



Componente formativo

Cálculo y medición de magnitudes eléctricas y electrónicas

Breve descripción:

Comprender las magnitudes eléctricas permite tener un acercamiento al mundo de la electrónica; tal como un electrón cruza a través de los conductores, encontrando resistencia y transportando la corriente eléctrica, alimentándose del voltaje, y permitiendo la energía para que el circuito eléctrico tenga la potencia de trabajo.

Área ocupacional:

Industria

Junio 2023

Tabla de contenido

Introducción.....	3
1. Mediciones de acuerdo con procedimientos técnicos y especificaciones del fabricante.....	4
1.1. Mediciones e instrumentos de medición	6
1.2. Magnitudes eléctricas y electrónicas	10
2. Protocolos de pruebas	19
Síntesis	21
Material complementario	22
Glosario	23
Referencias bibliográficas	24
Créditos.....	25

Introducción

Antes de ingresar en materia de contenidos, es importante conocer el porqué de la importancia de la electrónica y su nacimiento. La siguiente infografía es un repaso de la historia y evolución de la misma.

Video 1. *Calculo y medición de magnitudes eléctricas y electrónicas.*



[Enlace de reproducción del video](#)

Video 1. Síntesis del video: Calculo y medición de magnitudes eléctricas y electrónicas: Introducción.

El video describe lo que se entiende por circuito eléctrico, este es una colección de dispositivos eléctricos en la que se pueden encontrar, entre otros, fuentes de voltaje y de corriente, resistencias, inductores, capacitores, transistores, amplificadores y transformadores, interconectados de varias maneras. El diagnóstico de circuitos electrónicos se realiza mediante el cálculo y la medición de las magnitudes eléctricas y electrónicas, revisando las características físicas de los componentes.

Un circuito eléctrico se puede entender como una colección de dispositivos eléctricos en la que se pueden encontrar, entre otros, fuentes de voltaje y de corriente, resistencias, inductores, capacitores, transistores, amplificadores y transformadores, interconectados de varias maneras.

El diagnóstico de circuitos electrónicos se realiza mediante el cálculo y la medición de las magnitudes eléctricas y electrónicas, revisando las características físicas de los componentes.

Las magnitudes son propiedades que pueden ser medidas; entre ellas, la longitud es la medida básica, luego están el tiempo y la velocidad. En los circuitos eléctricos y electrónicos, básicamente se miden la corriente, el voltaje y la resistencia, a partir de cuya interacción se conforma el triángulo de Ohm. También se pueden medir otras magnitudes, como son la potencia o la conductancia.

En este componente formativo, se aborda el estudio del cálculo y la medición de magnitudes eléctricas y electrónicas.

Para la elaboración de este componente, se abordaron varios autores conocidos en cálculo y medición de magnitudes eléctricas y electrónicas, de quienes se han citado y referenciado conceptos y ejemplos para los fines educativos de esta materia, en el entendido de que el conocimiento es social y, por lo tanto, es para ser usado por quienes necesitan adquirirlo. Se espera que este documento sea útil para todos, aprendices y lectores en general, que estén interesados en acercarse a asuntos básicos del desarrollo de productos electrónicos.

1. Mediciones de acuerdo con procedimientos técnicos y especificaciones del fabricante

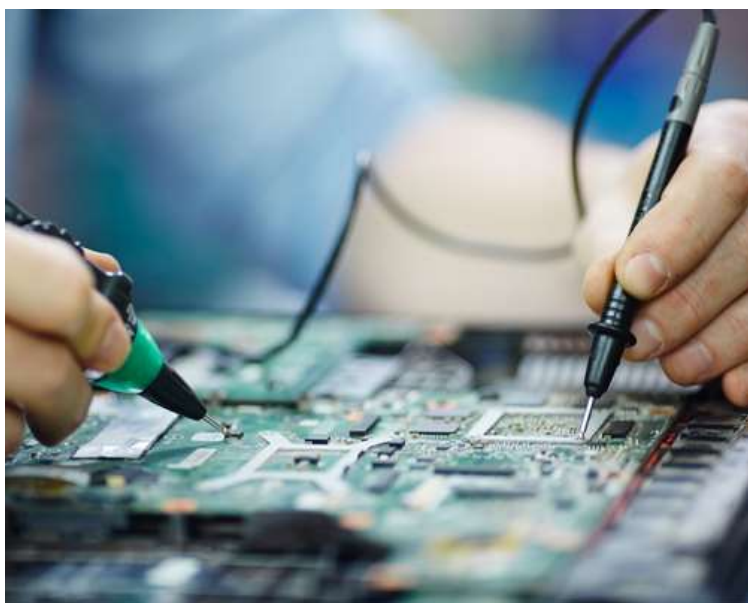
Para entender el funcionamiento de los circuitos eléctricos y electrónicos, es importante reconocer las características eléctricas de sus componentes para, posteriormente, entender cómo es su diseño. Las magnitudes se pueden medir a través de diferentes equipos, entre ellos el multímetro.

Las mediciones de los circuitos eléctricos y electrónicos son básicas y serán detalladas más adelante en el estudio de las características físicas de los componentes; sin embargo, cuando los circuitos hacen parte de una tarjeta o de un equipo, se deberán tener en cuenta procedimientos, protocolos y especificaciones definidas por el respectivo fabricante.

Existen dos sistemas comúnmente usados: el sistema métrico internacional y el sistema inglés/americano.

Cada fabricante establece unos parámetros de revisión para sus equipos, si las medidas dan por fuera de los límites establecidos, se deberá aplicar la recomendación que el fabricante emita ante esa situación, como calibración de equipo, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, o disposición final por deterioro total o difícil recuperación.

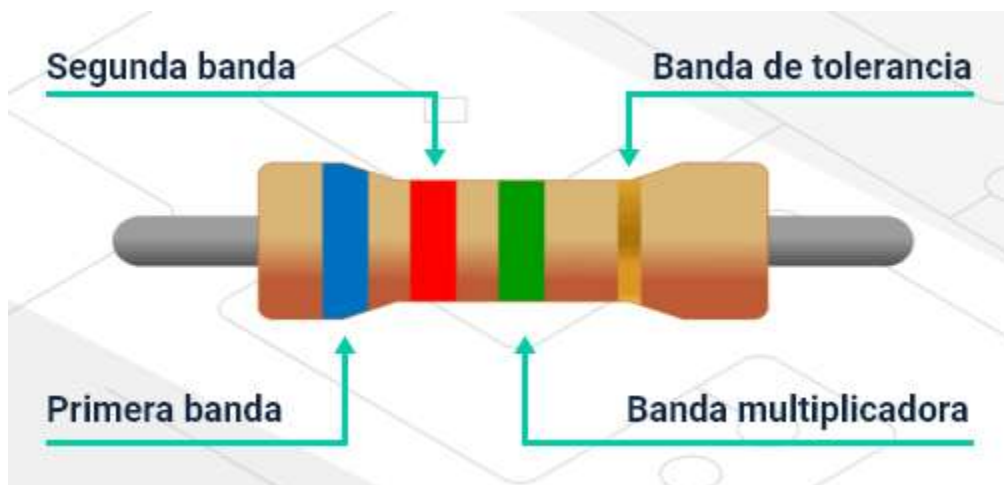
Imagen 1. *Mediciones de Circuitos*



Las especificaciones del fabricante están basadas en los elementos utilizados y sus respectivas características técnicas, incluyendo tipo de materiales, color, construcción, detalles, combinaciones, temperatura utilizada, confiabilidad y resistencia a

diferentes factores; de acuerdo con estas especificaciones, la medición de los componentes y/o equipos afecta.

Figura 1. Resistencia



Un ejemplo común son las resistencias. Vienen diseñadas con porcentajes del 5, 10 y 20 por ciento de precisión, por lo cual se identifican, respectivamente, con una banda dorada, plateada y sin banda adicional. **Varios autores denominan esta banda como de tolerancia.**

1.1. Mediciones e instrumentos de medición

Las mediciones eléctricas son los métodos, cálculos, comparaciones y otras acciones que miden las magnitudes eléctricas, las cuales pueden variar desde una medida simple con un multímetro, que puede ser físico o virtual, hasta la utilización de otras propiedades físicas de los componentes del circuito, como la temperatura, presión, fuerza y/o flujo, pero en este caso se requieren de otros elementos como transductores.

Para cada magnitud se utiliza un dispositivo, tal como se representa en la siguiente figura:

Imagen 2. *Mediciones e instrumentos*



1. Magnitudes

- a. Corriente
- b. Resistencia
- c. Voltaje

También se puede usar un multímetro, porque mide estas tres propiedades; sin embargo, para la corriente, el multímetro solo mide pequeñas corrientes, de valores de mili y microamperios.

2. Equipos de medición

- a. Amperímetro
- b. Óhmetro
- c. Voltímetro

Esta, en cierta forma, es la diferencia entre circuitos eléctricos y electrónicos. Básicamente, el circuito es eléctrico siempre, pero cuando se utilizan bajas cantidades de corriente los llamamos circuitos electrónicos.

Existen equipos más sofisticados, que pueden medir las magnitudes de las propiedades de los circuitos eléctricos y electrónicos, como el osciloscopio, que pueden

permitir ver opciones gráficas de estas propiedades, desde el punto de vista del plano cartesiano.

Las unidades de longitud se utilizan para medir la distancia entre dos puntos, la cual puede ser un segmento, una línea recta o una curva. La unidad de distancia está determinada de acuerdo con un sistema de medidas por convención. En los orígenes de la humanidad, se utilizaron partes del cuerpo, cada país o región tenía sus propias medidas y, a menudo, una medida era diferente en cada lugar. Estas situaciones requirieron de la necesidad de un sistema métrico universal.

El primer sistema se basó en la medida de la longitud de un minuto de arco de un meridiano de la tierra, por el astrónomo y religioso francés Gabriel Mouton, en 1670. Posteriormente, durante la Revolución Francesa, en 1790, se definió el metro como la diezmillonésima parte de la distancia del Polo Norte al Ecuador, a lo largo del meridiano que pasa entre Dunkerque y Barcelona. El metro se divide en partes de 10, y es el inicio del sistema métrico decimal. Quincy, 1821.

Imagen 3. *La longitud en mediciones eléctricas y electrónicas.*



Se podría decir que la longitud es la magnitud básica y de ella se derivan otras magnitudes, por lo cual está catalogada como una magnitud física fundamental. La longitud no debe confundirse con la distancia, porque no siempre son iguales, especialmente cuando se trata de líneas curvas. La longitud está intrínseca en las medidas de las variables eléctricas y/o electrónicas, porque, de acuerdo con la distancia

entre elementos o por el tamaño de los mismos, varía la medición electrónica. Ejemplo de ello es la distancia entre placas o la longitud de una resistencia en largo o grueso.

El sistema internacional de medidas está basado en el metro, cuyo símbolo es m, tiene múltiplos y submúltiplos denominados con prefijos, siempre basados en divisiones o ampliaciones por 10. **El metro, actualmente, se define como la distancia que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de 1/299.792.458 de segundo.**

Imagen 4. *Sistema internacional de medidas*



a. 1793

El sistema internacional de medidas, conocido actualmente como SI (formalizado en 1960), fue concebido en Francia por la necesidad de comunicación entre los sistemas locales de medición, difíciles de interpretar por la utilización del mismo nombre para diferentes medidas.

b. 1789-1799

Los franceses apostaron por la creación de este sistema para el mundo. Durante la Revolución popularizaron el siguiente lema "para todos los hombres y todas las épocas", iniciativa que fue apoyada por Napoleón.

c. 1832 en Adelante

Posteriormente, fue adoptado por los Estados de Europa y América, a finales del siglo XIX, y a principios del siglo XX, por la Unión Soviética y Japón.

El sistema métrico internacional es gobernado por la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), creada en 1955, y se ocupa de la armonización internacional de esas legislaciones.

Existen otros sistemas de medidas, como el sistema anglosajón, también conocido como sistema inglés, y el sistema náutico. Para este programa, se utilizará el sistema internacional de medidas y medidas físicas que hacen parte del mismo.

El sistema anglosajón es utilizado en países de habla inglesa y presenta algunas diferencias entre la utilización en los Estados Unidos y el Reino Unido, pues no está basado en un acuerdo internacional ni tiene un control supranacional, y fue inicialmente conocido como sistema imperial.

1.2. Magnitudes eléctricas y electrónicas

Las magnitudes eléctricas y electrónicas consisten básicamente en corriente, voltaje (tensión) y resistencia. Se relacionan con fórmulas matemáticas, basadas en leyes de relaciones de la naturaleza, por lo general, físicas, como la Ley de Coulomb.

La Ley de Coulomb está determinada por la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas, que es directamente proporcional a la carga e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. Fue encontrada por Coulomb mediante la experimentación de un fenómeno que existe en la naturaleza.

Las variables eléctricas y electrónicas utilizan las fuentes de corriente y fuentes de voltaje, cuyos componentes se valoran mediante el uso de las matemáticas, en los respectivos circuitos, incluyendo teoremas como el de Thevenin y el Teorema de Norton.

A continuación, se explica cada una de ellas:

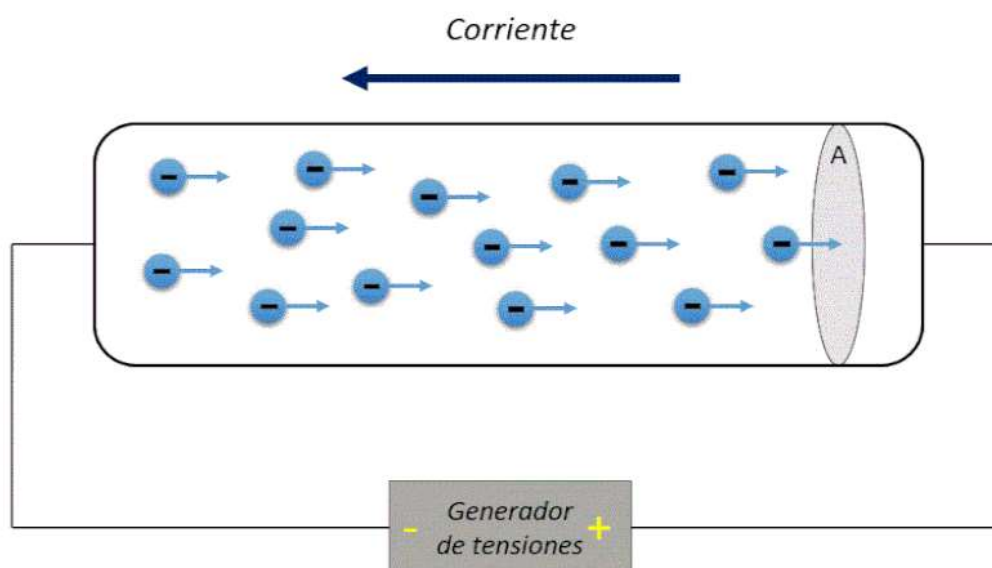
Magnitudes eléctricas y electrónicas

Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos son los que se presentan en los circuitos eléctricos, como la corriente, la resistencia, el voltaje, la potencia, entre otros, al igual que en los dispositivos electrónicos que utilizamos comúnmente en el hogar o la oficina y los manejados en la industria. Comprender estos conceptos hace más fácil el aprendizaje virtual y la aplicación en el trabajo.

Se basan en la conducción de la corriente mediante las cargas positivas y negativas de los electrones. Las cargas están en reposo, pero, al reaccionar, se ponen en movimiento y producen la corriente eléctrica, generando las diferentes clases de parámetros eléctricos.

Figura 2. *Esquema de corriente eléctrica*



Nota: Tomado de Wilson15b. (2020)

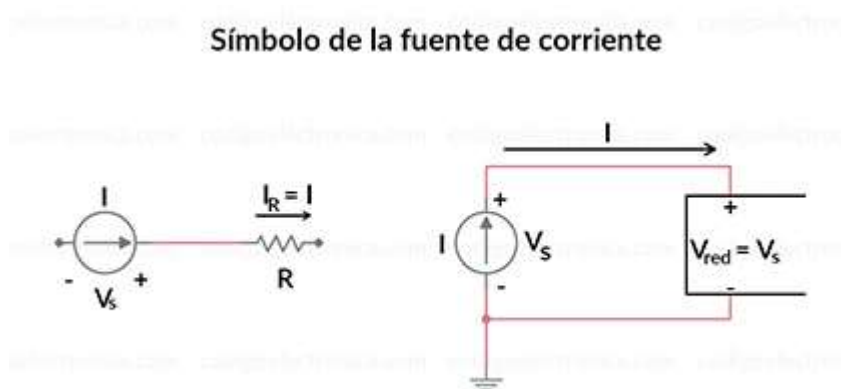
1. Corriente

La corriente se define como la rapidez de flujo de la carga, esto es:

$$I(t) = dq(t)/dt$$

Las unidades de corriente culombios por segundo, C/s, se denominan amperes o amperios (A), en honor al físico francés André Ampère; pero fue Benjamin Franklin quien seleccionó como sentido de la corriente aquel en el cual fluiría la carga positiva.

Figura 3. *Gráfica de la fuente de corriente*



Nota: Tomada de Fernández (2019).

Una fuente ideal de corriente es un dispositivo que, cuando se conecta, extraerá I amperios de la terminal 2 y empujará amperios hacia la terminal 1 (y viceversa, si la flecha señala en el sentido opuesto). La cantidad de corriente producida por una fuente ideal será función del tiempo.

En los circuitos, se presenta corriente directa CD, o continua CC, (DC, por las siglas en inglés) y corriente alterna CA (AC, por las siglas en inglés). Teniendo en cuenta el origen de la corriente, según la fuente de poder, se usa una batería para la corriente directa y para la energía alterna, la cual normalmente varía la frecuencia o su señal senoidal en 60 Hertz.

Los divisores de corriente son dispositivos utilizados para repartir la corriente entre resistencias en paralelo de un circuito y están fundamentados en la Ley de Kirchhoff.

2. Voltaje

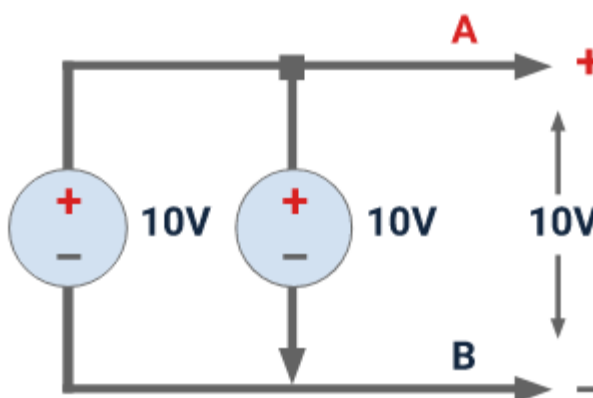
El voltaje es producido por una fuente de voltaje o diferencia de potencial de voltios entre sus terminales, sin importar a qué esté conectada. La cantidad de voltaje (v) puede ser un número positivo o negativo; este último se da cuando es producida por una fuente de voltaje alterna (como, por ejemplo, el suministro de energía eléctrica residencial o comercial

de las ciudades). El voltaje es positivo cuando se refiere al producido por una fuente de voltaje directa.

El voltaje también es conocido como tensión o caída de tensión, debido a la polarización, y es muy utilizado en el diseño de elementos para circuitos electrónicos, en unión con el tema de corriente inversa, el cual se refiere a la corriente con polarización diferente a la de la tensión, y es adicionada con la corriente producida térmicamente y la corriente superficial de fugas.

La tensión a partir de la cual la corriente empieza a incrementar rápidamente se denomina tensión de umbral del diodo, que es igual a la barrera de potencial.

Figura 4. *Gráfica de fuente de voltaje*



Nota: Tomado de Tutoriales de electrónica básica (2019).

La Ley de Kirchhoff de los voltajes indica que, si se recorre cualquier ciclo de un circuito, en cada instante de tiempo, la suma de los voltajes de una polaridad es igual a la suma de los voltajes de la otra polaridad.

3. Resistencia

Como ya hemos hablado de corriente y voltaje, en su relación aparece la resistencia, cuya unidad (voltios por amperio) se denomina ohm, denominada así en honor al físico alemán Georg Ohm, y se representa por medio de la letra mayúscula omega (Ω) del alfabeto griego.

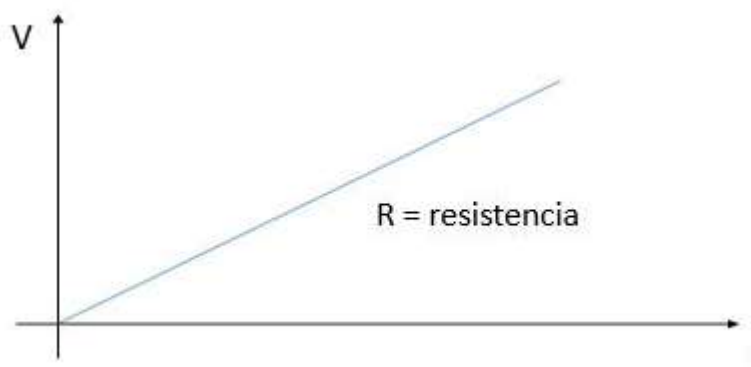
Si la corriente $i(t)$ es siempre directamente proporcional al voltaje, para cualquier función $v(t)$, entonces el material se denomina resistor lineal o simplemente resistor. Dado que el voltaje y la corriente son directamente proporcionales para un resistor, existe una constante de proporcionalidad R , a la que se denomina resistencia, tal que:

$$v(t) = Ri(t)$$

Dividiendo ambos miembros de esta ecuación entre $i(t)$, se obtiene:

$$R = v(t)/i(t)$$

Figura 5. Gráfica representativa de la resistencia.



Nota: Tomada de Julián (s. f.).

Una resistencia de cero ohmios equivale a una fuente ideal de voltaje cuyo valor es cero voltios, siempre que la corriente circulante sea finita. Esta situación se denomina corto circuito. Una resistencia de valor infinito, equivale a una fuente ideal de corriente cuyo valor es cero amperios y se denomina circuito abierto.

4. Potencia

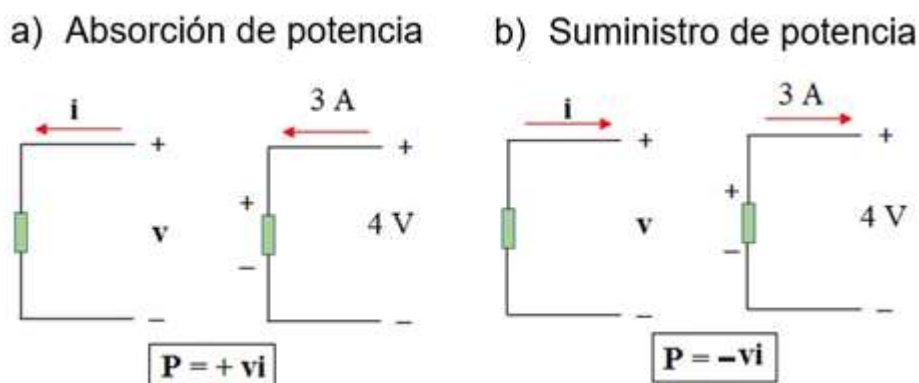
Cuando los electrones fluyen a través de un resistor, desde un potencial dado hasta un potencial más alto, la corriente fluye de un potencial dado a uno más bajo. La diferencia de potencial, o voltaje, es una medida del trabajo realizado por una unidad de carga, julios por culombios. Para obtener una corriente a través de un elemento, se requiere de una cierta

de cantidad de energía o trabajo, la cual es absorbida por el elemento. Si se toma el producto del voltaje (energía por unidad de carga) y la corriente (carga por unidad de tiempo), se obtiene una cantidad que mide energía por unidad de tiempo. Esta situación física se conoce como potencia, definida $p(t)$, potencia instantánea absorbida por un elemento, como el producto del voltaje y la corriente.

$$p(t) = v(t) i(t)$$

La unidad de potencia (julios por segundos) se denomina watt, en inglés, o vatios.

Figura 6. Potencia absorbida por un elemento.



Nota: Tomada de Acosta (s. f.).

a) Absorción de potencia

b) Suministro de potencia

En atención a que la potencia absorbida en un elemento dado puede ser una cantidad positiva o negativa, dependiendo de la relación entre el voltaje y la corriente del elemento dado, puede expresarse que el elemento absorbe vatios, o en forma equivalente, suministra o entrega vatios.

5. Continuidad

En matemáticas, una función continua es aquella para la cual, intuitivamente, para puntos cercanos del dominio se producen pequeñas variaciones en los valores de la función;

aunque en rigor, en un espacio métrico como en variable real, significa que pequeñas variaciones de la función implican que deben estar cercanos los puntos (Wikipedia, 2021).

Las medidas de continuidad eléctrica se pueden medir a través del polímetro o multímetro; también pueden ser medidas con un óhmetro, que mide resistencia o continuidad, pues en cierta forma la continuidad es una propiedad contraria a la resistencia y muestra que el circuito está cerrado.

Al hablar de continuidad, es importante tener en cuenta que los metales se caracterizan por la conducción y que el mejor conductor es el oro, seguido por la plata y el cobre; al ser los dos primeros de alto costo, por lo general, los circuitos electrónicos están diseñados con cobre.

6. La Ley de Ohm

La Ley de Ohm es una ley básica pero muy importante para la comprensión de los conceptos de los circuitos electrónicos.

Fue Georg Simon Ohm, físico y matemático alemán, quien descubrió que si un resistor R tiene un voltaje $v(t)$ aplicado y una corriente $i(t)$ que lo recorre, entonces, si uno es la causa, el otro es el efecto, definiendo la siguiente ecuación:

$$v(t) = Ri(t)$$

A esta ecuación se le denomina Ley de Ohm y a partir de ella se deduce:

$$R = v(t)/i(t) \text{ e } i(t) = v(t)/R$$

Se debe tener en cuenta que el sentido de las corrientes y la polaridad de los voltajes tienen importancia fundamental al escribir la Ley de Ohm; el sentido negativo se puede cambiar, cambiando la dirección de la corriente.

La Ley de Ohm también es utilizada para deducir la impedancia de los circuitos con inductores.

$$Z(j\omega) = v(j\omega)/i(j\omega)$$

7. Ley de Watt

Del producto del voltaje (energía por unidad de carga) por la corriente (carga por unidad de tiempo) se obtiene una cantidad que mide energía por unidad de tiempo, la cual se conoce como potencia. Por esta razón, se define $p(t)$ como la potencia instantánea absorbida por un elemento, y es equivalente al producto del voltaje por la corriente.

$$p(t) = v(t) i(t)$$

La unidad de potencia (julios por segundo) se denomina watt, abreviada W, en honor al inventor escocés James Watt.

Como en el caso de la Ley de Ohm, cuando se emplee la fórmula para la potencia absorbida se debe siempre estar consciente tanto de la polaridad del voltaje como de la dirección de la corriente.

Igual aplicación se da para la impedancia Z en los circuitos con inductores.

La Ley de Watt hace referencia a la potencia eléctrica de un componente electrónico o un aparato y se define como la potencia consumida por la carga, es directamente proporcional al voltaje suministrado y a la corriente que circula por este. La unidad de la potencia es el watt. El símbolo para representar la potencia es “P” (Mecatrónica LATAM, 2021).

Para encontrar la potencia eléctrica (P), se pueden emplear las siguientes fórmulas:

Conociendo el voltaje y la corriente:

$$P = V \times I$$

Conociendo la resistencia eléctrica y la corriente:

$$P = R \times I^2$$

Conociendo el voltaje y la resistencia eléctrica:

$$P = V^2/R$$

En las anteriores fórmulas, únicamente se sustituyeron las incógnitas correspondientes, empleando la fórmula de la ley de Ohm.

Influencia de la estática

El término electricidad estática se refiere a la acumulación de un exceso de carga eléctrica (positivas o negativas) en un material conductor o aislante. Los efectos de la electricidad estática son familiares para la mayoría de las personas, porque pueden ver, notar e incluso llegar a sentir las chispas de las descargas que se producen cuando el esfuerzo de carga del objeto cargado se pone cerca de un buen conductor eléctrico (como un conductor conectado a una toma de tierra) u otro objeto con un exceso de carga pero con la polaridad opuesta.

La electricidad estática se produce por la acumulación de cargas en una zona del material. Los materiales cargados, para volver a su condición de equilibrio eléctrico, necesitan descargarse; esto hace que pueda producirse una descarga eléctrica cuando dicho objeto se pone en contacto con otro.

Cuando se carga un material, se está acumulando carga en una región del mismo. La forma más sencilla de cargar la materia es por frotamiento. Entonces, si el material adquiere una carga muy elevada, los electrones pueden pasar a otro cuerpo sin necesidad de que haya un contacto físico entre ellos. En este caso, la descarga eléctrica forma un arco luminoso, como puede verse en los rayos durante las tormentas.

Quizá la forma más antigua que conoció el hombre de experimentar fenómenos eléctricos fue con la fricción o frotación. La historia dice que fue Tales de Mileto quien observó dicho fenómeno al frotar un trozo de ámbar con un trozo de piel. Tras la frotación, observó que podían atraerse pequeños objetos y llamó a esa fuerza invisible elektron. Ambar (Arboledas, 2014).

Recuerde

Las magnitudes son propiedades que pueden ser medidas en los circuitos eléctricos y electrónicos. Básicamente, se mide la corriente, el voltaje y la resistencia. Ahora bien, por la

interacción de estas tres, que conforman el triángulo de Ohm, se pueden medir otras magnitudes, como la potencia o la conductancia.

2. Protocolos de pruebas

Existen varias metodologías para establecer las pruebas en circuitos electrónicos, entre ellas están las técnicas dinámicas o estadísticas, que recurren a la simulación para obtener las actividades de un circuito. También existen los métodos estáticos, que calculan la actividad de un circuito sin utilizar la simulación, mediante la técnica del análisis, por lo cual son llamados analíticos o probabilísticos.

Los protocolos de pruebas son establecidos por los fabricantes, de acuerdo con las características de los elementos, procedimientos establecidos en la fabricación, utilización proyectada y otras referencias del respectivo fabricante, y varían de acuerdo con la complejidad del circuito o del dispositivo.

Técnicas caza de fallas (*troubleshooting*)

Las técnicas caza de fallas están diseñadas, y son necesarias, para identificar y clasificar correctamente las fallas que se presentan en un circuito electrónico o en un dispositivo. Detallan qué parte del circuito o del dispositivo está rechazando la corriente eléctrica. Se realizan medidas de las características eléctricas, como la corriente y el voltaje, para determinar la falla.

Los dos objetivos fundamentales en la verificación de la operación de circuitos electrónicos son la detección y la localización de fallas. Una falla puede ser definida como cualquier anomalía que se presenta en el circuito y que causa el funcionamiento inadecuado del mismo. El método de verificación para detección de fallas consiste en averiguar si existe o no una falla en el circuito bajo comprobación. Los tipos de fallas que pueden encontrarse en un circuito digital son muy variados. Los niveles de tensión del circuito pueden ser inadecuados, interconexiones abiertas o en cortocircuito, etc. (Cuervo, 2004).

Se presentan problemas en todos los circuitos; por esta razón, las técnicas de caza de fallas son de alto uso para probar los equipos o para prevenir daños superiores o mayores y especialmente para solucionar un problema.

Verificación del listado de errores del fabricante

El listado de errores del fabricante es proporcionado para facilitar a los clientes la solución a problemas y encontrar fácilmente la falla del circuito o del dispositivo. Están basados en las autopruebas en fábrica con técnicas caza de fallas y en la información de los propios clientes que reportan al fabricante.

Los listados de errores del fabricante son publicados frecuentemente en las respectivas páginas web o entregados en los manuales de los equipos o dispositivos electrónicos. Algunos fabricantes codifican su respectivo listado de errores.

Reporte de diagnóstico

El reporte de diagnóstico se utiliza para registrar adecuadamente las fallas y que pueda servir para solucionar el caso del reporte, pero también para el análisis del equipo e inclusión en el listado de errores del fabricante, si es un error o falla que le compete.

Los reportes de diagnóstico se pueden registrar en formatos como listas de chequeo o en formularios en línea que almacenan directamente la información.

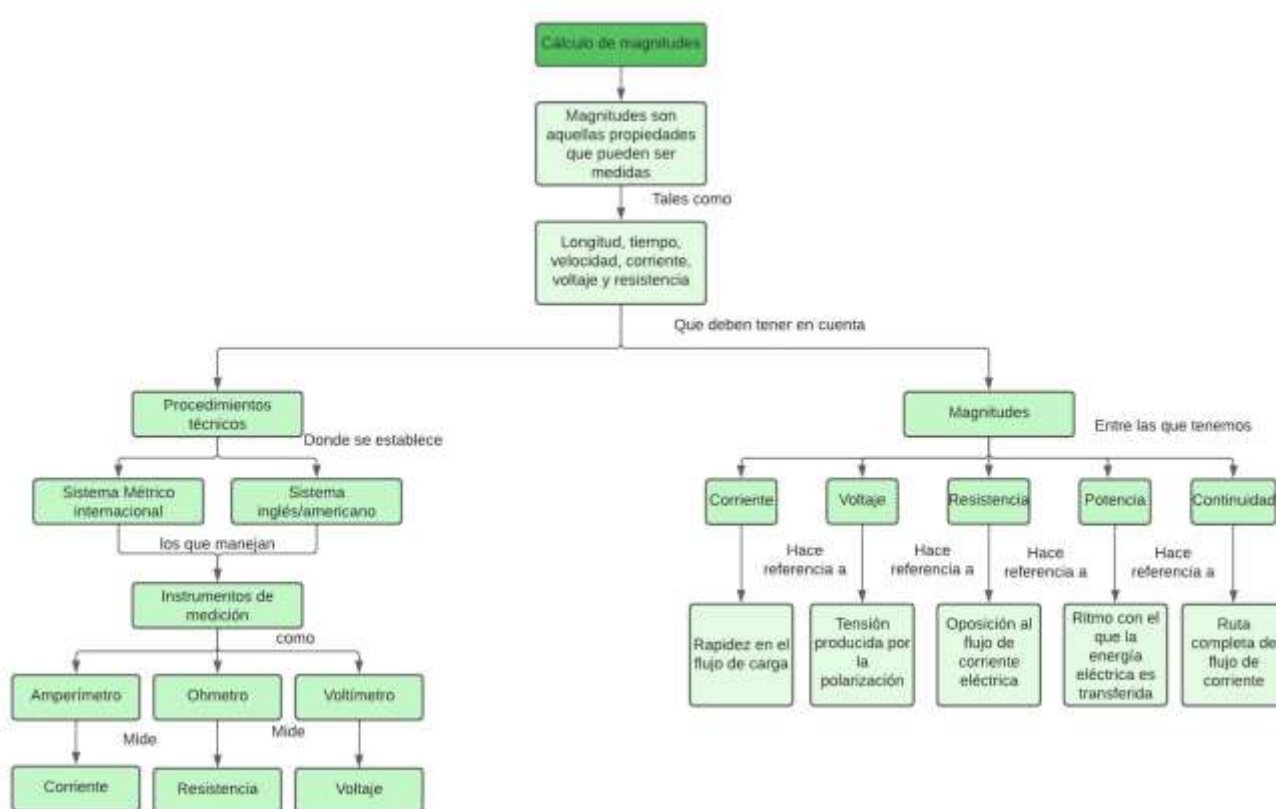
En el diagnóstico se puede detectar la causa de la falla, el tipo de falla o error, si es por operación del usuario, si hay problemas de tiempo, temperatura, efectos ambientales o eléctricos, fallas de potencia o energía. **El reporte del diagnóstico debe llevar información sobre la recolección de datos, localización del problema, operación del mantenimiento preventivo o correctivo y pruebas de verificación de la solución.**

Síntesis

La síntesis del componente formativo está desarrollada en torno al concepto de cálculo de magnitudes. En la parte inicial y central se encuentra el concepto de magnitud y algunas de las más utilizadas. Esta rama se divide en dos subramas: La primera que hace referencia a los procedimientos técnicos y la segunda sobre las magnitudes. Para la primera subrama se desarrollan temas como los tipos de sistemas de medidas que se manejan: Sistema internacional y sistema inglés y los instrumentos que se usan para medir cada una de las magnitudes, en este caso amperímetro para corriente, óhmetro para resistencia y voltímetro para voltaje. En la segunda subrama se indican las magnitudes más relevantes para esta temática tales como: Corriente que hace referencia a la carga, voltaje a la polarización, resistencia a la corriente, Potencia a la transferencia y continuidad al flujo.

La síntesis se establece de la siguiente manera:

Imagen 5. Síntesis de la información presentada.



Material complementario

Tema	Referencia APA del Material	Tipo de material	Enlace del Recurso o Archivo del documento material
Laboratorio de circuitos electrónicos	Hernández, N., Medel, P. y Ramírez, J. (2003). Dispositivos y circuitos electrónicos. Prácticas de laboratorio. Universidad Nacional Autónoma de México.	PDF	https://es.scribd.com/document/450125254/M-Dispositivos-Circuitos-Electronicos-2020-2-pdf
Electricidad básica	Arboledas, D. (2014). Electricidad básica. RA-MA.	Libro	https://www.ra-ma.es/libro/electricidad-basica_48645/

Glosario

Amperio: unidad de corriente.

Ángstrom: el ángstrom no es una unidad del sistema internacional de medidas. Sin embargo, está considerada como una de las unidades útiles para responder a necesidades específicas de ciertos campos científicos técnicos. Es la unidad de longitud equivalente a la diez mil millonésima (10^{-10}) parte del metro. (Símb. Å).

Continuidad: facilidad de paso de la corriente.

Diferencia de potencial: caída de voltaje al paso de la corriente por un determinado resistor o resistencia.

Estática: relacionada con la física en electrónica y mecánica. En electrónica, se refiere a la energía que se almacena en elementos, y en mecánica, a elementos en quietud o sin movimiento.

Impedancia: resistencia al paso de la corriente.

Julios: unidad de energía.

Ohmios: unidad de resistencia.

Voltios: unidad de voltaje.

Referencias bibliográficas

- Acosta, A. (s. f.). Ley de Kirchhoff. Tecnología & Pedagogía.
<https://www.tecnologiaypedagogia.net/2019/10/ley-de-kirchhoff-desarrollada-por-el.html>
- Cuervo, A. (s.f.). Guías únicas de laboratorio: detección de fallas [Universidad Santiago de Cali, Departamento de Laboratorios]. Recuperado de:
<https://docplayer.es/48669388-Guias-unicas-de-laboratorio-deteccion-de-fallas-autor-alberto-cuervo-santiago-de-cali-universidad-santiago-de-cali-departamento-de-laboratorios.html>
- De la Fuente, J. M. (2019). Historia de las unidades: desde el sistema métrico decimal hasta la reciente revisión del Sistema Internacional de Unidades. e-medida, 15, 3-13. Recuperado de: <https://www.e-medida.es/numero-15/historia-de-las-unidades-desde-el-sistema-metrico-decimal-hasta-la-reciente-revision-del-sistema-internacional-de-unidades/>
- Escalona, M. (2012). Sistema métrico Sistema internacional.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=558060>
- Fernández, O. (2019). Fuente de corriente. Código Electrónica.
<http://codigoelectronica.com/blog/fuente-corriente>
- Julián, C. (s. f.). Ley de Ohm - Ejercicios Resueltos. Fisimat | Blog de Física y Matemáticas. <https://www.fisimat.com.mx/ley-del-ohm/>
- Mecatrónica LATAM. (2021). Ley de Watt.
<https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/teoria/ley-de-watt/>
- Quincy, J. (1821). A brief history of measurement systems. Report to the Congress. U.S. Department of Commerce.
<https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/05/09/NIST-SP-304A-Brief-History-Measurement-Systems-w-Color-Chart-1997.pdf>
- Tutoriales de electrónica básica. (s.f.). Electrónica básica.
<https://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/ELECTRONICA%20BASICA.htm>
- Wikipedia. (2021). Función continua.
https://es.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3n_continua

Créditos

Nombre	Cargo	Regional y Centro de Formación
Claudia Patricia Aristizabal	Responsable del Equipo	Dirección General
Norma Constanza Morales Cruz	Responsable de Línea de Producción Regional Tolima	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Andrés Aurelio Alarcón Tique	Experto técnico	Regional Distrito Capital Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones.
Gewin Alfonso Fernández Cáceres	Experto técnico	Regional Caribe Centro de Tecnología Colombo Alemán.
Miroslava González H.	Diseñador y Evaluador Instruccional	Regional Distrito Capital Centro de Gestión Industrial
Sergio Augusto Ardila Ortiz	Diseñador Instruccional	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Álix Cecilia Chinchilla Rueda	Evaluadora Instruccional	Regional Distrito Capital Centro de Gestión Industrial
Uriel Darío González Montoya	Revisión y corrección de estilo	Regional Tolima Centro Agropecuario La Granja
Viviana Esperanza Herrera Quiñones	Asesora Metodológica	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
José Jaime Luis Tang	Diseñador Web	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Francisco José Vásquez Suárez	Desarrollador Fullstack	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Junior Rodríguez Rodríguez	Storyboard e Ilustración	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios

Nelson Iván Vera Briceño	Animador y Producción Audiovisual	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Oleg Litvin	Animador	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Francisco Javier Vásquez Suarez	Actividad Didáctica	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Javier Mauricio Oviedo	Validación y vinculación en plataforma LMS	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Naranjo Farfán	Validación de Contenidos Accesibles	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios