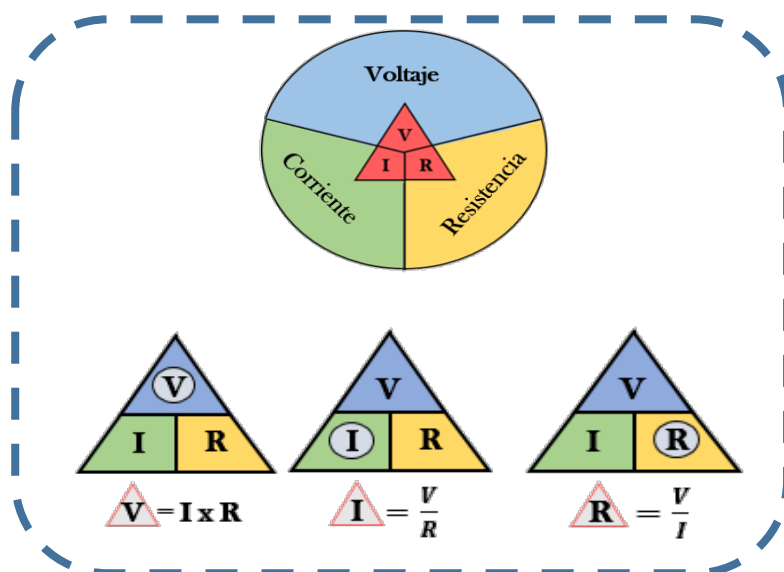


Ilustración 3.14 Triángulo de Ohm (Elaboración propia)

Aplicaciones de la ley de Ohm

Cálculo de la corriente:

A continuación, se procederá a realizar el cálculo de la corriente que circula a través de un circuito eléctrico simple, como el indicado en la Ilustración 3.15:

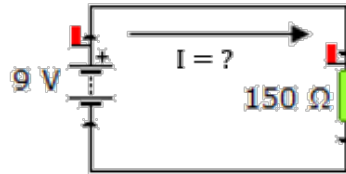


Ilustración 3.15 . Circuito con corriente desconocida (Elaboración propia)

Para encontrar la intensidad o corriente, aplicamos la siguiente fórmula

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

Procedemos a reemplazar el voltaje de 9V y dividirlo para la resistencia 150Ω.

$$I = \frac{9V}{150\Omega} = 0.06 A$$

Lo que nos da una corriente de 60 mA.

Cálculo de la resistencia:

A continuación, se procederá a realizar el cálculo de la resistencia que presenta un circuito eléctrico simple, como el indicado en la Ilustración 3.16:

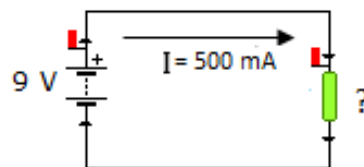


Ilustración 3.16 . Circuito con resistencia desconocida (Elaboración propia)

Para calcular la resistencia se va a utilizar la fórmula:

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

Para una resolución más fácil, convertimos los miliamperios a amperes, tomando en cuenta que 1A equivale a 1000mA.

$$I(A) = 500mA \times \frac{1A}{1000mA} = 0.5 A$$

Ya realizada la conversión a amperes, reemplazamos la fórmula mostrada inicialmente.

$$R = \frac{9V}{0.5A}$$

$$R = 18 \Omega$$

Cálculo del voltaje:

A continuación, se procederá a realizar el cálculo de los voltajes que aparecen a través de cada una de las resistencias del circuito indicado en la Ilustración 3.17:

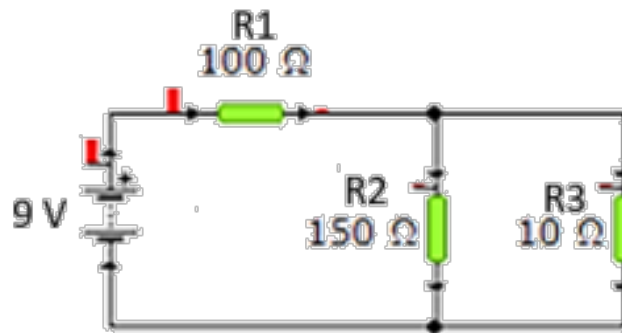


Ilustración 3.17 Circuito de dos mallas (Elaboración propia)

Para el cálculo del voltaje se va a utilizar la fórmula:

$$V = IR$$

Primero se debe identificar las resistencias que se encuentran en paralelo y en serie, para luego reducir el circuito a una sola malla.

Como se puede observar en la Ilustración 3.18, R_2 y R_3 se encuentran en paralelo.

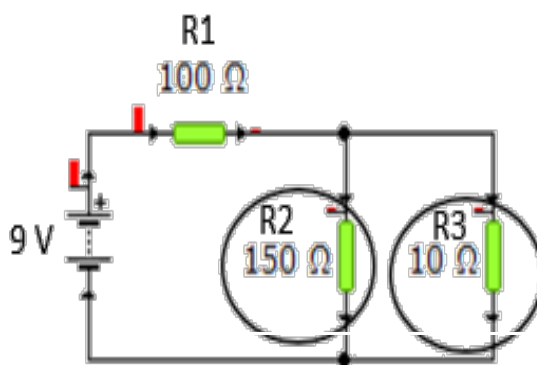


Ilustración 3.18 Las resistencias 2 y 3 se encuentran en paralelo (Elaboración propia)

$$R_{23} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_{23} = \frac{150\Omega \times 10\Omega}{150\Omega + 10\Omega}$$

$$R_{23} = \frac{1500\Omega}{160\Omega}$$

$$R_{23} = 9.375 \Omega$$

Una vez realizados los cálculos correspondientes, el circuito se reduciría a lo siguiente:

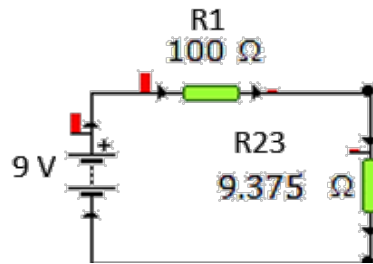


Ilustración 3.19 Circuito reducido de una malla con dos resistencias (Elaboración propia)

Como se puede observar en el circuito de la Ilustración 3.19, R_1 y R_{23} se encuentran en serie, por lo tanto, se procede con los siguientes cálculos:

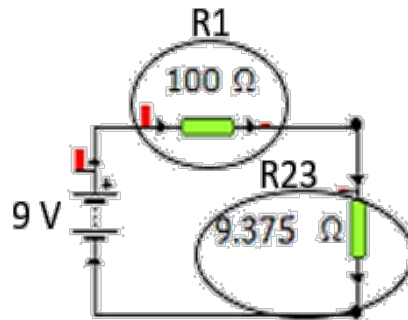


Ilustración 3.20 Req es igual a la suma de R1 y R23 (Elaboración propia)

$$R_{eq} = R_1 + R_{23}$$

$$R_{eq} = 100\ \Omega + 9.375\ \Omega$$

$$R_{eq} = 109.375\ \Omega$$

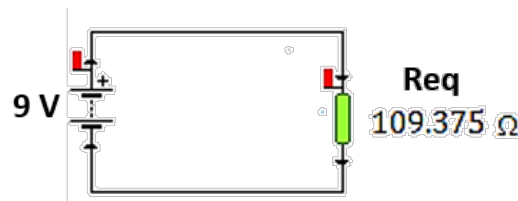


Ilustración 3.21 Circuito reducido (Elaboración propia)

Una vez reducido el circuito, se procede a calcular la corriente total que suministra la fuente de voltaje, reemplazando los valores en la fórmula de la corriente:

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{9\ V}{109.375\ \Omega}$$

$$I = 0.0823\ A$$

$$I = 82.3\ mA$$

Una vez determinada la corriente total que suministra la fuente, el cálculo del voltaje que aparece a través de cada una de las resistencias del circuito, se realiza de la siguiente manera:

Calculo a través de la resistencia R_1 :

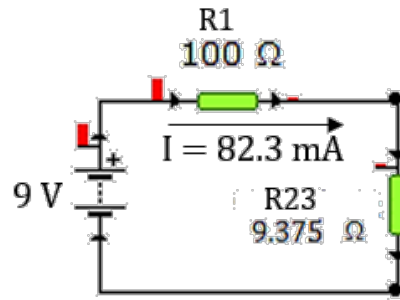


Ilustración 3.22 Circulación de corriente a través de R1 (Elaboración propia)

$$VR1 = I \times R1$$

$$VR1 = 0.0823 \text{ A} \times 100 \Omega$$

$$VR1 = 8.23 \text{ V}$$

Cálculo a través de las resistencias R2 y R3:

R2 y R3 se encuentran en paralelo, razón por la cual al determinar el voltaje que aparece a través de la resistencia equivalente R23, estaríamos calculando el valor del voltaje que aparecería a través de R2 y a su vez el voltaje a través de R3. A continuación, se realizan los cálculos indicados.

$$VR23 = VR2 = VR3$$

$$VR23 = I \times R23$$

$$VR23 = 0.0823 \text{ A} \times 9.375 \Omega$$

$$VR23 = 0.772 \text{ V}$$

$$VR23 = 772 \text{ mV}$$

$$VR2 = VR3 = 772 \text{ mV}$$

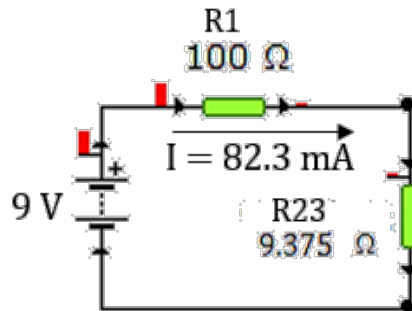


Ilustración 3.23 Circulación de corriente a través de R23 (Elaboración propia)

Ejemplo de aplicación práctica:

Se desea alimentar una carga de 1500 W a 110 V mediante un cable de cobre, con un recorrido de 50 metros de ida y 50 metros de vuelta. Se compararán dos opciones de calibre de cable: 1,5 mm² (\approx 15 AWG) y 8 mm² (\approx 8 AWG). Se debe calcular la resistencia total del cable, la caída de tensión, el voltaje que llega a la carga, la potencia perdida en el cable y el porcentaje de caída de tensión para cada cable, utilizando la Ley de Ohm.

Datos:

- Potencia de la carga: $P = 1500 \text{ W}$
- Tensión de la fuente: $V = 110 \text{ V}$

-Longitud del cable: 50 m ida y 50 m de vuelta (100 m total)

-Conductores: 1,5 mm² (R' = 0,011493 Ω/m), 8 mm² (R' = 0,002155 Ω/m)

Cálculos:

1. Corriente de la carga:

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

$$I = \frac{1500}{110} \approx 13,636 \text{ A}$$

2. Resistencia total del cable:

$$R_{\text{total}} = R' * L_{\text{total}}$$

Conductor de 1,5 mm²:

$$\bullet 1,5 \text{ mm}^2: R_{\text{total}} = 0,011493 * 100 = 1,149 \Omega$$

Conductor de 8 mm²:

$$\bullet 8 \text{ mm}^2: R_{\text{total}} = 0,002155 * 100 = 0,2155 \Omega$$

3. Caída de tensión: $V_{\text{caída}} = I * R_{\text{total}}$

Conductor de 1,5 mm²:

$$\bullet 1,5 \text{ mm}^2: V_{\text{caída}} = 13,636 * 1,149 \approx 15,67 \text{ V}$$

Conductor de 8 mm²:

$$\bullet 8 \text{ mm}^2: V_{\text{caída}} = 13,636 * 0,2155 \approx 2,94 \text{ V}$$

4. Voltaje que llega a la carga: $V_{\text{carga}} = V_{\text{fuente}} - V_{\text{caída}}$

Conductor de 1,5 mm²:

$$\bullet 1,5 \text{ mm}^2: V_{\text{carga}} = 110 - 15,67 \approx 94,33 \text{ V}$$

Conductor de 8 mm²:

$$\bullet 8 \text{ mm}^2: V_{\text{carga}} = 110 - 2,94 \approx 107,06 \text{ V}$$

5. Potencia perdida en el cable: $P_{\text{pérdida}} = I^2 * R_{\text{total}}$

Conductor de 1,5 mm²:

$$\bullet 1,5 \text{ mm}^2: P_{\text{pérdida}} = 13,636^2 * 1,149 \approx 213,7 \text{ W}$$

Conductor de 8 mm²:

$$\bullet 8 \text{ mm}^2: P_{\text{pérdida}} = 13,636^2 * 0,2155 \approx 40,07 \text{ W}$$

6. Caída de tensión en porcentaje: $\text{Caída \%} = (V_{\text{caída}} / V_{\text{fuente}}) * 100$

Conductor de 1,5 mm²:

$$\bullet 1,5 \text{ mm}^2: 15,67 / 110 * 100 \approx 14,25 \%$$

Conductor de 8 mm²:

$$\bullet 8 \text{ mm}^2: 2,94 / 110 * 100 \approx 2,67 \%$$

Conclusión: El cable de 1,5 mm² (15 AWG) presenta una caída de tensión excesiva (14,25%), lo que se traduce en un voltaje insuficiente en la carga y pérdidas energéticas elevadas, por lo que no es recomendable para la instalación. En contraste, el cable de 8 mm² (8 AWG) mantiene una caída de tensión reducida (2,67%), garantizando un suministro adecuado de voltaje y menores pérdidas, resultando la opción más eficiente y recomendable.

Sabías que...



La Royal Society of London reconoció a Georg Simón Ohm en 1841 con la Medalla Copley, y en 1849 se le otorgó la cátedra de profesor de física de la Universidad de Múnich. Y en su honor, la unidad de la resistencia eléctrica lleva su nombre (Heilbron, 1979).

Preguntas de reflexión



- ¿Por qué la ley de ohm tiene un comportamiento lineal?
 - ¿Cómo sería la curva de Voltaje vs. Corriente para representar la conductancia?
 - ¿Existe alguna relación entre la ley de ohm y la potencia eléctrica?
-

Refuerza tus conocimientos



- Floyd, T. L., & Rodolfo Navarro Salas. (2007). *Principios de circuitos eléctricos*. Pearson Educación Prentice Hall.
- Boylestad, R. L., & Rodolfo Navarro Salas. (2017). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Prentice Hall.
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2018). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Mcgraw-Hill.
- Robbins, A., & Miller, W. C. (2008). *Análisis de circuitos: teoría y práctica*. Cengage Learning.

Divisores de Voltaje

Definición

Un divisor de voltaje es un arreglo que posee 2 o más resistencias conectadas en serie, que es utilizada como su palabra mismo lo dice, para dividir o simplificar la tensión de un circuito eléctrico muy alto y complejo, en uno más pequeño.

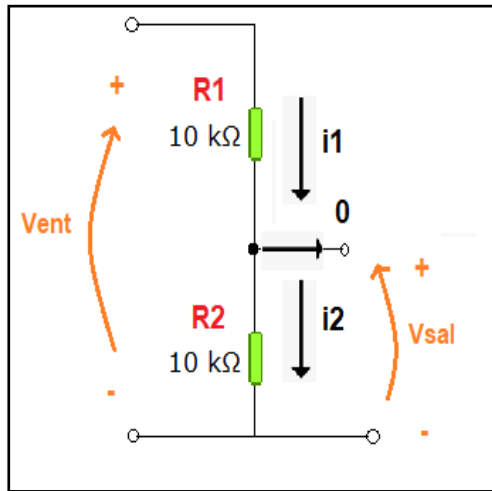


Ilustración 3.24 Divisor de Voltaje

Cabe recalcar que si un circuito eléctrico no posee resistencias en serie no es posible aplicar un divisor de voltaje, puesto que uno de los requisitos para calcular un divisor de voltaje es que el circuito eléctrico tenga resistencias en serie.

La ecuación de divisor de voltaje, se deriva de la Ley de Ohm, y establece que el voltaje de salida es directamente proporcional al voltaje de entrada con relación a la $R1$ y $R2$.

La ecuación para aplicar divisor de voltaje consta de tres valores, uno del voltaje de entrada (V_{ent}), y otros para los valores de cada una de las resistencias respectivamente. Sin embargo, debemos tener en cuenta que estos valores pueden ser usados para encontrar el voltaje de salida del circuito eléctrico (V_{sal}).

Como ya se dijo anteriormente, para calcular el divisor de voltaje se necesita que este circuito tenga resistencias en serie, por lo tanto:

$$R_{total} = R1 + R2 + \dots + Rn$$

Las intensidades de corriente del circuito eléctrico serán iguales, ya que las resistencias se encuentran en serie, y por lo tanto:

$$I_{ent} = I1 = I2 = I_{sal}$$

También se hace uso de la suma de las tensiones en serie, dando como resultado:

$$V_{ent} = V_1 + V_{sal}$$

Según la Ley de Ohm **$V = I \times R$** , se obtienen las siguientes igualdades

$$V_{sal} = I \times R_2$$

$$V_1 = I \times R$$

Si reemplazamos los valores en la fórmula de la suma de tensiones, la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$V_{ent} = I \times R_1 + I \times R_2$$

Por consiguiente, se saca el factor común de I y luego se despeja I de la formula

$$V_{ent} = I (R_1 + R_2)$$

$$I = \frac{V_{ent}}{R_1 + R_2}$$

Ahora, se procede a reemplazar el valor de I en la fórmula para calcular de tensión de salida, aplicando la ley de Ohm:

$$V_{sal} = I \times R_2$$

$$V_{sal} = \frac{V_{ent}}{R_1 + R_2} \times R_2$$

Y si intercambiamos V_{ent} y R_2 , tendríamos como resultado la fórmula para calcular un divisor de Voltaje de un circuito eléctrico:

$$V_{sal} = V_{ent} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Similar análisis se podría haber realizado considerando los voltajes en las resistencias R_1 y R_2 , como V_{R1} y V_{R2} respectivamente. Para lo cual las ecuaciones quedarían de la siguiente forma:

$$V_{R1} = V_{ent} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Ecuación 3-6 Fórmula de divisor de voltaje sobre R_1

$$V_{R2} = V_{ent} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Ecuación 3-7 Fórmula de divisor de voltaje sobre R_2

Resolución de problemas

Ejercicio 1: Aplique divisor de voltaje para determinar el voltaje que aparece a través de R_2 en el siguiente circuito.

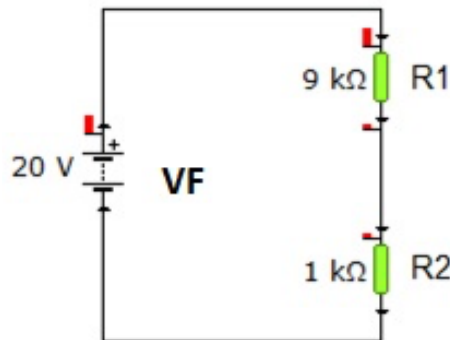


Ilustración 3.25 Diagrama circuital de ejercicio 1 (Elaboración propia)

Paso 1: Aplicamos la fórmula de divisor de voltaje en la resistencia R_2

$$V_{R2} = V_F \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Voltaje en la Resistencia

$$V_{R2} = 20V \times \frac{1\Omega}{9\Omega + 1\Omega}$$

$$V_{R2} = 2V$$

Paso 2: Se procederá a realizar el cálculo del voltaje que aparece a través de la resistencia R1, con la finalidad de comprobar la validez del cálculo anterior.

$$VR1 = VF \times \frac{R1}{R1 + R2}$$

Voltaje en la Resistencia 1

$$VR1 = 20V \times \frac{9\Omega}{9\Omega + 1\Omega}$$

$$VR1 = 18 V$$

Por lo tanto, el voltaje de la fuente debe ser igual a:

$$VF = VR1 + VR2$$

$$VF = 18 V + 2 V = 20 V$$

Paso 3: Lo que también se puede comprobar con el uso de un simulador de circuitos eléctricos:

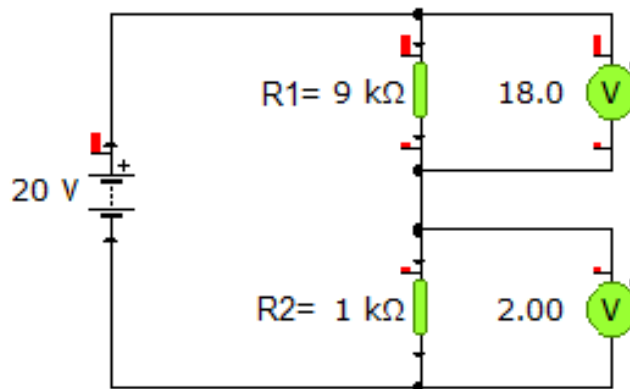


Ilustración 3.26 Comprobación en Crocodile de Ejercicio 1 (Elaboración propia)

Ejercicio 2: Aplicando divisor de voltaje determine el voltaje que aparece en R2, en el siguiente circuito.

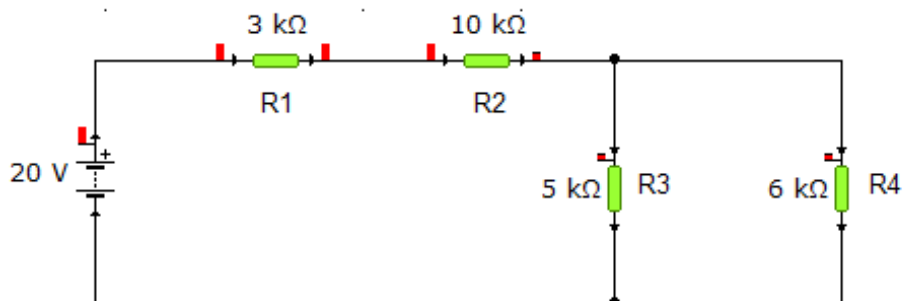


Ilustración 3.27 Diagrama circuital del ejercicio 2 (Elaboración propia)

En la ilustración 3.27 se observa un circuito eléctrico que tiene resistencias en paralelo desde la parte final del circuito hasta R2, razón por la cual, el primer

paso a realizar es calcular el valor de las resistencias que se encuentran en paralelo:

Resistencias en paralelo

$$R_{34} = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{34} = \frac{5\Omega \times 6\Omega}{5\Omega + 6\Omega}$$

$$R_{34} = 2.73 \text{ k}\Omega$$

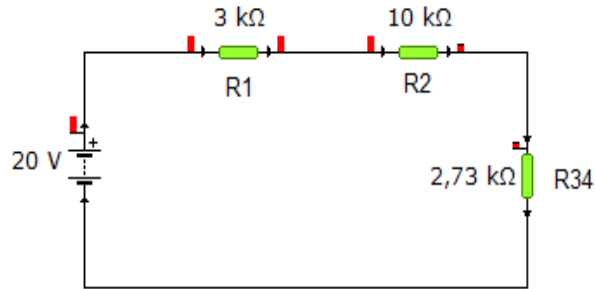


Ilustración 3.29 Diagrama resultante de las resistencias en paralelo R3 y R4 (Elaboración propia)

Paso 2: Como se observa en la Ilustración 3.28, el circuito eléctrico posee únicamente resistencias en serie, por consiguiente, se procede a realizar los cálculos para determinar el voltaje que existe sobre R2, aplicando la fórmula directa de los divisores de voltaje.

Voltaje en R2

$$V_{R2} = \frac{V_F \times R_2}{R_1 + R_2 + R_{34}}$$

$$V_{R2} = \frac{20V \times 10\Omega}{3\Omega + 10\Omega + 2.73\Omega}$$

$$V_{R2} = \frac{200 \text{ V}\times\Omega}{15.73 \Omega}$$

$$V_{R2} = 12.71 \text{ V}$$

Paso 3: Comprobación de los cálculos utilizando un simulador para circuitos eléctricos

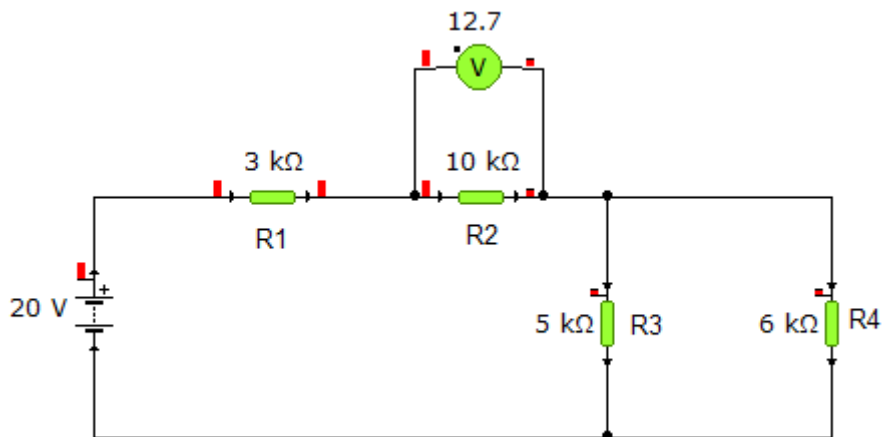


Ilustración 3.2931 Comprobación en Crocodile de Ejercicio 2 (Elaboración propia)

Divisores de Corriente

Definición

El principio del divisor de corriente es similar al de divisor de voltaje, con la diferencia que el divisor de corriente se encarga de repartir o dividir la corriente eléctrica de la fuente de un circuito, entre dos o más resistencias conectadas en paralelo.

Para el divisor de corriente, se debe mencionar que la tensión que pasa por estas resistencias ubicadas en paralela es la misma, pero la corriente menor siempre va a circular por el resistor mayor, dando como resultado una corriente inversamente proporcional a la resistencia.

La ley de Ohm cumple un papel importante en los divisores de corriente, pues, la fórmula que se utiliza para calcular el divisor de corriente se deriva de esta ley, mediante el despeje de fórmulas y reemplazo de valores.

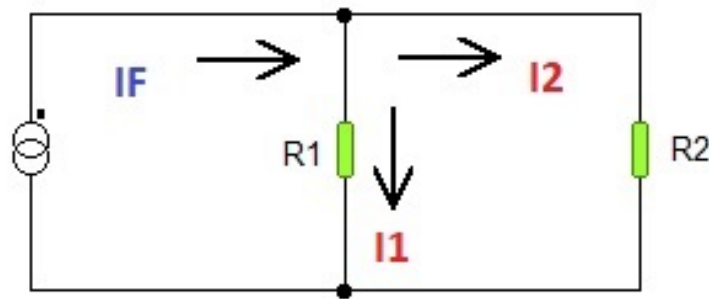


Ilustración 3.32 Divisor de corriente (Elaboración propia)

Partimos utilizando la fórmula de la intensidad de un circuito eléctrico mediante la Ley de Ohm, en donde:

$$I1 = \frac{V}{R1}$$

Dado que R1 y R2 están en paralelo, el voltaje que aparecerá en su equivalente dependerá de la corriente que entrega la fuente (IF), y por lo tanto se podría aplicar la ley de Ohm de la siguiente forma:

$$V = IF \times Req$$

La fórmula para calcular la resistencia equivalente en resistencias en paralelo es la siguiente:

$$Req = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

Reemplazando el Voltaje en la fórmula de la intensidad (I1) y simplificando términos semejantes, se tiene como resultado:

$$\begin{array}{ccccc}
 I1 = \frac{V}{R1} & \rightarrow & I1 = \frac{\frac{R1 \times R2}{R1 + R2}}{R1} \times IF & \rightarrow & I1 = \frac{\frac{R1 \times R2}{R1 + R2}}{R1} \times IF \\
 & & & & \downarrow \\
 & & & & I1 = \frac{R2}{R1 + R2} \times IF
 \end{array}$$

Ecuación 3-8 Fórmula de divisor de corriente sobre R1

De igual manera si se quiere obtener I_2 se aplicaría un procedimiento similar al realizado anteriormente, dando como resultado la siguiente fórmula:

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I_F$$

Ecuación 3-9 Fórmula de divisor de corriente sobre R2

Si tenemos más de dos resistores en paralelo, se aplica la fórmula para calcular la resistencia equivalente para n cantidad de resistencias:

$$Req = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{Rn}}$$

En donde la fórmula general para un divisor de corriente para n Resistores en paralelos sería:

$$I_x = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad x \text{ IF}$$

Ecuación 3-10 Fórmula de divisor de corriente sobre Rx

Donde R_x , será la resistencia donde se desea encontrar su corriente

Resolución de problemas

Ejercicio 1: Aplicando divisores de corriente, determine la corriente que circula por R_1 y R_2 en el siguiente circuito:

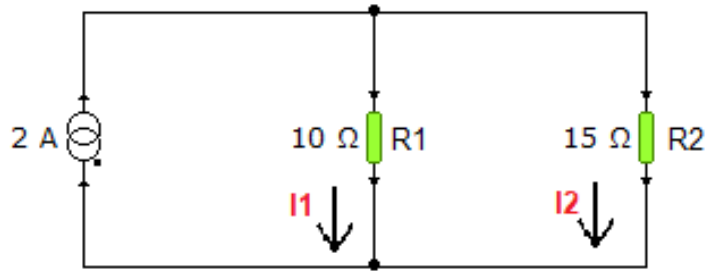


Ilustración 3.3134 Circuito para aplicar divisores de corriente (Elaboración propia)

Paso 1: Planteamos las ecuaciones de divisores de corriente que nos permitirá encontrar las intensidades de corriente requeridas.

$$I_1 = IF \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \qquad I_2 = IF \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Paso 2: Se procede a realizar los cálculos respectivos y el resultado de las operaciones, será la corriente que circula por R_1 y R_2 del circuito eléctrico.

Corriente en resistencia R_1 $I_1 = 2A \times \frac{15\Omega}{25\Omega}$

$$I_1 = 1.2\ A$$

Corriente en resistencia R_2 $I_2 = 2A \times \frac{10\Omega}{25\Omega}$

$$I_2 = 0.8\ A$$

Paso 3: Se realiza la comprobación para verificar que los datos calculados sean los correctos

Comprobación $I_{total} = I_{R1} + I_{R2}$

$$I_{total} = 1.2A + 0.8A$$

$$I_{total} = 2\ A$$

Ejercicio 2: En el circuito de la ilustración 3.32, calcular la intensidad de corriente en la resistencia de $2\ K\Omega$, aplicando divisores de corriente.

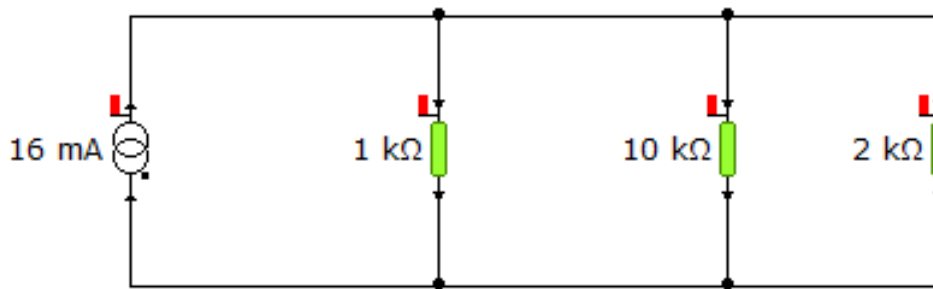


Ilustración 3.3236 Ejercicio 2 para aplicar divisores de corriente (Elaboración propia)

Paso 1: Aplicando la fórmula de divisores de corriente para n resistencias, reemplazamos los valores.

$$I_x = \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}}{R_x} \times I_F \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} I(2K\Omega) &= \frac{\frac{1}{\frac{1}{1K\Omega} + \frac{1}{10K\Omega} + \frac{1}{2K\Omega}}}{2K\Omega} \times 16A \\ I(2K\Omega) &= \frac{0,625K\Omega}{2K\Omega} \times 16A \\ I(2K\Omega) &= 5A \end{aligned}$$

Sabías que...



“La potencia térmica que genera el cuerpo humano es la misma que desperdicia una bombilla convencional en forma de calor” (Endesa S.A., 2025)

Preguntas de reflexión



- ¿Simplifica el análisis de los circuitos la aplicación de divisores de voltaje o corriente?
- ¿Cómo debería ser el divisor de voltaje, para tener un voltaje de salida equivalente a una décima parte del voltaje de entrada?
- ¿En un divisor de voltaje, se puede obtener un voltaje de salida mayor que el voltaje de entrada?

Refuerza tu conocimiento:



- Boylestad, R. L., & Rodolfo Navarro Salas. (2017). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Prentice Hall.
- Nilsson, J. & Riedel, S. (2005). *Circuitos eléctricos*. PRENTICE HALL.
- Guadarrama, R., & Rodríguez, M. (2014). *Circuitos Eléctricos: Teoría y Práctica*. Grupo Editorial Patria, 2014.

Referencias bibliográficas

Golup, G. (2002). *Tormentas eléctricas, rayos y pararrayos*.
<https://www.fceia.unr.edu.ar/~fisica3/Tormentas.pdf>

Heilbron, J. L. (1979). *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A Study of Early Modern Physics*. University of California Press.

Endasa S.A. (2025, marzo 4). *Energía térmica: qué es, cómo funciona y para qué sirve*. <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/sector-energetico/energia-termica-que-es-funcionamiento>

CAPÍTULO 4 : SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Objetivos

- Comprender el concepto, la historia, las ventajas y desventajas del software de simulación de circuitos eléctricos.
- Distinguir las características y funcionalidades de los simuladores de circuitos QUCS, MULTISIM, PROTEUS y CROCODILE.
- Identificar los usos y aplicaciones de la inteligencia artificial en la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos.
- Realizar aplicaciones prácticas con los softwares de simulación de circuitos QUCS, MULTISIM, PROTEUS, CROCODILE y FLUX.AI.
- Evaluar la pertinencia de diferentes simuladores para tareas específicas de análisis y diseño de circuitos eléctricos.

Introducción

La comprensión y el diseño de circuitos eléctricos han evolucionado significativamente con el advenimiento de las herramientas de simulación por ordenador.

Este capítulo, "Software para la simulación de circuitos eléctricos", ofrece una visión general de estas valiosas herramientas informáticas. Recorreremos brevemente la historia de los simuladores de circuitos, definiremos qué son y analizaremos las numerosas ventajas y algunas desventajas de su uso.

Presentaremos y describiremos algunos de los softwares de simulación más relevantes y accesibles, como QUCS, MULTISIM, PROTEUS y CROCODILE, proporcionando una introducción a sus funcionalidades y potencial para el análisis de circuitos.

Finalmente se abordará el uso de la inteligencia en la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos, analizando sus ventajas e identificando las herramientas que en la actualidad hacen uso de esta tecnología contemporánea. Se concluye con un ejemplo de simulación utilizando FLUX.AI

Introducción al software para la simulación de circuitos eléctricos

Herramientas informáticas

Las herramientas informáticas son programas o aplicaciones que se utilizan para realizar tareas o actividades de un manera más rápida y sencilla, en un entorno virtual de desarrollo.

En el ámbito de la electricidad y la electrónica, estas herramientas informáticas cumplen un papel muy importante, puesto que, gracias a estas herramientas se puede disminuir el trabajo de diseño que realiza el profesional en la electricidad, electrónica o afines.

Gracias al avance de las tecnologías informáticas, hoy en día existen miles de aplicaciones o programas que permiten realizar una representación gráfica y simulada de los circuitos eléctricos y electrónicos, lo que permite su mejor entendimiento de su funcionamiento, así como también, permite detectar posibles fallas de manera sencilla y eficiente previo a su implementación física.

Historia de los simuladores para circuitos eléctricos

El uso de simuladores computarizados surge a partir de la mitad del siglo XIX. Para la década de los 60 el departamento de defensa de los Estados Unidos ya había diseñado varios simuladores de circuitos eléctricos, con el único propósito de evaluar la radiación de un circuito.

Uno de los primeros simuladores fue creado por Donald Pederson en la Universidad de California en Berley en el año de 1975, al cual denominaron SPICE. El funcionamiento de este programa se basaba en líneas de órdenes, las cuales no eran fáciles de usar al momento de diseñar un circuito eléctrico complejo. Sin embargo, este programa sirvió como base para la creación de otros simuladores eléctricos con mayor interactividad con el usuario, tales como Orégano o GEDA.

Actualmente existen varios simuladores eléctricos que cuentan con una amplia librería de componentes clasificados como: componentes activos, pasivos, de entrada, de salida, etc., y fundamentalmente para medir los parámetros o variables eléctricas tal como se lo realizaría en la vida real.

Definición

Un simulador de circuitos eléctricos y/o electrónicos es una herramienta de software utilizada por los profesionales de la electrónica o afines, con la finalidad de comprobar el funcionamiento de los circuitos eléctricos y/o

electrónicos en un ambiente virtual de desarrollo, previo su implementación física o real.

Estos simuladores cuentan con múltiples herramientas que permiten al usuario crear un sin número de circuitos eléctricos y/o electrónicos. Pudiendo agregar a los diseños una cantidad amplia de componentes activos, pasivos, de control y de protección, tales como, fuentes de voltaje y corriente, resistores, condensadores, inductores, dispositivos semiconductores, circuitos integrados, y demás componentes que se utilizan frecuentemente en el área de la electricidad o electrónica, como se puede observar en la Ilustración 4.1.

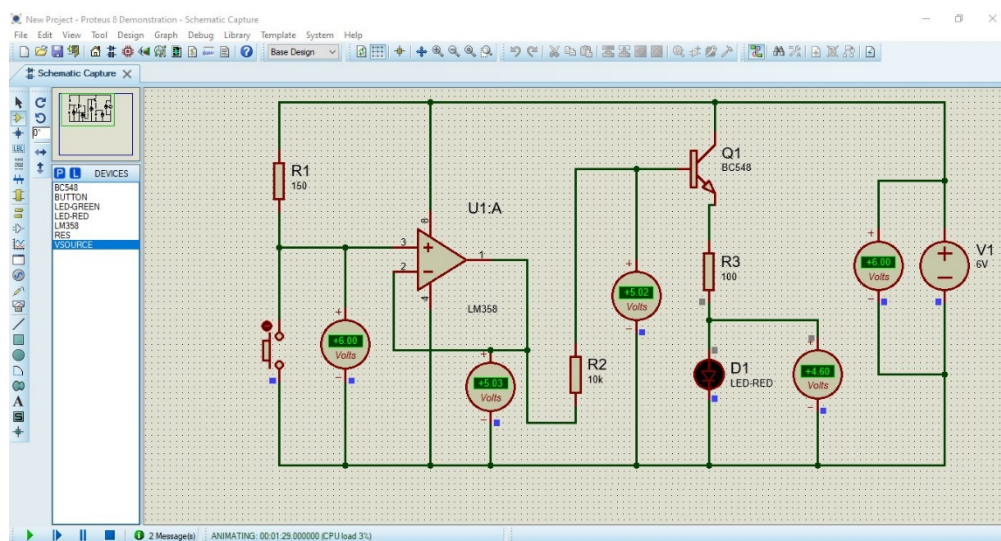


Ilustración 4.1 Simulación de un circuito eléctrico en PROTEUS (Elaboración propia)

Ventajas y desventajas

El análisis de circuitos requiere la realización de esquemas de circuitos eléctricos o electrónicos, ya sean manualmente o en simuladores. Sin embargo, se ha comprobado que diseñar estos circuitos eléctricos en estas plataformas digitales es más conveniente, puesto que permiten que el usuario lleve a cabo pruebas sin correr el riesgo de fallos o daños de algún circuito, ya que, si eso llegara a suceder, implicaría un mayor gasto de tiempo y de material. De igual manera, al usar estos simuladores se puede encontrar las posibles fallas que pudieran existir a la hora de ensamblar estos circuitos, de una manera más rápida y fácil.

Cabe recalcar que, algunos de estos programas poseen diferentes vistas del circuito que se está diseñando, para una correcta interacción entre el usuario y el circuito. Si bien, existen varias ventajas al momento de usar estas aplicaciones informáticas, también presentan desventajas. Siendo una desventaja, que no todos los simuladores están actualizados, por lo tanto, no tendrán todos los componentes que existen en la actualidad para implementar circuitos. Conllevando a que el diseñador tenga contratiempos y realice doble

trabajo, cuando el propósito principal de los simuladores es optimizar el tiempo y espacio.

La gratuidad de los simuladores es otra ventaja, sin embargo, no todos son gratuitos, ya que varios de estos simuladores son de paga, y no son accesibles para cualquier tipo de usuario, pues disponen de herramientas más complejas, que para un aprendiz sería difícil de utilizar.

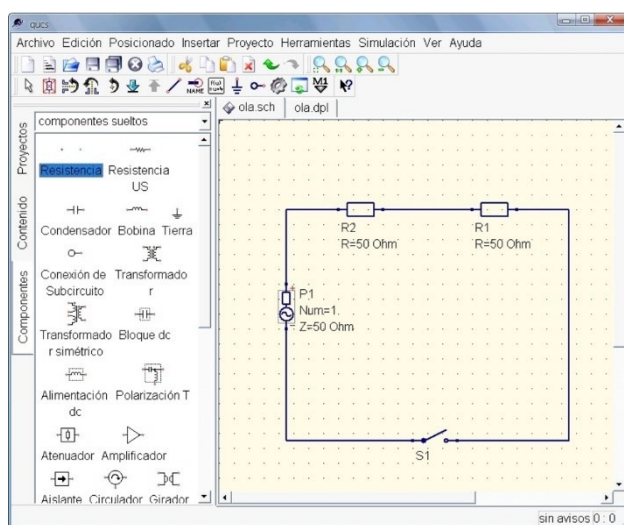
Existen simuladores para computadoras de escritorio, como Qucs, Multisim, Proteus, Crocodile, Altium, etc. Para celulares con sistema operativo Android, gratuitos en Play Store, como Proto y Electric Circuit Studio, entre los más fáciles de utilizar. Y también existen simuladores "on line" o en la web, como: Tinkercad, Dcclub, Falstad, Easyeda, Livewire, Phet.colorado, Circuitlab, Masterplc, Flux.ai, entre otros.

Simuladores para los circuitos eléctricos

QUCS

QUCS o también conocido como Quite Universal Circuit Simulator, es una herramienta tecnológica gratuita que permite diseñar circuitos integrados, es decir que se puede crear circuitos, con una amplia interfaz gráfica de usuario y variadas señales de señales de excitación. Una vez diseñado el circuito se pueden observar los resultados en una ventana de presentación para una mejor visualización y apreciación del diseño.

QUCS incluye una amplia variedad de componentes para insertar en el circuito, como resistencias, fuentes de tensión, diodos, transistores, puertas, LEDs, puentes, entre otros. Si bien la interfaz gráfica del usuario es avanzada, con un video introductorio al programa el usuario puede captar de una manera rápida en manejo de esta aplicación.



*Ilustración 4.2 Simulación de un circuito eléctrico en QUCS
(Elaboración propia)*

Por otro lado, también adquiere varios modelos de terceros, entre ellos están HICUM, BSIM2, BSIM3 y BSIM6, que se pueden compilar y cargar en el simulador. Una extensión de QUCS es QucsTranscalc, el cual es un simulador de circuito de líneas de comandos lineales, que toma como modelo una lista de red de entrada para generar un conjunto de datos QUCS, que también puede ser utilizado por otras aplicaciones, así como el programa propio QUCS.

El sistema operativo que maneja actualmente es el GNU/ LINUX, sin embargo, funciona correctamente en sistemas operativos como Windows, Solaris, NetBSD, FreeBSD, macOS, Cygwin.

QUCS posee una interfaz gráfica muy agradable, con las siguientes partes: Barra de herramientas, Panel principal y Área de diseño.

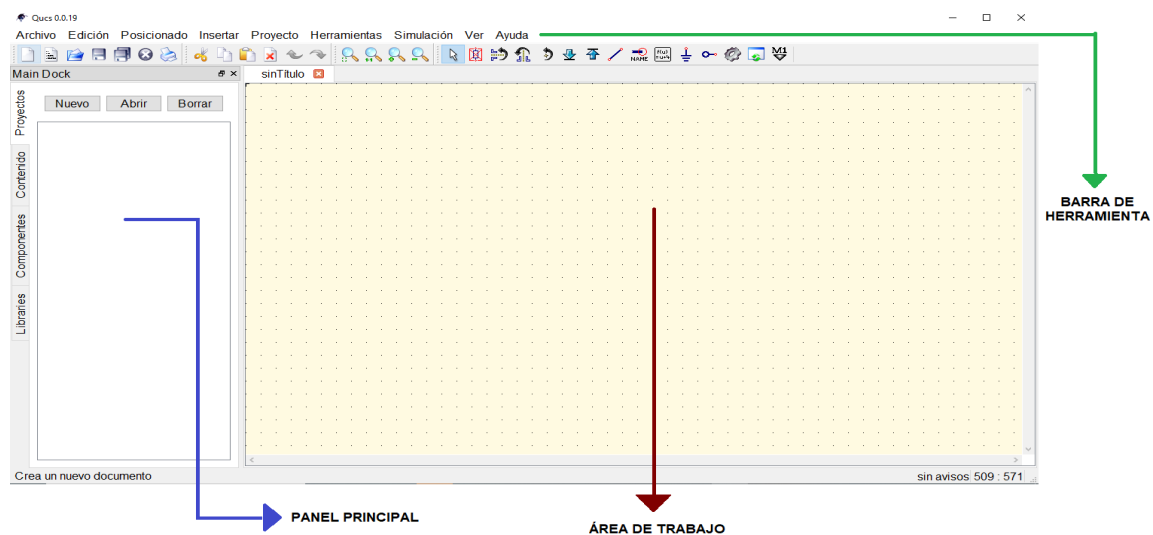


Ilustración 4.3 Interfaz gráfica de QUCS (Elaboración propia)

En la Barra de herramientas está compuesta por opciones como:

Archivo: En esta opción se puede crear un nuevo proyecto, abrir uno ya existente, guardar, cerrar, exportar, imprimir y realizar algunas configuraciones dentro del programa.

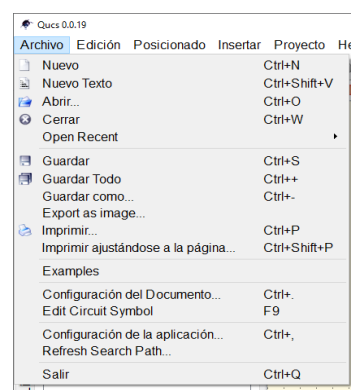


Ilustración 4.4 Pestaña Archivo de QUCS (Elaboración propia)

Edición: En este apartado se puede cortar, eliminar, pegar, seleccionar, reemplazar, rotar el dibujo, entre otras acciones.

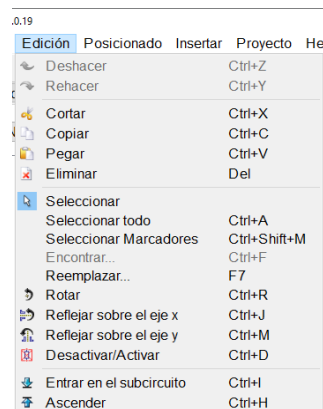


Ilustración 4.5 Pestaña Edición de QUCS
(Elaboración propia)

Posicionado: Permite que el circuito eléctrico se mueva de posición.

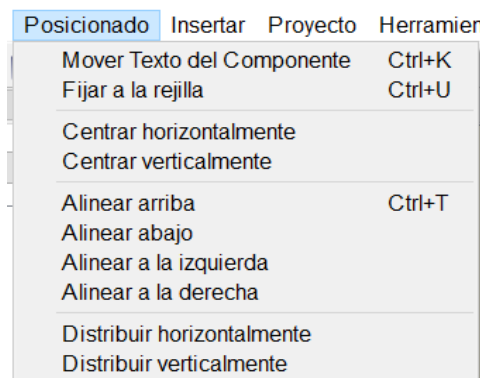


Ilustración 4.6 Pestaña Posicionado de QUCS
(Elaboración propia)

Insertar: Hace referencia a insertar, ya sea cables, etiquetas, ecuaciones, tierra, conexiones, entre otros.

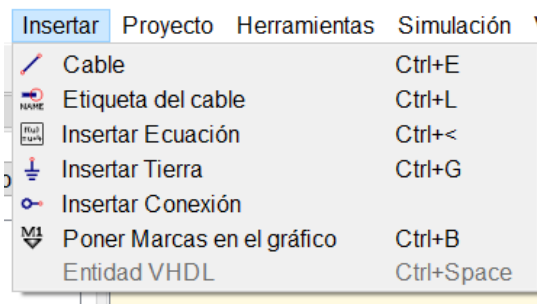
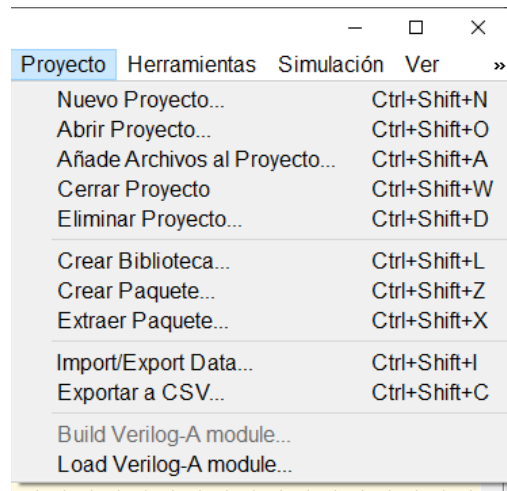


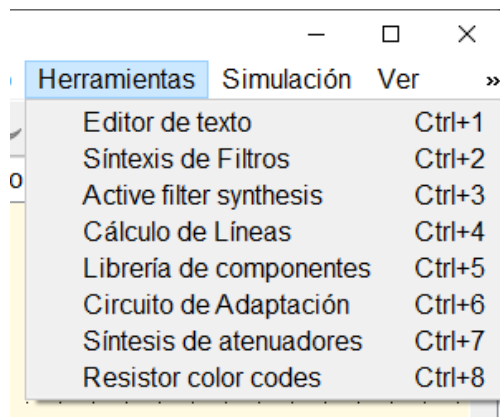
Ilustración 4.7 Pestaña Insertar de QUCS
(Elaboración propia)

Proyecto: En esta pestaña se puede abrir un nuevo proyecto, cerrar, eliminar, crear paquete, biblioteca, entre otras funciones.



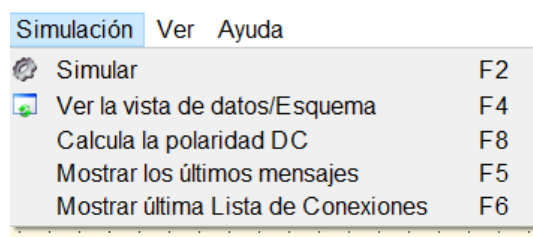
*Ilustración 4.8 Pestaña Proyecto de QUCS
(Elaboración propia)*

Herramientas: Se puede editar texto, añadir sintaxis de filtros, cálculo de líneas, resistor color codes, entre otros.



*Ilustración 4.9 Pestaña Herramientas de
QUCS (Elaboración propia)*

Simulación: Permite empezar a simular el circuito eléctrico diseñado.



*Ilustración 4.10 Pestaña Simulación
de QUCS (Elaboración propia)*

Ver: Se observa completamente el circuito, además se puede ampliar y reducir el mismo.

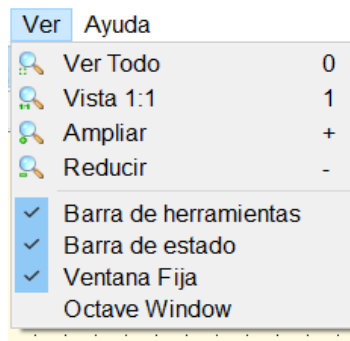


Ilustración 4.11 Pestaña Ver de QUCS (Elaboración propia)

Ayuda: Proporciona información útil para el usuario, por si tiene alguna duda.

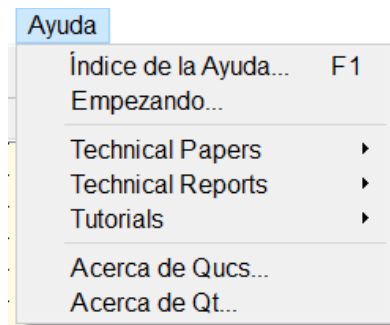


Ilustración 4.12 Pestaña Ayuda de QUCS (Elaboración propia)

El panel principal está compuesto por varias pestañas como:

Proyectos: Se visualizarán todos los proyectos que se hayan realizado en el simulador.

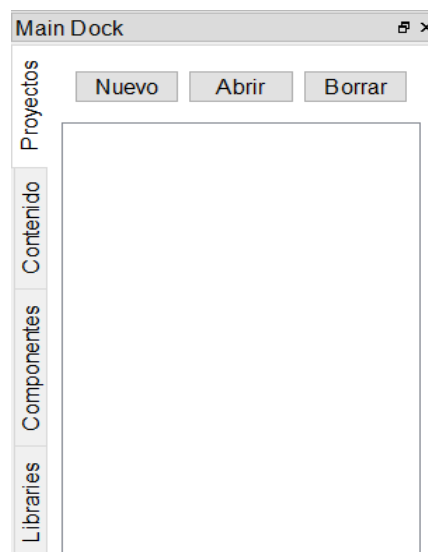


Ilustración 4.13 Pestaña Main-Proyectos de QUCS (Elaboración propia)

Contenido: Nos proporcionan varias opciones como vistas de datos, conjunto de datos, esquemas, VHDL, entre otros.

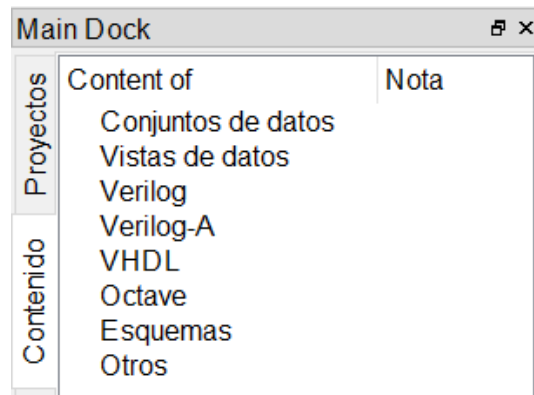


Ilustración 4.14 Pestaña Main-Contenido de QUCS (Elaboración propia)

Componentes: Aquí se encuentran todos los elementos que se pueden utilizar para el diseño del circuito eléctrico, tales como: componentes concentrados, fuentes, sondas, líneas de transmisión, componentes no lineales, componentes digitales, entre otros.

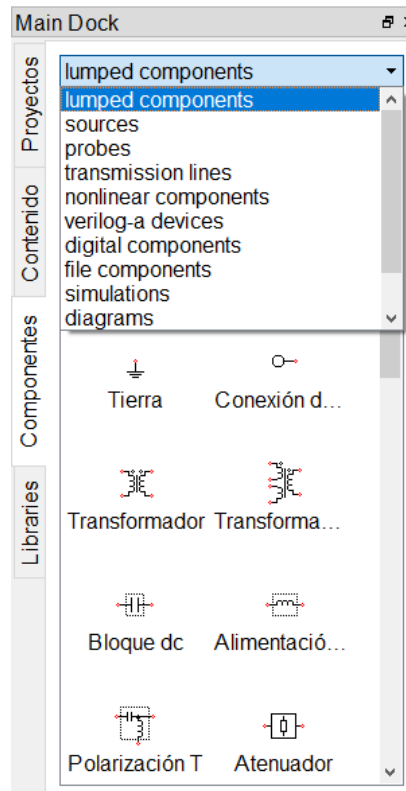
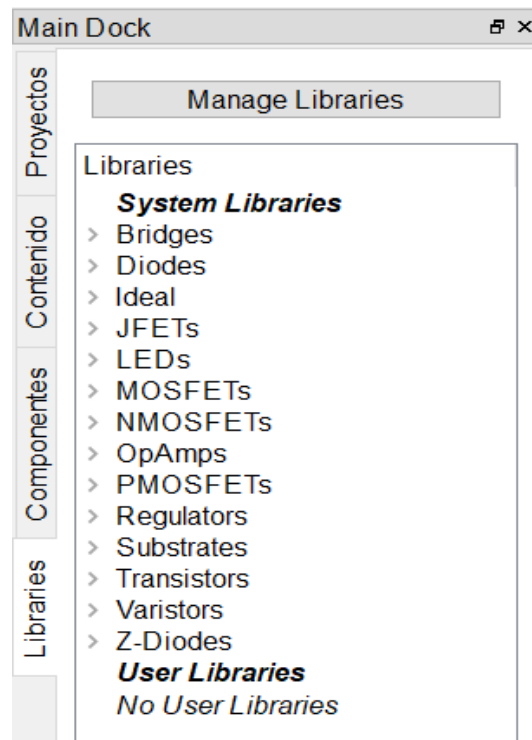


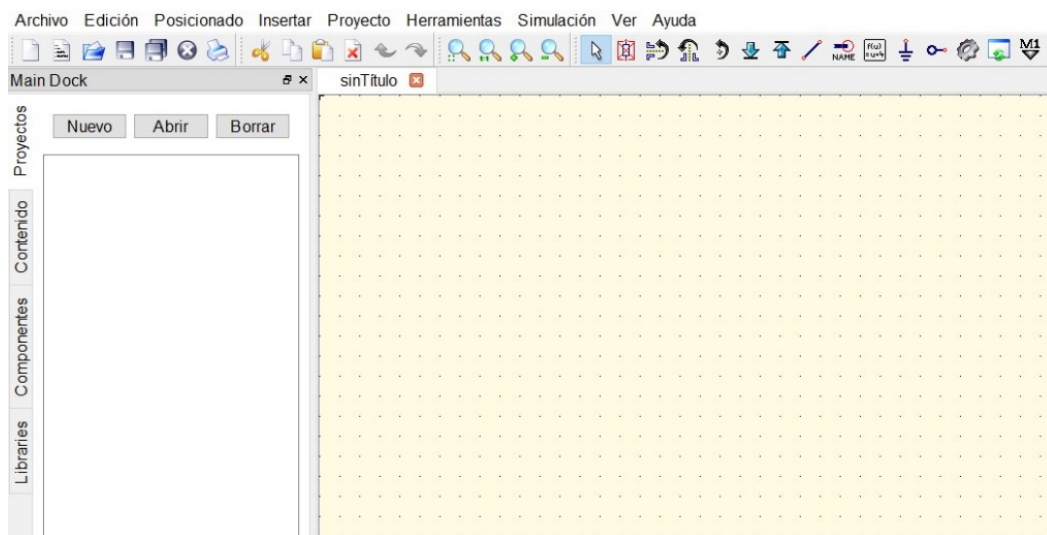
Ilustración 4.15 Pestaña Main-Componentes de QUCS (Elaboración propia)

Librerías: Encontramos un sinnúmero de librerías que poseen otros elementos para crear una simulación



*Ilustración 4.16 Pestaña Main-Librerías de QUCS
(Elaboración propia)*

Y el panel de diseño en donde se visualiza el circuito al momento de diseñarlo.



*Ilustración 4.17 Panel de diseño de QUCS
(Elaboración propia)*

Ejercicio de simulación: Diseñar el circuito eléctrico de la Ilustración 4.18 en QUCS

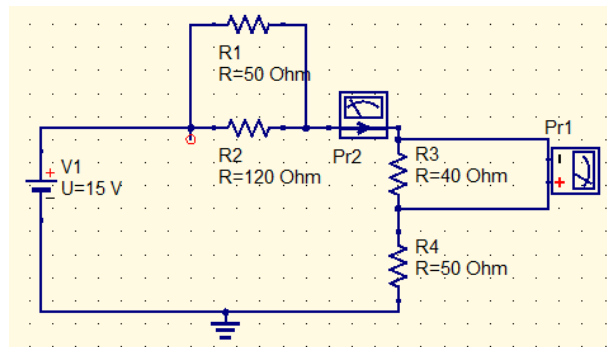


Ilustración 4.188 Ejercicio de circuito eléctrico para simular en QUCS (Elaboración propia)

Para empezar, el simulador nos pedirá guardar el proyecto, luego de eso nos aparecerá una pestaña nueva, tal como vemos en la ilustración 4.19.

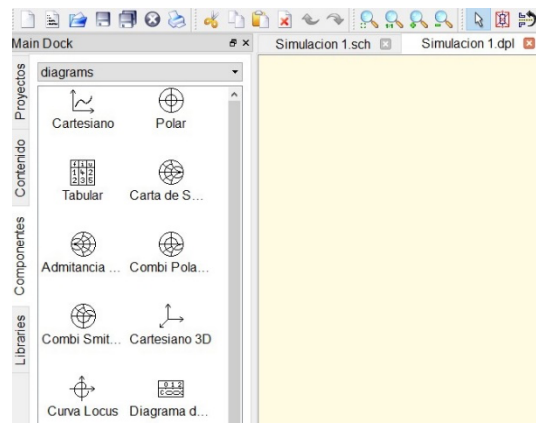


Ilustración 4.19 Pestaña nueva al guardar el proyecto en QUCS (Elaboración propia)

Una vez ubicados en la segunda pestaña que se abrió automáticamente, el usuario elige que datos quiere mostrar de la simulación, por ejemplo, se puede visualizar los datos calculados mediante un plano cartesiano, o tabular esos datos, en diagramas, entre otras formas de visualización. En la ilustración 4.20 se demuestran los datos tabulados, correspondientes a los valores calculados tanto de la tensión y corriente sobre la resistencia 3 del circuito.

number	Pr3.V	Pr2.I
1	4.79	0.12

Ilustración 4.200 Tabulación de datos en QUCS (Elaboración propia)

MULTISIM

MULTISIM o anteriormente conocido como Electronic Workbench es un software desarrollado por National Instruments, para el diseño de circuitos y simulaciones SPICE (Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis) para electrónica analógica y digital, enfocadas en los ámbitos educativos y en la investigación. Posee un entorno esquemático interactivo que permite visualizar y analizar de una manera rápida el comportamiento de los circuitos electrónicos.

La interfaz de este simulador ayuda a que los estudiantes puedan realizar demostraciones como si estuvieran en el mundo real, y además es útil para los profesores, ya que ayudan a reforzar la teoría de los circuitos con prácticas simuladas en entornos virtuales de aprendizaje. Para los profesionales en el área de la electricidad y la electrónica, se constituye en una herramienta indispensable para el desarrollo de prototipos.

Existen dos versiones de MULTISIM, una de ellas es para uso educativo y otro para diseñadores. En cualquiera de estas versiones, el usuario puede crear un circuito electrónico desde cero, haciendo uso de todas las herramientas y componentes que tiene este simulador.

La interfaz gráfica de MULTISIM está conformado por las siguientes partes:
Ventanas "Spreadsheet View", "Design Toolbox" y Barra de herramientas.

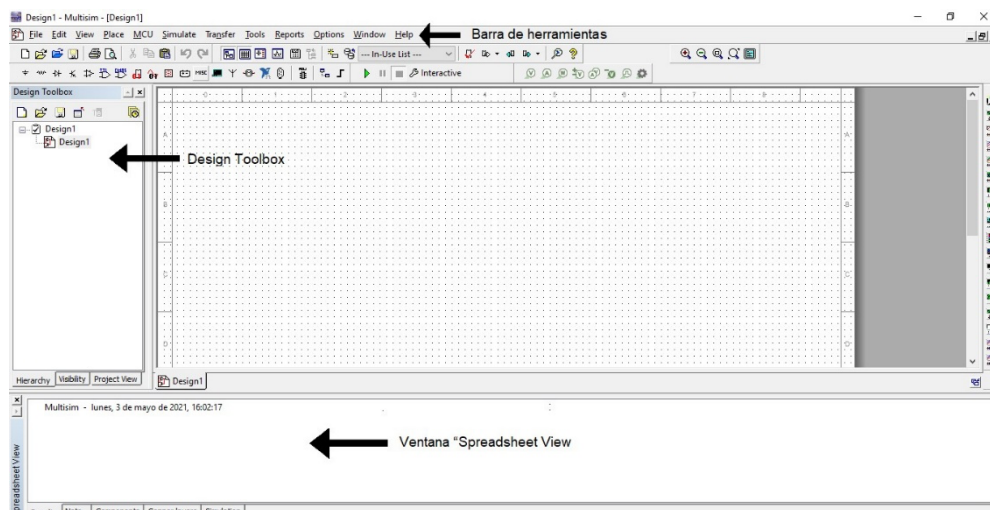


Ilustración 4.211 Interfaz gráfica de MULTISIM (Elaboración propia)

En la ventana denominada en inglés como "Spreadsheet View", se encuentran los resultados de la simulación.

[illegible]

Ilustración 4.22 Ventana Spreadsheet View (Elaboración propia)

En la ventana de “Design ToolBox” están los proyectos realizados en MULTISIM

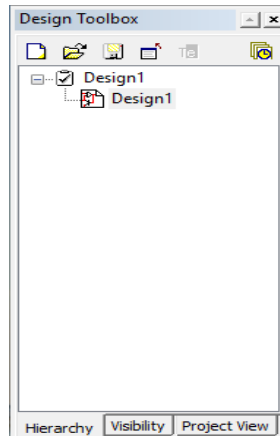


Ilustración 4.233 Ventana Design Toolbox (Elaboración propia)

En la Barra de Herramientas están las opciones:

File: En esta pestaña se puede realizar un nuevo proyecto, abrir uno ya existente, cerrar, guardar, exportar, imprimir, entre otros.

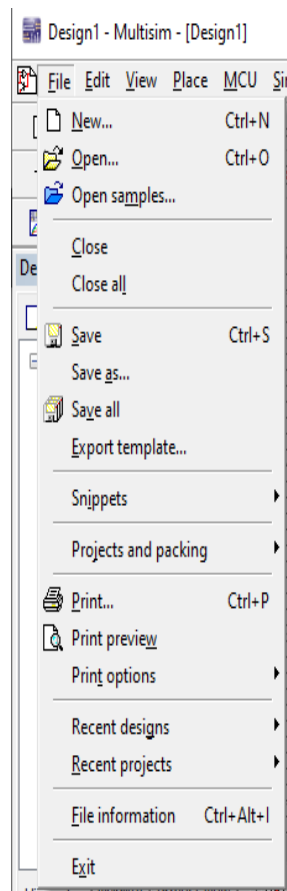


Ilustración 4.244 Pestaña Herramientas-File de Multisim (Elaboración propia)

Edit: Las opciones de cortar, copiar, seleccionar, buscar, ordenar, entre otras opciones se encuentran en esta sección de la barra de herramientas.

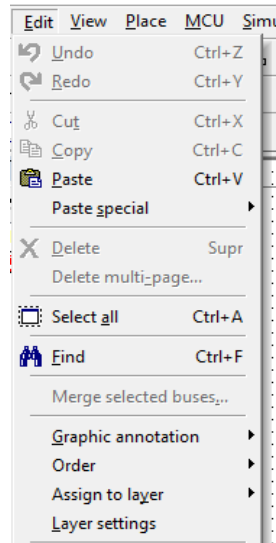


Ilustración 4.255 Pestaña Edit de Multisim
(Elaboración propia)

View: En esta sección están las opciones como maximizar, minimizar el grafico, ponerle o quitar la cuadrícula, todos esos aspectos que hacen que el diseño tenga una mejor presentación.

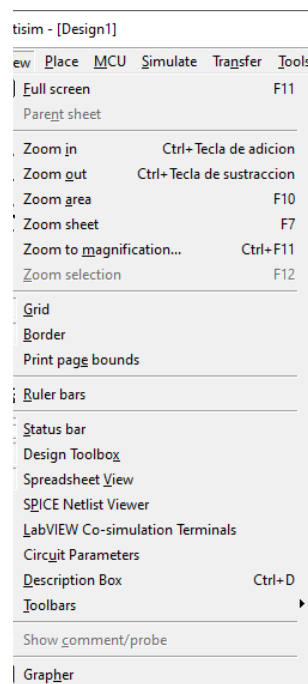


Ilustración 4.266 Pestaña View de Multisim (Elaboración propia)

Place: En esta pestaña se tienen las opciones de componentes, conectores, insertar subcircuitos, agregar varias páginas dentro del mismo proyecto, y otras opciones más.

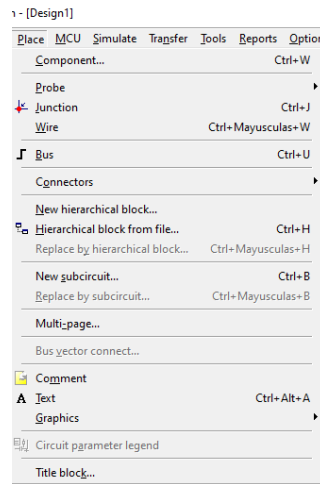


Ilustración 4.277 Pestaña Place de Multisim (Elaboración propia)

MCU: Aquí encontraremos varias opciones para visualizar el circuito eléctrico.

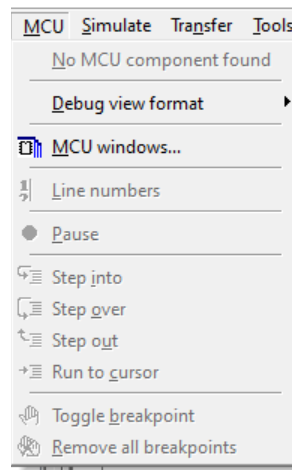


Ilustración 4.288 Pestaña MCU de Multisim (Elaboración propia)

Simulate: Esta opción se usa cuando se desea realizar la simulación del circuito eléctrico.

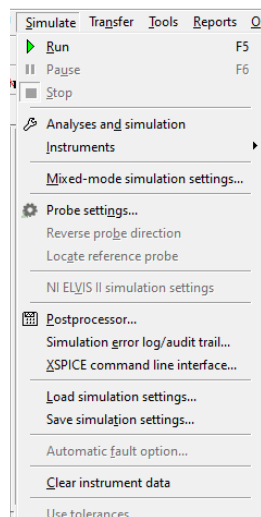


Ilustración 4.2929 Pestaña Simulate de Multisim (Elaboración propia)

Transfer: Básicamente esta pestaña permite transferir el programa de MULTISIM a SPICE.

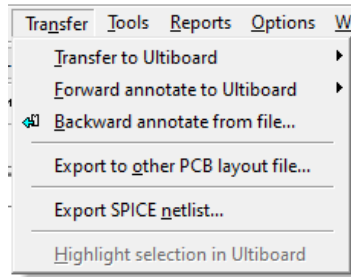


Ilustración 4.300 Pestaña Transfer de Multisim (Elaboración propia)

Las demás pestañas del menú de opciones como Tools, Reports, Options están relacionadas con transferir y guardar los proyectos en SPICE.

Debajo y a la derecha de la barra de herramientas están algunos de los componentes que son usados más frecuentes en la elaboración de circuitos eléctricos.



Ilustración 4.31 Barra de herramientas MULTISIM (Elaboración propia)

Una vez que se ha indicado la estructura y componentes de MULTISIM, se invita a realizar el diseño del circuito indicado a continuación:

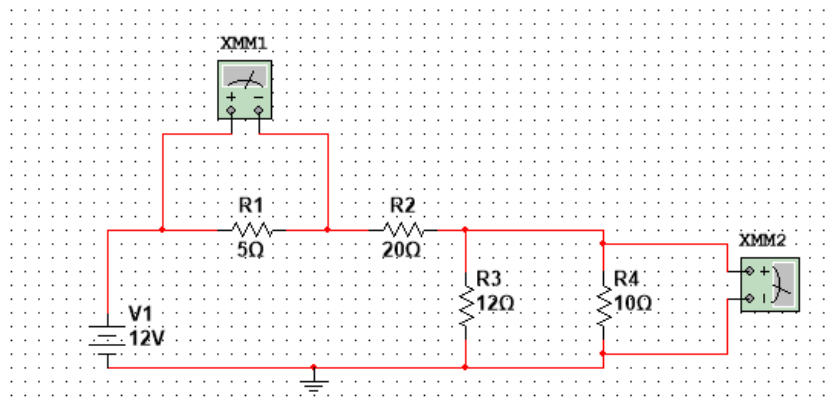


Ilustración 4.322 Circuito eléctrico para diseñar en MULTISIM (Elaboración propia)

Una vez realizado el diseño del circuito eléctrico se procede a empezar la simulación, en donde se visualizarán los valores calculados de la tensión existente en la resistencia R1 y R4.

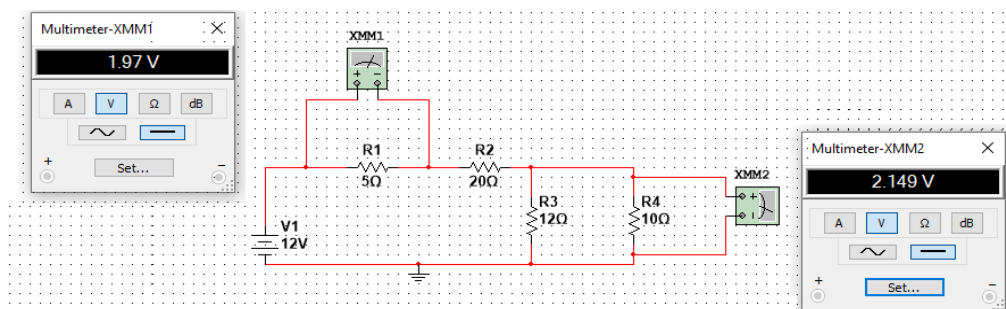


Ilustración 4.333 Circuito eléctrico simulado en MULTISIM (Elaboración propia)

PROTEUS

Proteus es un simulador que combina los módulos de Schematic Capture y PCB Layout, para proporcionar un conjunto de herramientas y componentes accesibles, es decir fáciles de usar para el diseño de circuitos eléctricos.

Esta aplicación es de paga, por lo tanto, para descargarla se necesita una licencia, la cual se puede comprar en línea en la página oficial de Proteus. Existen diferentes tipos de licencias, empezando desde la más básica a la más compleja, esto va a depender de las necesidades del usuario. Si el usuario requiere de muchas herramientas, deberá adquirir el más avanzado.

El módulo de simulación avanzada posibilita la simulación de transitorios, curvas de transferencia, entre otros, con el único propósito de mejorar el diseño y análisis de los circuitos.

Proteus posee herramientas específicas como:

ISIS: Es utilizada para la elaboración de esquemas electrónicos avanzados, además, esta incorpora una librería muy variada.

ARES: Esta herramienta es comúnmente utilizada para el diseño de placas de circuitos impresos, con posicionador automático de elementos y de pistas. Sin embargo, es muy compleja, por lo cual es mayormente utilizada por profesionales de la ingeniería electrónica.

PORSPICE: Como su nombre mismo lo dice este tipo de herramientas está basado según el estándar industrial de SPICE3F5.

VSM: Contiene componentes como los microcontroladores, que se pueden incluir en la simulación de los circuitos.

La interfaz gráfica de Proteus contiene los siguientes elementos: Barra de menú, Barra de herramientas, Barra de Título, Ventana de componentes, Ventana de vista completa, Barra de estado y Zona de trabajo.

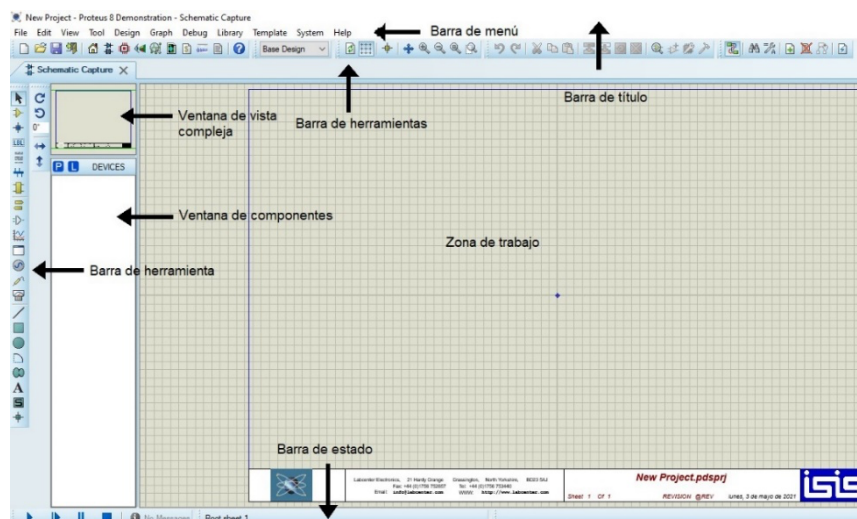


Ilustración 4.344 Interfaz gráfica de Proteus (Elaboración propia)

En Proteus encontramos 3 barras de herramientas, una ubicada en la parte superior, inferior y lateral izquierda, todas ellas son de suma importancia para poder elaborar un circuito eléctrico. En la barra de herramientas superior están aquellas opciones para editar, visualizar, así como vemos en la ilustración 4.35.

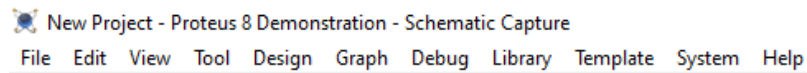


Ilustración 4.355 Barra de herramientas en Proteus (Elaboración propia)

File: En esta sección se crea un proyecto nuevo, abrir uno ya existente, guardar, cerrar, importar y exportar proyectos e imágenes, imprimir, entre otros.

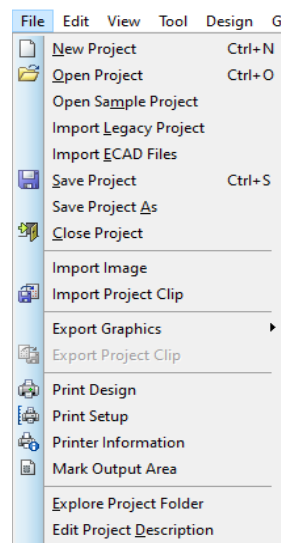


Ilustración 4.366 Pestaña File de Proteus (Elaboración propia)

Edit: En esta sección se pueden rehacer los cambios hechos dentro del circuito, buscar y editar componentes, recortar, pegar, enviar, y otras funciones que son de suma importancia para un correcto funcionamiento del programa.

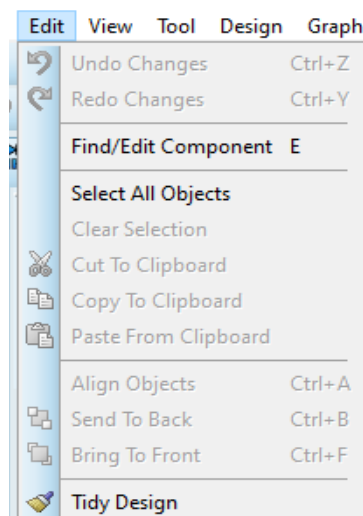


Ilustración 4.377 Pestaña Edit de Proteus (Elaboración propia)

View: El papel que cumple esta opción es de mejorar la visualización en la zona de trabajo, como hacer zoom, reducir el tamaño, quitar la cuadrícula, etcétera.

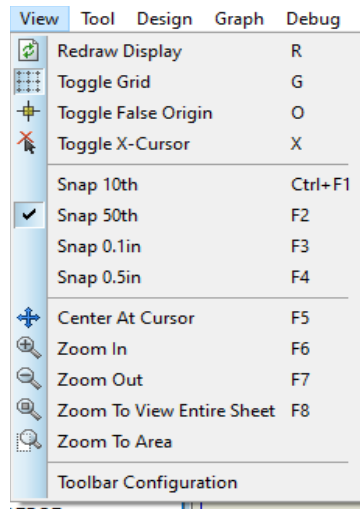


Ilustración 4.388 Pestaña View de Proteus (Elaboración propia)

Tool: Sección para anotar datos globales, el modelo de compilación, buscar y etiquetar, entre otras funciones.

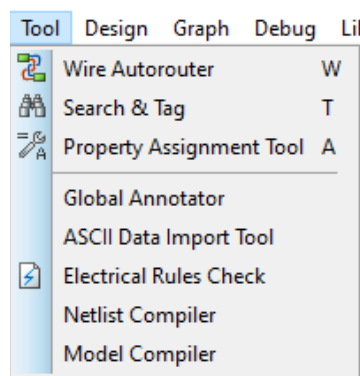


Ilustración 4.3939 Pestaña Tool de Proteus (Elaboración propia))

Design: En la opción de diseño se puede editar el diseño de las propiedades, notas, una nueva hoja, eliminar una hoja, y otras funciones.

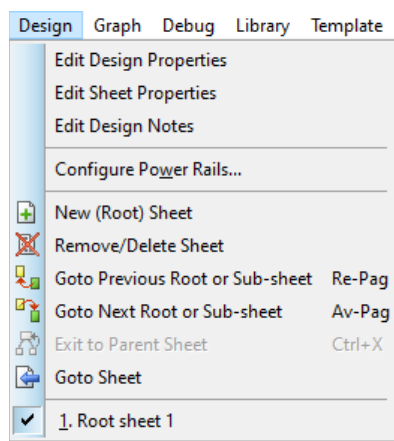


Ilustración 4.4040 Pestaña Design de Proteus(Elaboración propia)

Graph: En esta sección se encuentran opciones para modificar el gráfico del circuito eléctrico o electrónico.

Debug: La función que cumple esta sección está relacionada con la simulación del circuito eléctrico.

Library: Se puede encontrar opciones para importar desde la librería, elegir símbolos, compilara desde la librería y otros.

Template: Encontramos opciones para editar el diseño predeterminado del programa, como los colores del panel, las animaciones, la apariencia de los trazos, el tipo y tamaño del texto, y otras funciones relacionadas con el diseño del circuito eléctrico.

La barra de herramientas cuenta con componentes de fácil acceso, por otro lado, la barra de título es una de las partes esenciales del programa, pues en esta sección se ubica el nombre del proyecto.

Otra parte de la interfaz gráfica es la ventana de vista completa, que es el fragmento en donde se visualiza una miniatura del circuito eléctrico diseñado, y debajo de esta parte se visualiza la ventana de los componentes.

Finalmente está la zona de trabajo, que es donde se añaden los componentes eléctricos como resistencias, medidores de voltaje y tensión, conductores, etc., tal como se puede observar en la Ilustración 4.41.

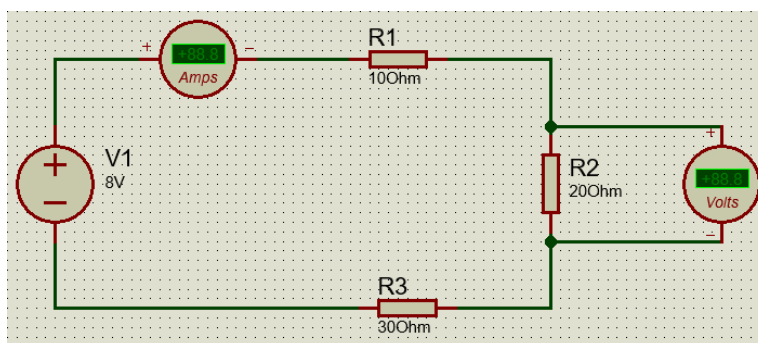


Ilustración 4.411 Circuito eléctrico diseñado en Proteus (Elaboración propia)

Pues bien, una vez diseñado el circuito eléctrico en Proteus, se procede a realizar la simulación, tal como se puede observar en la Ilustración 4.42, donde se presenta la medición de la corriente y el voltaje en la resistencia R2.

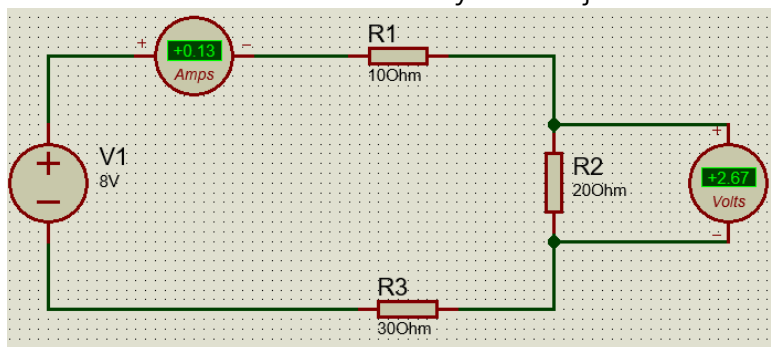


Ilustración 4.422 Resultado de medir el amperímetro y voltaje sobre R2 (Elaboración propia)

CROCODILE

Crocodile es uno de los simuladores de circuitos eléctricos más utilizado, dado que es un programa que ayuda a realizar simulaciones eléctricas de manera rápida y sencilla, y cuenta con una amplia variedad de componentes para el diseño de circuitos.

Crocodile está disponible para sistemas operativos Linux y Windows, existen varias versiones de este software entre ellos están: Versión 3.2, Versión 3.5 y Versión 6.0, Yenka que es la nueva versión actualizada y mejorada del antiguo Crocodile Clips.

Cada una de las versiones tiene sus propias características, la versión 3.2 es la más básica y fácil de usar, la versión 3.5 se diferencia de la 3.2 por sus componentes electrónicos incorporados en el sistema, por otra parte, está la versión 6.0 que es la más avanzada, pues el usuario además de realizar simulaciones de la manera tradicional puede diseñarlas en 3D.

Interfaz gráfica: Crocodile incluye una interfaz visual muy agradable, que facilita la interactividad con el usuario. Dentro del programa se puede observar el Menú de opciones, la Barra de herramientas y el Área de trabajo.

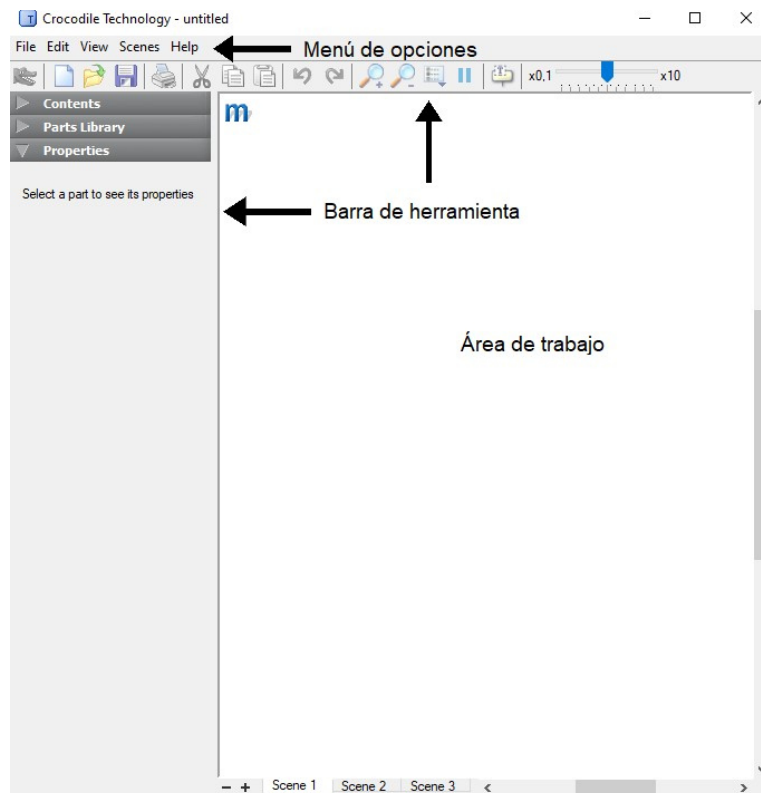
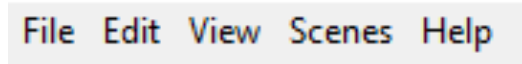


Ilustración 4.43 Interfaz gráfica de Crocodile (Elaboración propia)

En el menú de opciones está compuesta por las pestañas:



*Ilustración 4.444 Menú de opciones de Crocodile
(Elaboración propia)*

File: En esta sección se encuentran las opciones de nuevo proyecto, guardar, imprimir, exportar, y abrir los proyectos abiertos recientemente.

Edit: Opciones de cortar, pegar, deshacer, borrar, observar las propiedades, seleccionar todo el circuito, y propiedades del programa.

View: Hace referencia a la forma de visualizar el esquema del proyecto.

Scenes: Permite cambiar la hoja en donde se está trabajando.

Help: Ayuda para el usuario referente al programa.

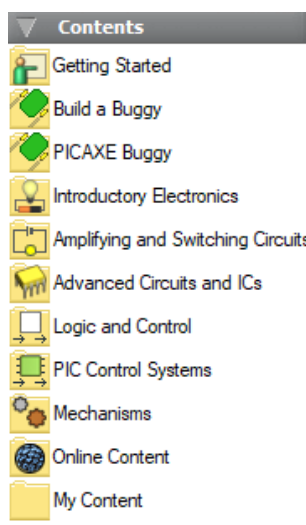
En la Ilustración 4.45, se visualiza la barra de herramientas, que posee algunas herramientas para acceso rápido, como cortar, pegar, hacer zoom, entre otras.



Ilustración 4.455 Barra de herramientas de Crocodile (Elaboración propia)

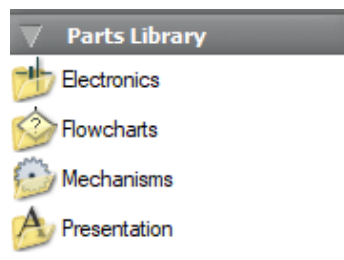
De igual modo en la parte lateral izquierda del programa encontramos otra sección de la barra de herramientas, que contienen las siguientes opciones:

Contents: En esta sección se encuentran simulaciones prediseñadas en 3D.



*Ilustración 4.46 Interfaz gráfica
de QUCS (Elaboración propia)*

Parts Library: En esta sección se encontrarán todos los componentes eléctricos y electrónicos que posee este simulador, como son, fuentes de voltaje y corriente, resistencias, capacitores, inductores, circuitos integrados, así también dispositivos para medición, como el amperímetro y voltímetro. Además, cuenta con la opción de presentación, que está compuesta por herramientas para el gráfico, texto, animación, etc., para el diseño de los circuitos.



*Ilustración 4.477 Pestaña Parts Library de Crocodile
(Elaboración propia)*

Properties: Corresponde a las características del componente que sea seleccionado.

Y por último está el área de trabajo, que es el lugar en donde se van colocando los componentes para conectar virtualmente el circuito eléctrico o electrónico.

En la Ilustración 4.48, se ha conectado virtualmente un circuito eléctrico sencillo que posee una fuente de voltaje, cuatro resistencias y un voltímetro que mide el voltaje que pasa por la resistencia de 10 K Ω .

Para empezar la simulación del circuito mostrado en la Ilustración 4.48, damos clic sobre opción de empezar simulación y automáticamente procederá a realizarla.

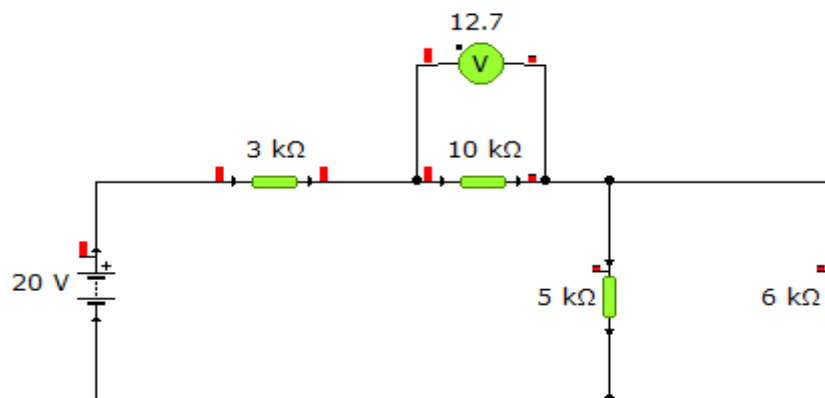


Ilustración 4.488 Circuito simulado en Crocodile (Elaboración propia)

La inteligencia artificial en los simuladores para circuitos eléctricos o electrónicos

Usos de la inteligencia artificial

La inteligencia artificial está revolucionando el diseño y la simulación de circuitos al automatizar y optimizar procesos. Los algoritmos de IA pueden generar automáticamente diseños que cumplen con criterios específicos de

rendimiento, costo y consumo energético, sugiriendo configuraciones óptimas que a menudo los diseñadores humanos podrían pasar por alto. Además, la IA analiza grandes cantidades de datos para optimizar circuitos existentes, ajustando los valores de los componentes para mejorar su eficiencia. Por otro lado, mejora significativamente la precisión de las simulaciones, creando modelos de comportamiento más exactos que predicen con mayor fiabilidad el rendimiento del circuito bajo diferentes condiciones, lo que permite una detección y un diagnóstico de fallas más rápidos y eficientes, e incluso el mantenimiento predictivo para anticipar problemas antes de que ocurran.

Además de las etapas iniciales de diseño, la IA se encarga de automatizar tareas manuales y repetitivas, como la colocación de componentes y el enrutamiento de pistas en placas de circuito impreso (PCB), reduciendo drásticamente los errores y liberando a los ingenieros para que se concentren en trabajos más complejos e innovadores. Finalmente, la IA permite la creación de sistemas de control inteligente, donde los algoritmos de aprendizaje automático adaptan el comportamiento del circuito en tiempo real para optimizar su rendimiento y eficiencia energética. En resumen, la inteligencia artificial no solo acelera el ciclo de diseño, sino que también aumenta la precisión y la eficiencia en cada etapa del desarrollo de circuitos.

Simuladores con IA integrada

Circuit Designer: Utiliza IA para simplificar y acelerar cada etapa del diseño de circuitos. Ayuda a seleccionar componentes, cablear y depurar código, haciendo que el proceso sea hasta 10 veces más rápido.

Circuit Mind: Es una plataforma de automatización de diseño electrónico asistida por IA. Genera diagramas esquemáticos, selecciona componentes y crea listas de materiales (BoM) de forma automática. Sus algoritmos exploran billones de combinaciones para encontrar el diseño más óptimo en términos de costo, tamaño y rendimiento.

Flux.ai: Esta es una plataforma web de diseño electrónico que integra un asistente de IA llamado "Copilot". Puedes hacerle preguntas para que te ayude con el diseño de tu circuito.

MATLAB y Simulink: Estos programas incorporan IA para aplicaciones en sistemas de electrificación, como el mantenimiento predictivo de convertidores de potencia y la optimización de sistemas de energía.

Estos simuladores y herramientas aprovechan la IA para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y predecir el comportamiento del circuito. Esto reduce errores, acorta los ciclos de diseño y permite a los ingenieros concentrarse en tareas más complejas e innovadoras.

FLUX.AI

Flux es una plataforma de diseño electrónico basada en la nube que busca transformar la manera en la que se crean circuitos y placas PCB mediante el

uso de inteligencia artificial. A diferencia de los programas tradicionales de diseño electrónico, que requieren instalaciones pesadas y conocimientos técnicos profundos, Flux funciona directamente desde el navegador e integra un asistente inteligente que acompaña al diseñador en cada paso del proceso.

Uno de los puntos más llamativos de Flux es su AI Copilot, un asistente virtual especializado en diseño electrónico. Este copilot puede interpretar hojas de datos de componentes, sugerir conexiones correctas en esquemáticos y detectar posibles errores antes de que avancen en el diseño. Además, ofrece explicaciones técnicas y guía al usuario en la selección de componentes, lo que reduce de manera significativa el tiempo invertido en investigar manualmente documentación compleja.

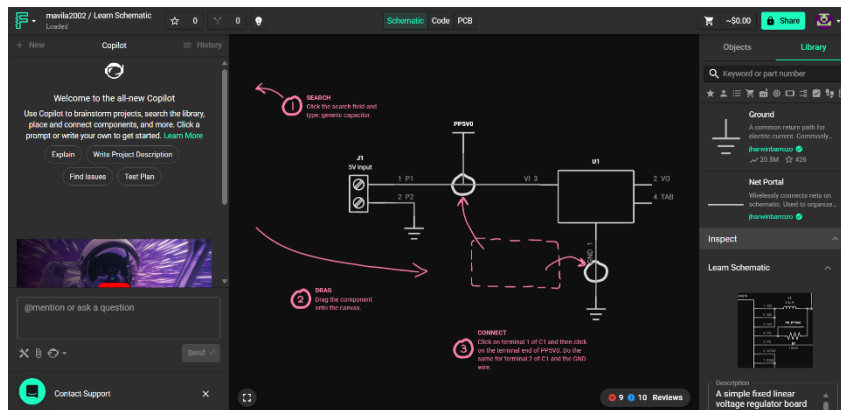


Ilustración 4.49 Interfaz gráfica de Flux.ai (Elaboración propia)

Otro aporte fundamental de Flux es el AI Auto-Layout, una función que permite automatizar el enrutamiento de la placa con un solo clic. Este proceso, que suele consumir horas o incluso días en herramientas tradicionales, se optimiza mediante algoritmos de IA que organizan las pistas y conexiones de manera eficiente. Aunque la revisión humana sigue siendo indispensable para proyectos críticos o de alta complejidad, esta característica agiliza las etapas iniciales y libera tiempo para que los ingenieros se concentren en la lógica y el diseño general del sistema.

Flux AI posee una interfaz gráfica muy agradable y completa, con las siguientes partes: Apartado de AI Copilot, Área de diseño y Área de componentes.

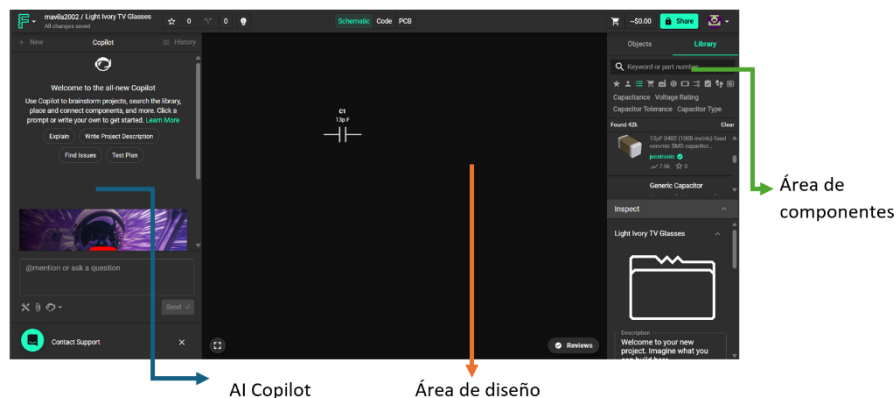


Ilustración 4.50 Distribución de Flux.ai (Elaboración propia)

Ejercicio básico: Simular un circuito con un LED, una resistencia y una fuente DC de 5v.

1. En el área de componentes buscar y agregar los componentes necesarios.

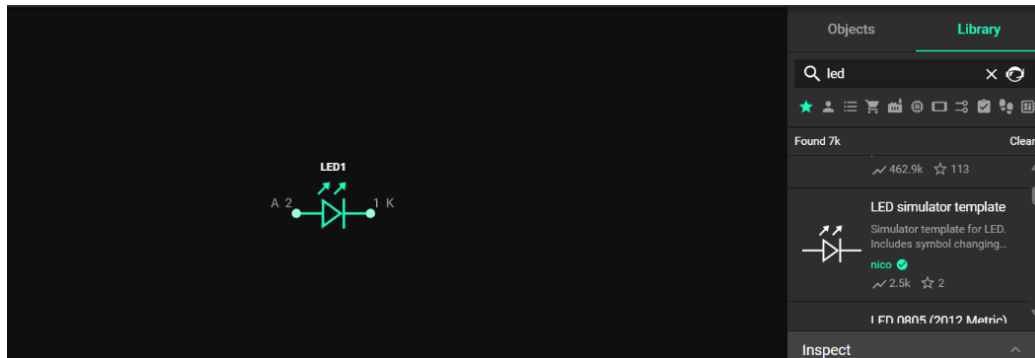


Ilustración 4.51 Ingreso de componentes electrónicos al área de trabajo (Elaboración propia)

2. Conectar los elementos:

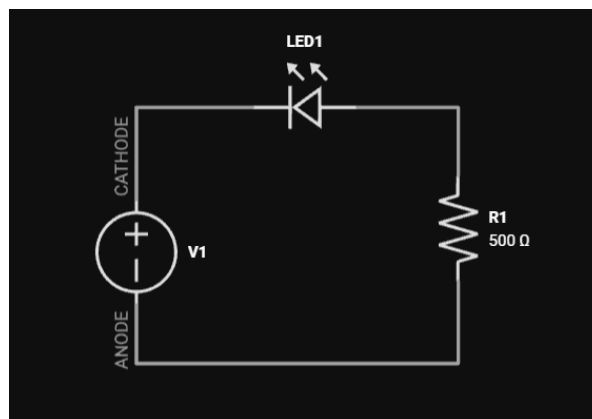


Ilustración 4.52 Conexión de elementos en el simulador (Elaboración propia)

3. Configurar los elementos en sus propiedades en la cinta de componentes.

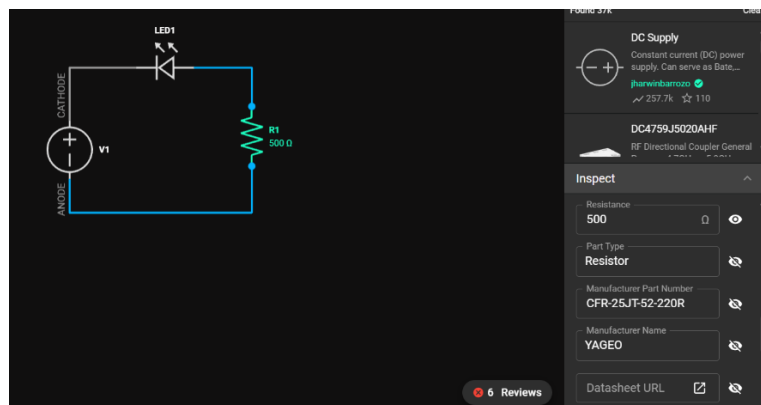


Ilustración 4.53 Configuración de componentes (Elaboración propia)

4. Configurar a ser necesario el modelo PCB.

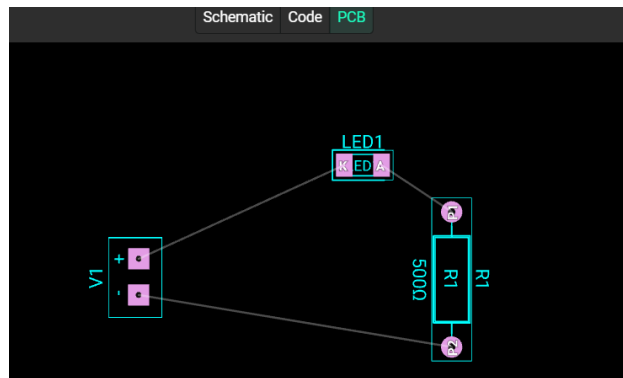


Ilustración 4.54 Configuración de PCB (Elaboración propia)

El simulador arrancará y comprobará su funcionalidad de manera automática, lo que se puede observar en la cinta de componentes en la pestaña de simulación:

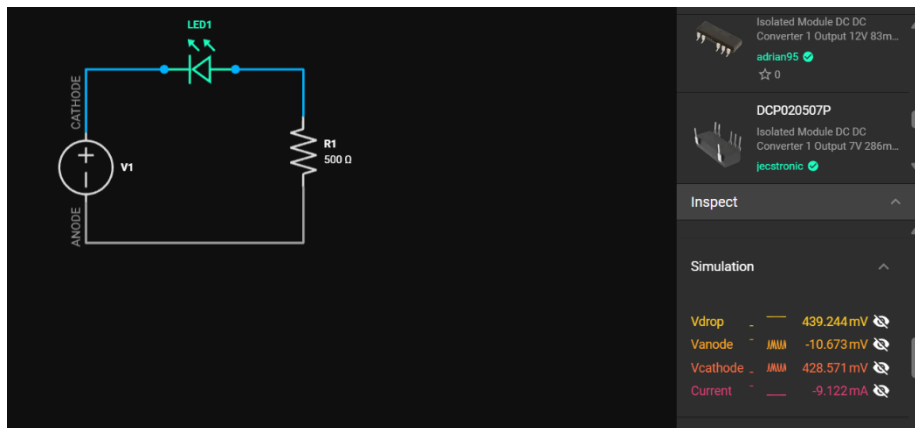


Ilustración 4.55 Simulación del circuito diseñado en Flux.ai (Elaboración propia)

Nota: el uso de Copilot AI puede hacer componentes, sugerencias y revisión del circuito:

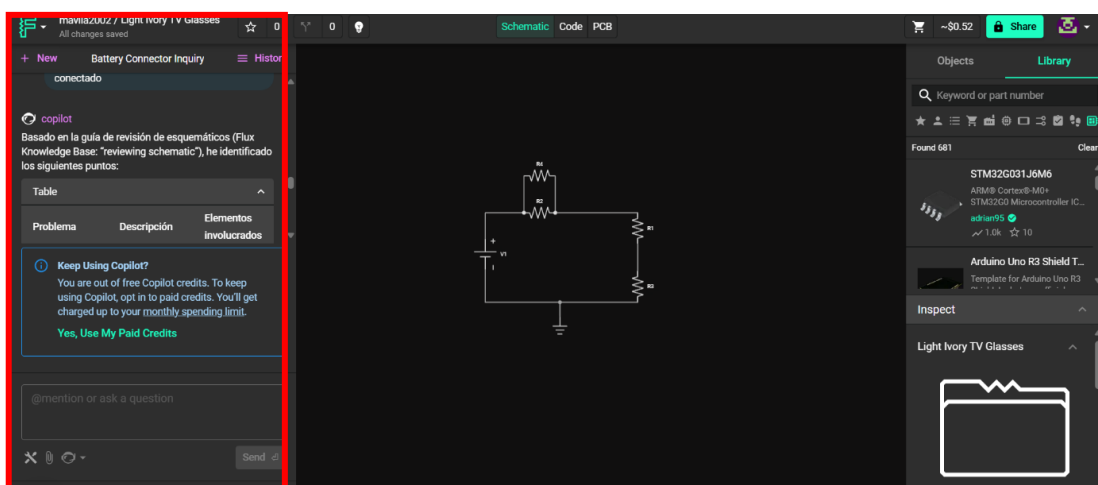


Ilustración 4.56 Copilot AI de Flux.ai (Elaboración propia)

Sabías que...



La inteligencia artificial presente en los simuladores

La plataforma flux.ai, incorpora dentro de sus funciones un módulo de inteligencia artificial para diseñar circuitos electrónicos. acorde a los requerimientos del usuario (BeCircuit,2023).

Preguntas de reflexión



- ¿Cuál de los simuladores revisados te parece más apropiado para ti?
- ¿Cuál de los simuladores estudiados te parece el más complicado para tu uso?
- ¿Cuál será el simulador que utilizan los fabricantes de microcontroladores?

Refuerza tus conocimientos



- Darío, E. A. (2016). *"Diseño e Implementación de un módulo didáctico con la aplicación de los software Multisim y Pspice como herramientas de simulación y verificación en el Laboratorio de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, Año 2015.* La Maná.
- Fonseca, J. D. (2009). *Enseñando electricidad básica con Crocodile Clips. Innovación y experiencias educativas.*
- Lozano, J. (2017). *Software Dedicado al análisis y simulación de circuitos eléctricos para la docencia universitaria.*
- Martín, J. (2018). *Documentación/tutorial multimedia del Simulador Multisim(módulos digitales).* Madrid.
- QUCS Team. (2014). *QUCS help Documentation.*
- Rossano, V. (2013). *Proteus VSM (Primera ed.).* Buenos Aires.
- Tinkercad. (2019). *Tinkercad | From mind to design in minutes.* Tinkercad. <https://www.tinkercad.com>

- Sabri, S. (2025). *Online Circuit Simulator for STEM Education* - DCACLab. DCACLab. <https://dcaclab.com/es/home>
- Falstad, P. (2019). *Circuit Simulator Applet*. Falstad.com. <https://www.falstad.com/circuit/>
- EasyEDA - *Simulador de circuitos y diseño de circuitos impresos online*. (n.d.). Easyeda.com. <https://easyeda.com/es>
- *LiveWire para Windows—Descarga gratis en Uptodown*. (2023). <https://livewire.uptodown.com/windows>
- *Kit de Construcción de Circuitos CA - Laboratorio Virtual*. (s. f.). PhET. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>
- *CircuitLab | Editing «Welcome to CircuitLab»*. (s. f.). <https://www.circuitlab.com/editor/#?id=7pq5wm&from=homepage>

Referencias bibliográficas

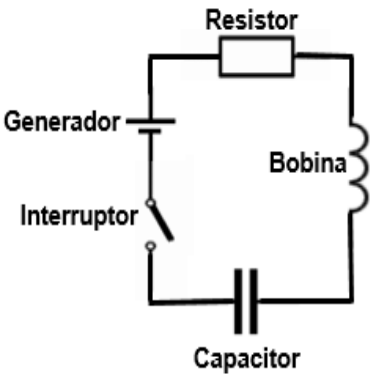
BeCircuit. (18 de septiembre de 2023). *Primeros pasos en Flux ai—Diseño de circuitos electrónicos desde cero* [Archivo de YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=qOHw6rgWC9U>

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Ejercicios propuestos

Cap.1

1) Observe el circuito eléctrico y conteste las siguientes preguntas:



- a) ¿Cuántos elementos de control hay en el circuito?
- b) ¿El interruptor, capacitor y bobina son elementos pasivos?

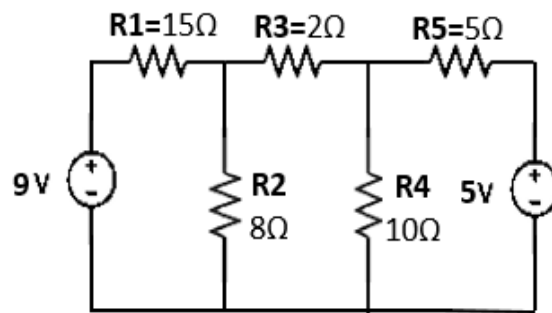
2) Indique si el elemento propuesto es activo o de control y justifique su respuesta.



3) Coloque la simbología que corresponde a cada componente eléctrico.

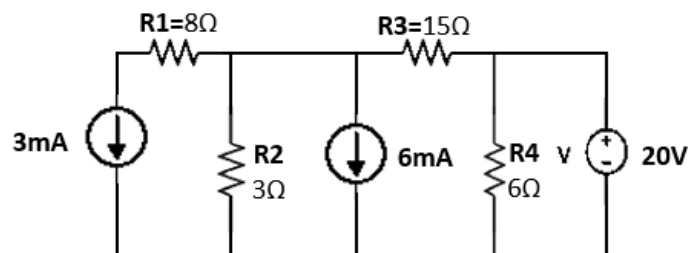
Elemento	Simbología
	
	
	
	

4) De acuerdo al circuito mostrado, subraye los literales correctos:



- a) El circuito tiene 2 ramas principales.
- b) El circuito está formado de 3 nodos primarios.
- c) El circuito posee cuatro mallas.
- d) En el circuito hay dos lazos.

5) En el siguiente circuito determine el número de nodos, mallas, lazos y ramas:



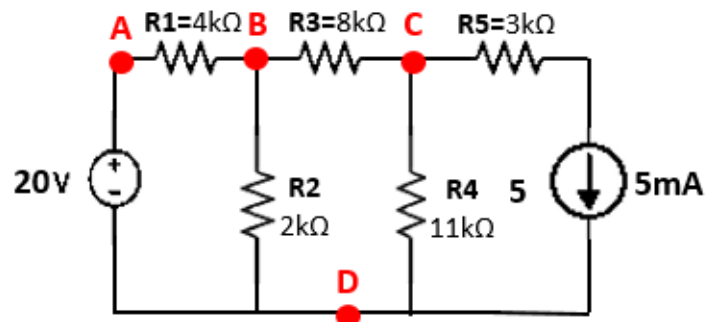
Nodos: _____

Ramas secundarias: _____

Mallas: _____

Lazos: _____

6) En base al circuito indicado responda las preguntas:



- a) ¿Cuántas ramas principales hay?
- b) ¿El recorrido desde los nodos A - B forma una malla?
- c) ¿Cuántos lazos tiene el circuito?

Ejercicios propuestos

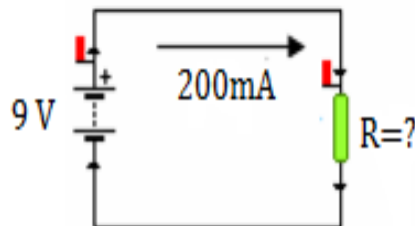
Cap.2

- 7) Realizar la conversión de 100mA a amperes.
- 8) Determine la potencia eléctrica que entrega una pila a una resistencia $R = 78\Omega$, con una corriente $I = 0.55 A$ que fluye a través de ella.
- 9) Calcule la potencia eléctrica de un foco alimentado a un voltaje de 120voltios, con una resistencia eléctrica de 15 ohmios.
- 10) ¿Cuál es la potencia eléctrica que se disipa en una bombilla alimentada a un voltaje de 180 voltios y por la que pasa una intensidad de corriente de 3 amperios?

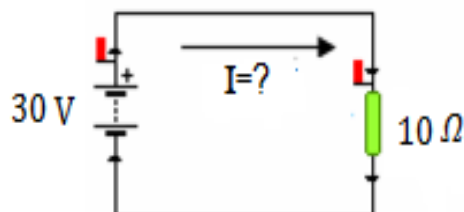
Ejercicios propuestos

Cap.3

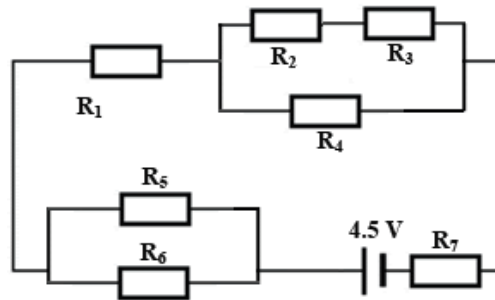
- 11) Un reloj eléctrico requiere 4A a 180V. Halle su resistencia.
- 12) Calcular la resistencia del siguiente circuito:



- 13) En base al circuito del ejercicio anterior, calcular la resistencia cuando el voltaje sea 12 v.
- 14) Calcular la intensidad de la corriente que alimenta a una plancha que tiene una resistencia de 10 ohmios y un voltaje de 30 V.

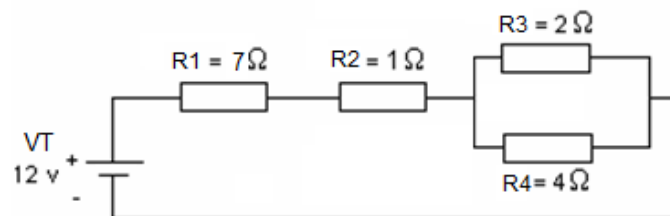


15) Observe el siguiente circuito eléctrico y conteste las siguientes preguntas:



- ¿Cuántas resistencias hay en el circuito?
- ¿A qué tipo de circuito eléctrico pertenece?

16) ¿Cuál es la resistencia equivalente del siguiente circuito eléctrico?



- 1.33Ω
- 9.33Ω
- $0.33 \text{ k} \Omega$
- -9.33Ω

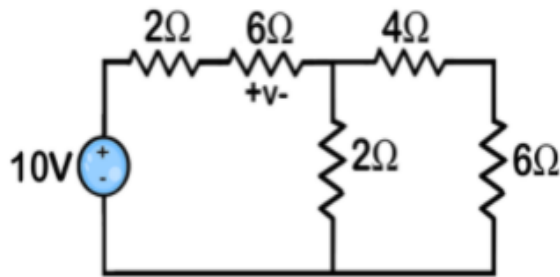
17) Responda las siguientes preguntas:

- ¿Qué es un divisor de corriente?

- ¿Cómo deben estar conectadas las resistencias para aplicar un divisor de voltaje?

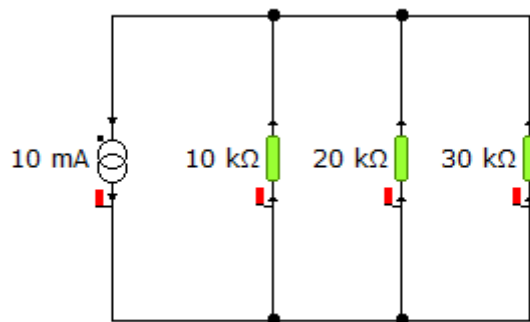
- ¿Cómo deben estar conectadas las resistencias para aplicar un divisor de corriente?

19) ¿Cuál es el voltaje en la resistencia que tiene indicada su polaridad de voltaje?



- a) 10.45 V
- b) 4.50 V
- c) 6.20 V
- d) Ninguna de las anteriores.

20) Aplique divisor de corriente para calcular el valor de la corriente que circula por la resistencia de 20 KΩ, en el siguiente circuito.



Ejercicios propuestos

Cap.4

21) Responda las siguientes preguntas:

a. ¿Qué es un circuito eléctrico simulado?

b. ¿Cuál es la finalidad del uso de los simuladores eléctricos?

22) Describa 2 ventajas del uso de simuladores eléctricos

23) Seleccione la respuesta correcta: ¿Con que nombre también es conocido el simulador de circuitos eléctricos QUCS?

- a. Quite Universal Circuit Simulator
- b. Quite University Simulat
- c. Quick Universal Circuit Simulator
- d. Ninguna de las anteriores

24) ¿Escriba 3 características sobre el simulador eléctrico MULTISIM?

25) ¿Cuáles son las herramientas que específicamente tiene Proteus?

- a. Isis, Ares, Porspice, VSM
- b. Resistores, Capacitores, Conductores
- c. Ares, Dispace, MSG
- d. Asis, VSM, Resistores

26) Diseña un circuito eléctrico en Crocodrile, que tenga las siguientes características:

- a. 3 resistores en Serie
- b. Una fuente de voltaje
- c. Voltímetro en cada una de las resistencias.

Solucionario

1. a) 1; b) No, el interruptor es un elemento de control y el resistor y la bobina son pasivos.
2. Elemento de control
3. Respuesta propia
4. a, b
5. Nodos: 4; Ramas secundarias:5; Mallas: 4; Lazos: 10
6. a) 2, b) No, c) 6
7. $I = 0.1 \text{ A}$
8. $P = 23.595 \text{ W}$
9. $P = 0.96 \text{ kW}$
10. $P = 0.54 \text{ kW}$
11. $R = 45 \Omega$
12. $R = 45 \Omega$
13. $R = 60 \Omega$
14. $I = 3 \text{ A}$
15. a) 7; b) Circuito mixto
16. b
17. Respuesta propia
18. Respuesta propia
19. c
20. 2.73 mA
21. Respuesta propia
22. Respuesta propia
23. a
24. Respuesta propia
25. a
26. Respuesta propia



Johnny Paúl Novillo Vicuña

de nacionalidad ecuatoriana, es Ingeniero Eléctrico por la Universidad de Cuenca, Magister en Educación Superior por la Universidad Tecnológica San Antonio de Machala, y Magíster en Electrónica y Automatización por la Universidad Tecnológica Israel. Cuenta con una experiencia de más de 20 años en el campo de la docencia, tiempo durante el cual, se ha desempeñado como profesor en el Instituto Superior Tecnológico El Oro, Universidad Tecnológica San Antonio de Machala; y en la actualidad se desempeña como profesor e investigador titular en la Universidad Técnica de Machala, en la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, donde dicta la asignatura de redes eléctricas y otras relacionadas con el área de la electrónica. ORCID: 0000-0002-4915-3441.

Correo: jnovillo@utmachala.edu.ec



Freddy Jumbo Castillo

ORCID: 0000-0002-5200- 7162. Correo: fjumbo@utmachala.edu.ec. Filial: Universidad Técnica de Machala. Es Ingeniero en Sistemas, Máster Universitario en Inteligencia Artificial, Magister en Ciencia de Datos Aplicada, Master of Science (Geographical Information Science & Systems) y Magíster en Educación Superior. Actualmente se desempeña como docente en la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Técnica de Machala. A lo largo de su trayectoria profesional ha participado en múltiples proyectos de investigación y vinculación con la sociedad, centrando su trabajo en la aplicación de soluciones tecnológicas innovadoras y en la formación de profesionales íntegros, con sólidos principios éticos y compromiso social. Su sólida formación interdisciplinaria, junto con su experiencia en el ámbito universitario, le permite aportar de manera significativa al fortalecimiento del ecosistema tecnológico y educativo tanto a nivel institucional como regional.

ISBN: 978-9942-53-115-5



Compás
capacitación e investigación