



Introducción a Circuitos de Corriente Continua

Nicolás Beade

Estudiante Avanzado de Ingeniería Electrónica

ITBA

Índice

| | |
|---|-----------|
| Índice..... | 1 |
| Sobre Este Apunte..... | 2 |
| Capítulo 1 - Fundamentos Físicos de los Circuitos de Corriente Continua..... | 3 |
| 1.1 El átomo y la corriente: electrones, conductores y aislantes..... | 4 |
| 1.2 Magnitudes Eléctricas: Voltaje (V), Corriente (I) y Resistencia (R). El "triángulo" de la Ley de Ohm..... | 6 |
| 1.3 Baterías, diferencia de potencial y cortocircuitos..... | 8 |
| Capítulo 2 - Circuitos de Corriente Continua..... | 12 |
| 2.1 Ley de Mallas y Nodos de Kirchhoff..... | 12 |
| 2.2 Resistencias y circuitos resistivos básicos. Código de colores y tecnología de resistores..... | 14 |
| 2.3 Circuitos electrónicos básicos..... | 19 |
| 2.4 ¿Cómo puedo revisar si resolví bien un circuito? Software de Simulación y CAD.... | 24 |
| Ejercitación..... | 28 |
| Teoría..... | 28 |
| Práctica..... | 31 |

Sobre Este Apunte

Hoy en día, la presencia de la electrónica en el entorno cotidiano es innegable. Desde dispositivos de comunicación personal hasta sistemas complejos de automatización industrial y urbana, esta disciplina constituye el núcleo tecnológico de la sociedad actual. Es previsible que esta integración se profundice en los próximos años, volviendo estos conocimientos aún más relevantes. En este contexto, un muy buen punto de partida para adentrarse en el mundo de la electrónica son los circuitos de corriente continua.

El propósito de este material es brindar las herramientas necesarias para comprender los principios fundamentales que rigen este tipo de circuitos. Aun si no optás por una formación superior en Ingeniería Electrónica, el estudio de sus bases te permitirá entender un poco mejor qué hay detrás de prácticamente todos los sistemas modernos.

Este apunte no pretende explicar la totalidad de los temas relacionados con la electrónica, pues requeriría de muchísimos libros, y muchísimo tiempo de estudio. Su objetivo es servir como un marco introductorio y conceptual, cubriendo los pilares sobre los cuales se construye todo lo que sigue.

Organización del contenido

El contenido se presentará en dos núcleos temáticos, los cuales se recomienda leer en el siguiente orden:

- **Fundamentos Físicos de los Circuitos de Corriente Continua:** Bases sobre las cuales se explicarán los conceptos del capítulo siguiente. Magnitudes y principios físicos.
- **Fundamentos de Electrónica Analógica:** Estudio de circuitos de corriente continua. Mediciones de corriente y voltaje. Ejemplos.

Metodología de práctica

Al final del apunte, se presenta una sección de ejercitación dividida en teoría y práctica. Se recomienda hacer estos ejercicios a consciencia, y dentro de lo posible simularlos con el software CAD (*Computer Assisted Design*) del cual aquí se presentará su uso básico.

Capítulo 1 - Fundamentos Físicos de los Circuitos de Corriente Continua

Antes de sumergirnos en fórmulas, circuitos y componentes, es vital entender qué terreno estamos pisando. Si bien usamos la palabra "electrónica" a diario, pocas veces nos detenemos a pensar qué la diferencia de la electricidad convencional. Comencemos respondiendo entonces unas preguntas básicas que son importantes para entender el contenido que se construirá a partir de lo que se presenta en este capítulo.

¿Qué es la electrónica?

En términos sencillos, la electrónica es la ciencia encargada de controlar el flujo de electrones en un circuito eléctrico para que éste cumpla una determinada funcionalidad. Es decir, es una disciplina que se ocupa del estudio, diseño y aplicación de sistemas basados en la conducción y el control de electrones.

¿Dónde está la electrónica?

Realmente, hoy es más fácil preguntar dónde no está. Podemos encontrarla en muchísimas áreas, ya que permite crear dispositivos que procesen información y realicen tareas que un humano no puede o no debería realizar, lo cual resulta útil en un sinnúmero de aplicaciones. Como ejemplo, se mencionan a continuación algunas áreas donde la electrónica cumple un rol fundamental:

- Telecomunicaciones: Celulares, satélites, Wi-Fi y radio.
- Computación: Desde la calculadora más simple hasta los servidores que alojan internet.
- Medicina: Marcapasos, tomógrafos y dispositivos de monitoreo que salvan vidas midiendo señales eléctricas del cuerpo humano.
- Industria y Robótica: Sensores en fábricas que detectan fallas y brazos robóticos que ensamblan autos con precisión milimétrica.
- Entretenimiento: Consolas de videojuegos, televisores y sistemas de audio.
- Petróleo: Detección de fugas, localización y diagnóstico de pozos de petróleo.
- Automovilismo: Controladores de motores eléctricos, sensores de proximidad.
- Cohetería y Aeronáutica: Control de vuelo, radares, sistemas de comunicación, GPS.

¿Por qué es tan importante estudiarla?

La importancia de la electrónica radica en su capacidad para "miniaturizar la inteligencia". Esta disciplina permite fabricar circuitos que cumplan una función en específico, tal es así que se suelen diseñar sistemas con el fin de delegar tareas que un humano no puede o quiere realizar. Esto resulta particularmente útil en diversas situaciones:

- Tareas repetitivas.
- Tareas donde se requiera una respuesta muy rápida.

- Tareas que deban ser llevadas a cabo de manera ininterrumpida durante mucho tiempo.
- Tareas peligrosas.
- Tareas en lugares difíciles de acceder.
- Tareas que un humano físicamente no pueda realizar.

¿Cómo hace un circuito electrónico para hacer todas estas cosas? ¿Cómo “sabe” si hace calor o frío? ¿Realmente “piensa” un circuito? Muchas preguntas de este tipo escapan por completo del alcance de este apunte. Sin embargo, si se tiene alguna clase de interés en poder responderlas, por algún lugar se debe comenzar.

En este capítulo se estudiarán en un nivel introductorio los principios físicos que dan lugar a la conducción eléctrica. Este es el pilar fundamental sobre el que se construye toda la electrónica.

1.1 El átomo y la corriente: electrones, conductores y aislantes.

Para entender qué es la corriente eléctrica, primero debemos mirar “hacia adentro” de los materiales sobre la cual va a fluir la corriente. Todo lo que nos rodea (desde un cable hasta nuestro propio cuerpo) está formado por átomos. El objetivo no es explicar rigurosa y exhaustivamente la estructura de un átomo, sino dar una idea básica del origen de la conducción de corriente.

El átomo

Como probablemente ya hayan estudiado, un átomo está compuesto por un núcleo central que contiene protones (con carga positiva) y neutrones (sin carga), y por electrones (con carga negativa) que “se mueven” alrededor del núcleo en distintas órbitas o niveles de energía.

Desde el punto de vista de la explicación del fenómeno de la conducción eléctrica, la parte del átomo que va a resultar más importante son los electrones, ya que son las partículas que pueden moverse con relativa libertad bajo ciertas condiciones. Ese movimiento es, justamente, lo que da origen a la corriente eléctrica.

En condiciones normales, un átomo tiene la misma cantidad de protones que de electrones. Como los protones están cargados de forma positiva, y los electrones de forma negativa con la misma cantidad de carga, un átomo es eléctricamente neutro. Sin embargo, los electrones más alejados del núcleo (llamados electrones de valencia) están más débilmente ligados al núcleo y pueden desprenderse del mismo bajo ciertas condiciones, si reciben suficiente energía. En ciertas circunstancias entonces los electrones podrían moverse “libremente” dentro de cierto tipo de materiales.

Corriente eléctrica

Si bien decirlo de esta forma no es del todo riguroso, podemos decir que la corriente eléctrica es el resultado del movimiento **ordenado** de electrones a través de un material.

Es importante remarcar la palabra ordenado. En cualquier material, los electrones se mueven constantemente debido a la energía térmica, pero lo hacen de forma aleatoria. Para que exista corriente eléctrica, debe haber una fuerza que los “empuje” en una dirección preferencial. Esa “fuerza” no es realmente una fuerza per se, y proviene de una diferencia de potencial eléctrico (lo que comúnmente llamamos voltaje y medimos en volts). Esta diferencia de potencial en un circuito eléctrico es una magnitud fijada externamente por una batería, pila o fuente de alimentación.

Conductores y aislantes

No todos los materiales permiten el movimiento de electrones con la misma facilidad. Según su estructura atómica, podemos clasificarlos en:

- **Conductores:** Son materiales cuyos electrones de valencia están débilmente ligados al núcleo. Esto permite que puedan moverse con facilidad cuando se aplica una diferencia de potencial.
 - Ejemplos típicos son el cobre, el aluminio y la plata. Por eso los cables eléctricos suelen estar hechos de cobre: ofrece muy buena conducción y es relativamente económico.
- **Aislantes:** En los materiales aislantes, los electrones están fuertemente ligados al núcleo y no pueden moverse con facilidad. Aunque se aplique una diferencia de potencial, prácticamente no circula corriente.
 - Ejemplos comunes son el plástico, el vidrio, la cerámica y el aire (en condiciones normales). Por eso los cables están recubiertos de plástico: para evitar que la corriente salga del conductor y produzca descargas o cortocircuitos.

Un tercer tipo de material

En la electrónica se busca algo aparentemente simple pero profundamente poderoso: controlar el movimiento de los electrones. Si bien se presentaron los materiales conductores y los aislantes, existe un tercer tipo de material: los semiconductores.

En un conductor común, como un cable, los electrones se mueven libremente si se aplica voltaje. Pero existen materiales especiales cuyo comportamiento puede modificarse de manera controlada, lo cual permite generar que a veces se comporten como aislantes, y a veces se comporten como conductores. A partir de este concepto, se abre la posibilidad de construir componentes electrónicos que conduzcan electricidad bajo ciertas condiciones. Por ejemplo:

- Solamente si hay luz.
- Si la temperatura supera un determinado umbral.
- Si en alguna parte de un circuito hay corriente.

Estos componentes son la base a partir de la cual se construyen los dispositivos electrónicos modernos.

Conclusiones clave para las siguientes secciones:

1. La corriente eléctrica es el movimiento ordenado de electrones, y su existencia depende de la estructura atómica del material por el cual intenta circular.
2. La “fuerza” que empuja a los electrones a moverse la genera una batería al fijar una diferencia de potencial, o voltaje. Es importante recalcar nuevamente que esta no es realmente una fuerza.

En la siguiente sección comenzaremos a cuantificar este fenómeno, introduciendo las magnitudes eléctricas básicas que permiten describirlo matemáticamente.

1.2 Magnitudes Eléctricas: Voltaje (V), Corriente (I) y Resistencia (R). El "triángulo" de la Ley de Ohm.

En la sección anterior entendimos que la corriente eléctrica es el movimiento ordenado de electrones. Ahora necesitamos algo más: una forma de medir y describir ese fenómeno con números. Para eso existen tres magnitudes fundamentales en electrónica:

- Voltaje: representada por la letra V y medida en “volts” (V).
 - También se la llama diferencia de potencial; es la magnitud que impulsa a los electrones a moverse. Si retomamos la idea de la sección anterior, la corriente existe cuando hay una diferencia de potencial entre dos puntos de un material.
 - Ejemplo: 10V.
- Corriente: representada por la letra I y medida en “amperes” (A).
 - Representa la cantidad de carga (electrones) que atraviesa una sección del conductor por unidad de tiempo. Mide cuán “intenso” es el flujo de electrones.
 - Ejemplo: 5A.
- Resistencia: representada por la letra R y medida en “ohms” (Ω). Ejemplo: 15 Ω .
 - Es la magnitud que indica cuánto se opone un material al paso de la corriente. Todos los materiales presentan cierta resistencia, incluso los buenos conductores. Algunos se oponen poco (como el cobre) y otros mucho (como el plástico).
 - Ejemplo: 8 Ω .

Estas tres cantidades están íntimamente relacionadas. Comprenderlas es esencial, porque prácticamente todo circuito básico puede analizarse a partir de ellas. Una analogía que suele emplearse para explicar el fenómeno de la conducción eléctrica es la de un tanque del cual se saca agua mediante una manguera.

- Voltaje: presión del agua originada por la diferencia de altura del tanque respecto del piso.
- Corriente eléctrica: cantidad de agua que circula por la tubería por segundo y por unidad de área de la manguera.
- Resistencia: un estrechamiento en la tubería o llave de paso que reduce el caudal.
- Carga eléctrica: el agua que fluye.
- Batería o fuente eléctrica: la bomba que eleva el agua de nuevo

Es importante visualizar de la analogía que cuanto más fina sea la manguera, mayor resistencia va a tener al paso de caudal. Es por eso que para una misma diferencia de altura con el tanque, la cantidad de agua que se pueda obtener por unidad de tiempo va a ser menor.

La Ley de Ohm

Las tres magnitudes mencionadas, como se puede apreciar, no parecen ser independientes; y de hecho no lo son. Están relacionadas por una expresión fundamental conocida como Ley de Ohm:

$$V = I \cdot R$$

Esta ecuación establece que el voltaje es igual a la corriente multiplicada por la resistencia. De ella se pueden despejar las otras dos formas:

$$I = V / R$$

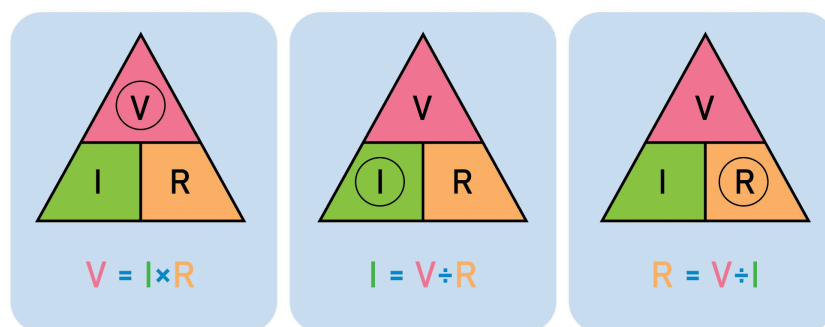
$$R = V / I$$

Esto significa que:

- Si aumenta el voltaje y la resistencia se mantiene constante, la corriente aumenta.
- Si aumenta la resistencia y el voltaje se mantiene constante, la corriente disminuye.

El “triángulo” de la Ley de Ohm

Una forma práctica de recordar estas relaciones es el llamado triángulo de la Ley de Ohm, el cual se presenta a continuación:



La regla es simple, es una herramienta mnemotécnica útil, especialmente al comenzar el estudio de estos temas. Proceder de la siguiente manera:

- Tapar la magnitud que se desea calcular.
- Si quedan dos letras una al lado de la otra → se multiplican.
- Si una queda arriba y otra abajo → se divide.
- Por ejemplo:
 - Si tapamos V → queda $I \times R$

- Si tapamos $I \rightarrow$ queda $V \div R$
- Si tapamos $R \rightarrow$ queda $V \div I$

Una observación importante

La Ley de Ohm no es una “ley universal” aplicable a cualquier componente en cualquier situación. Es válida para materiales y dispositivos que se comportan de manera lineal (como una resistencia ideal). Existen dispositivos cuya relación entre voltaje y corriente no es tan simple. La resistencia podría depender de la temperatura, de la humedad, etc.

Sin embargo, para comenzar en electrónica, entender y dominar la relación entre V , I y R es absolutamente fundamental. Además, en la gran mayoría de los casos habituales esta fórmula seguirá siendo válida.

1.3 Baterías, diferencia de potencial y cortocircuitos.

En las secciones anteriores hablamos de corriente y de voltaje como si ya existieran en el circuito. Pero surge una pregunta fundamental:

¿De dónde sale el voltaje?

¿Quién “empuja” realmente a los electrones? La respuesta corta es: una fuente de energía. La respuesta completa requiere entender qué es, en esencia, una diferencia de potencial. Entonces: ¿qué es realmente la diferencia de potencial?

El voltaje o diferencia de potencial es una medida de energía por unidad de carga. Dicho de otra manera, el voltaje indica cuánta energía tiene cada unidad de carga eléctrica en un punto respecto de otro. Si entre dos puntos hay una diferencia de potencial, significa que una carga eléctrica tendría distinta energía en cada uno de esos puntos. Esa diferencia de energía es lo que impulsa el movimiento. Una carga (en realidad cualquier sistema físico) siempre tiende a moverse hacia estados de menor energía. En un circuito, eso se traduce en el movimiento de electrones desde un punto hacia otro cuando existe un voltaje entre ellos.

Una analogía útil al pensar en diferencia de potencial, y cómo esta genera corriente, es la de cómo una diferencia de altura puede generar que un objeto aumente su velocidad. Si un punto A se encuentra a más altura que un punto B, si dejamos caer un objeto en caída libre desde A hacia B, resulta intuitivo que éste aumentará su velocidad, i.e. aumentará su energía cinética. Podemos pensar que la razón por la cual el objeto comenzó a moverse se debe a que en el punto B tendría menor energía potencial gravitatoria; análogamente, los electrones se moverán en un circuito eléctrico gracias a que hayamos impuesto una diferencia de potencial (o voltaje) externa.

Pero para que esa diferencia exista y se mantenga en el tiempo, hace falta un dispositivo que realice trabajo continuamente. Ese dispositivo es una fuente de tensión.

¿De dónde pueden surgir diferencias de potencial?

Las diferencias de potencial pueden generarse a partir del aprovechamiento de muchos fenómenos físicos y químicos. No nos adentraremos en el funcionamiento de la mayoría de ellos, pero a continuación al menos se los enumera:

- Reacciones químicas → baterías y pilas.
- Inducción electromagnética → generadores eléctricos.
- Efecto fotovoltaico → paneles solares.
- Efecto termoeléctrico → termocuplas.
- Separación de cargas por fricción → electricidad estática.

En este nivel introductorio nos concentraremos en el caso más común en electrónica básica de todas estas formas de generar diferencias de potencial: las baterías y pilas.

¿Cómo funciona una pila?

Una pila transforma energía química en energía eléctrica. Internamente está compuesta por:

- Dos electrodos (ánodo y cátodo).
- Un electrolito que permite el movimiento de iones.
- Reacciones químicas controladas.

Tomemos como ejemplo una pila alcalina típica de 1.5 V. Dentro de ella ocurren reacciones químicas que:

- Liberan electrones en el electrodo negativo.
- Absorben electrones en el electrodo positivo.
- Esto produce una acumulación de carga:
 - El terminal negativo tiene exceso de electrones.
 - El terminal positivo tiene déficit de electrones.
- Esa separación de cargas crea una diferencia de potencial eléctrico entre ambos terminales. En el caso mencionado, aproximadamente 1.5 voltios.

¿Cómo “alimenta” un circuito?

No, los circuitos no comen. Pero sí consumen energía de la fuente que proporcione la diferencia de potencial. Al acto de fijar un voltaje en un circuito habitualmente se lo denomina “alimentarlo”. En este punto, es importante entender algunas cosas clave sobre qué hace una batería:

- La batería no “empuja” electrones por sí sola en el vacío.
- Lo que hace es mantener una diferencia de potencial constante entre sus terminales.
- Cuando conectamos un circuito entre dichas terminales, recién entonces puede circular corriente.

Un circuito necesita una fuente que establezca una diferencia de potencial entre dos puntos. Esa diferencia es la condición necesaria para que exista corriente. Sin voltaje no hay corriente sostenida. La fuente realiza trabajo continuamente: toma energía de algún proceso físico (químico, mecánico, solar, etc.) y la convierte en energía eléctrica disponible para el circuito.

En un circuito eléctrico práctico, tendremos dos puntos en un circuito eléctrico donde conectaríamos los dos terminales de una pila: uno con el positivo, y otro con el negativo, al cual nos solemos referir como “masa”, “tierra” o “voltaje de referencia”.

Tierra, masa o voltaje de referencia

Un aspecto útil de la analogía entre la diferencia de potencial y la diferencia de altura que empleamos previamente es que no importa realmente el valor aislado que tenga el potencial eléctrico en el punto X y en el punto Y, y no nos importa realmente tampoco la altura que tengamos en un punto A y en un punto B. Lo que sí nos importará es la diferencia de potencial, y la diferencia de altura respectivamente. Cuando queremos saber la velocidad que adquirirá un objeto que parte del reposo en caída libre, nos preguntamos cuál es la distancia que caerá. No resulta realmente relevante que un objeto que cae 1m de altura originalmente se encuentra a 100m o 50m sobre el nivel del mar. Tras la caída, habrá adquirido la energía correspondiente a haber caído 1m. Si la altura inicial fuera otra, y cayera en su lugar desde 1m (medido con respecto al nivel del mar) a 0m, la diferencia de energía que habría adquirido sería la misma.

Notemos que el punto más bajo a fines prácticos lo podemos imaginar donde nosotros queramos, ya que lo que nos importa en realidad es la diferencia de altura entre el punto A y el punto B. Podríamos, por ejemplo, siempre tomar que B se encuentra en una posición a la que llamaremos -en el contexto del problema analizado- 0m. Similarmente, en un circuito estaremos pensando siempre en diferencias de potencial. Es por esta misma razón que con fines prácticos diremos que algún punto del circuito arbitrario tendrá 0V. En muchas aplicaciones, sobre todo aquellas con una sola batería o fuente de tensión, diremos arbitrariamente que 0V será el potencial del borne negativo del elemento que alimenta al circuito.

Cables y cortocircuitos

Una propiedad fundamental que deberemos tener en cuenta a la hora de resolver circuitos es que dos puntos unidos únicamente por un cable o conductor eléctrico ideal (es decir, cuya resistencia es nula, $R=0\Omega$) están al mismo potencial. Esto implica que la diferencia de potencial entre estos dos puntos será 0V.

Recordando la Ley de Ohm, $V = I \cdot R$, si la R fuera 0Ω y V tomara un valor distinto de 0V, entonces la corriente aumentaría hasta el infinito, lo cual es físicamente imposible. Si recordamos que la corriente mide la cantidad de carga que atraviesa un cable por unidad de tiempo, resultaría absurdo que pueda ser arbitrariamente grande, infinita. Se entiende entonces por qué la única forma en la que la Ley de Ohm físicamente se “acomoda” a que un cable tenga resistencia 0Ω , es imponiendo que los puntos conectados por metal estén a un mismo potencial

¿Y si conectamos un cable entre los dos bornes de una batería que sucede?

Cortocircuitos

Un cortocircuito ocurre cuando dos puntos que en principio están a diferente potencial eléctrico, son conectados directamente entre sí mediante un conductor, el cual como vimos previamente intenta fijar una diferencia de potencial de 0V. Consideremos una pila de 1.5V, cuyos terminales positivo y negativo los conectamos con un cable. La pila intenta imponer una diferencia de potencial de 1.5V entre sus terminales, mientras que el cable intentará imponer una diferencia de potencial de 0V. ¿Quién “gana”?

Evidentemente aparece un conflicto: una diferencia de potencial no puede tener dos valores al mismo tiempo, no puede ser simultáneamente 1.5 V y 0 V. Entonces, ¿qué sucede?

La realidad es que en la práctica un cable no puede tener una resistencia de 0Ω . Se logra hacer muy baja, pero no logra ser nula. Analizando esta situación con la ayuda de la Ley de Ohm, tenemos que $V = I \cdot R$, donde $V=1.5V$ y R es muy baja. En consecuencia, la corriente se vuelve altísima. El resultado práctico de una situación como esta puede ser:

- Calentamiento excesivo.
- Daño en la batería.
- Fusión del conductor.
- Incendio.
- Explosión en casos extremos.

Recapitulando ideas clave de la sección:

- La diferencia de potencial eléctrico es energía por unidad de carga.
- Las baterías generan esa diferencia mediante reacciones químicas.
- Dos puntos unidos por un conductor ideal están al mismo potencial.
- Un cortocircuito fuerza a que la diferencia de potencial sea nula donde una fuente intenta imponer un valor distinto, generándose entonces corrientes muy grandes.

En el próximo capítulo comenzaremos a estudiar circuitos de corriente continua. Es altamente recomendable que los conceptos introducidos en este primer capítulo los tengan claros antes de empezar a leerlo.

Capítulo 2 - Circuitos de Corriente Continua

Un **circuito de corriente continua** es un sistema interconectado de componentes electrónicos donde el flujo de carga eléctrica (electrones) se desplaza en una única dirección constante a través del tiempo.

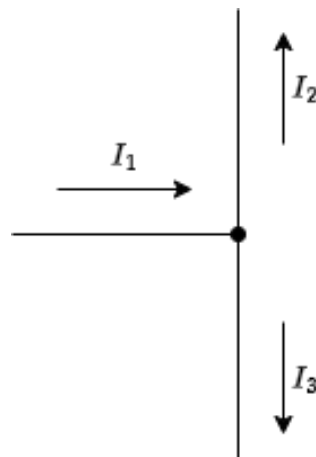
2.1 Ley de Mallas y Nodos de Kirchhoff

Las leyes de Kirchhoff (1845) son dos reglas fundamentales para analizar circuitos eléctricos basadas en la conservación de la carga y de la energía. Resultan clave para poder resolver circuitos resistivos básicos así como también circuitos electrónicos más complejos.

Ley de Nodos

¿Qué es un nodo? Es cualquier punto de un circuito donde tres o más cables se juntan. Es un cruce de “camino”. Imaginémoslo como una unión de tuberías de agua. Básicamente, la Ley de Corrientes de Kirchhoff plantea que: "Lo que entra, tiene que salir en igual cantidad". En un cruce de tuberías, si metés 5 litros de agua por segundo en total, no podés pretender que salgan 4 o 6 litros. Tienen que salir 5 litros de agua en total si no hay pérdidas. Para el caso que estudiamos, podemos decir que no se crean ni destruyen electrones dentro de un circuito eléctrico.

En el siguiente diagrama, podemos observar que al nodo (el punto negro) entra una corriente I_1 y salen 2 corrientes: I_2 e I_3 . Los electrones que fluyen en la corriente I_1 tienen que poder ir a algún lado, y venir de algún lado. Es por eso que en este caso podemos decir que $I_1 = I_2 + I_3$



En el caso de que tengamos muchas más ramas que salgan de un determinado nodo, podemos escribir la ley de nodos de forma genérica como:

$$\sum I_e = \sum I_s$$

donde I_e son las corrientes que entran al nodo, mientras que I_s indica las corrientes que salen. La letra griega Σ quiere decir “sumatoria”, es decir que en la igualdad se plantea

que la suma de todas las corrientes entrantes al nodo debe ser igual a la suma de todas las corrientes salientes.

Ley de Mallas

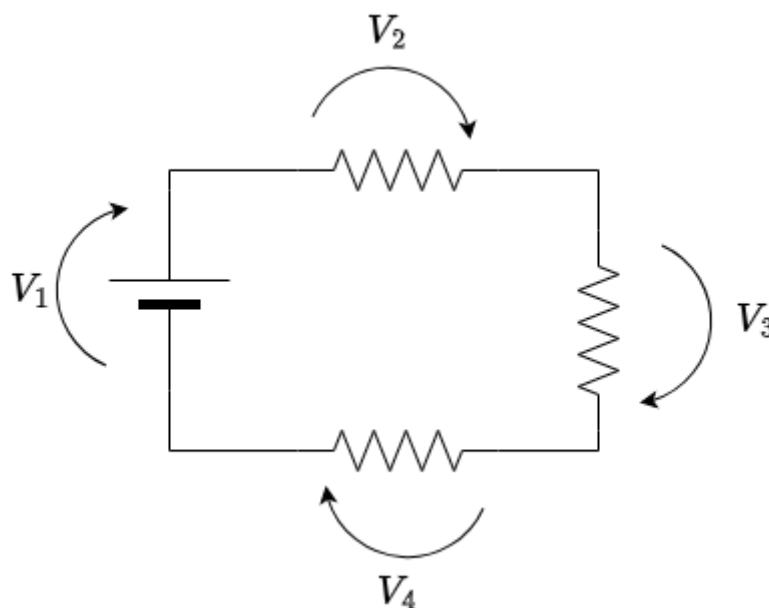
¿Qué es una malla? Es cualquier camino cerrado dentro de un circuito, que empieza y termina en el mismo lugar, y no contiene ningún otro camino cerrado más chico dentro. Imagínalo como un viaje en auto que sale de tu casa, da una vuelta por el barrio y vuelve a la misma.

La Ley de Voltajes de Kirchhoff nos dice que, "Al dar una vuelta completa a una malla, la suma de todos los voltajes (ganados o perdidos) es cero". Si lo pensamos como una montaña rusa, podemos observar que siempre empieza y termina a la misma altura. No importa cuántas bajadas o subidas haya en la vuelta, cuando volvés al punto de partida, tu altura es la misma que al principio. La variación de energía total en el viaje es nula.

Esta suma de subidas y bajadas sabemos que finalmente tiene que dar 0, al igual que la suma de las subidas y bajadas de voltaje que vamos a tener en el circuito (diferencias de potencial positivas y negativas) al recorrer una malla. Si consideramos que estos incrementos y decrementos se van a dar en puntos particulares del circuito (donde haya pilas o resistencias), podemos escribir la ley de mallas para n componentes que generan una diferencia de potencial en una malla como:

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

Es posible que la expresión de la Ley de Mallas resulte un poco abstracta de entender al principio. Si bien todavía no cubrimos circuitos resistivos básicos, una breve introducción servirá para que el siguiente diagrama permita entender un poco mejor qué es lo que nos dice la igualdad de la Ley de Mallas.



Un circuito resistivo (al menos los que vamos a ver) está compuesto por baterías o pilas (que vamos a representar con las barras de la rama de la izquierda) y resistencias (que vamos a representar con el zigzag de líneas). Sobre cada uno de estos componentes habrá una diferencia de potencial: V_1 , V_2 , V_3 y V_4 . Esta diferencia de potencial al dar toda la vuelta al circuito tiene que sumar 0. Es por eso que, en este caso, $V_1+V_2+V_3+V_4=0$. Por supuesto, para que esta igualdad pueda darse resulta intuitivo que alguna (o algunas) de estas diferencias de potencial debería ser negativa.

2.2 Resistencias y circuitos resistivos básicos. Código de colores y tecnología de resistores.

En las secciones anteriores vimos que el voltaje impulsa a los electrones y que la corriente depende de la resistencia del camino por el que circulan. ¿Pero qué es la resistencia? Hasta ahora sabemos poco sobre qué es una resistencia: vimos que es la capacidad de un material de oponerse al paso de la corriente, y dijimos también que un conductor tiene una baja resistencia por tratarse de un material que deja fluir la corriente fácilmente. ¿Cuánta resistencia tiene un material entonces?

Fórmula de la resistencia de un material

Estudiaremos las resistencias que se construyen con lo que se denomina “materiales óhmicos”. Para este tipo de materiales, es importante tener en cuenta que la resistencia eléctrica no depende solamente del material, sino también de su geometría.

Para un conductor uniforme, la resistencia viene dada por $R=\rho.L/A$, donde:

- R = resistencia (ohmios, Ω).
- ρ = resistividad del material (propiedad física).
- L = longitud del conductor.
- A = área de la sección transversal del conductor.

De esta expresión se desprenden ideas importantes:

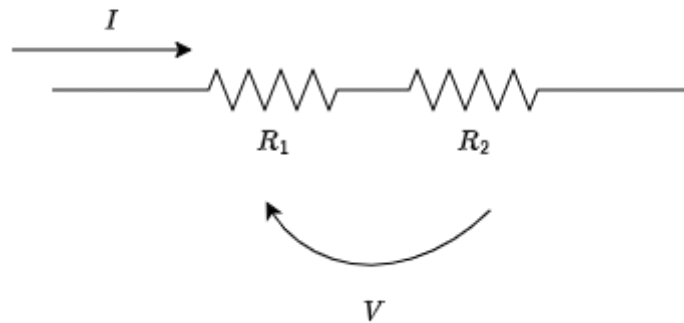
- A mayor longitud, mayor resistencia.
- A mayor área, menor resistencia.
- La resistividad depende del material (cobre, carbono, nicromo, etc.).
 - En el caso de los conductores, la resistividad es muy baja, lo cual permite valores de resistencia muy bajos. Sin embargo, si el área del cable es muy baja y el cable es muy largo, puede ocurrir que la resistencia del cable tome valores que ya no sean despreciables, por no ser tan cercanos a 0Ω .

Las resistencias comerciales están fabricadas con materiales y geometrías cuidadosamente elegidos para obtener valores específicos y estables.

Resistencias en serie y en paralelo (demostración)

En los circuitos reales, rara vez encontramos una sola resistencia. Es común que aparezcan varias conectadas entre sí. Se pueden conectar resistencias de un sinnúmero de formas distintas. Particularmente existen dos formas de conectar únicamente 2 resistencias. Estas topologías llevan el nombre de “resistencias en serie”, y “resistencias en paralelo”.

Dos resistencias están **en serie** cuando se encuentran atravesadas por la misma corriente.



Si tenemos \$R_1\$ y \$R_2\$ en serie:

- La corriente es la misma en ambas.
- El voltaje total es la suma de las caídas de tensión.

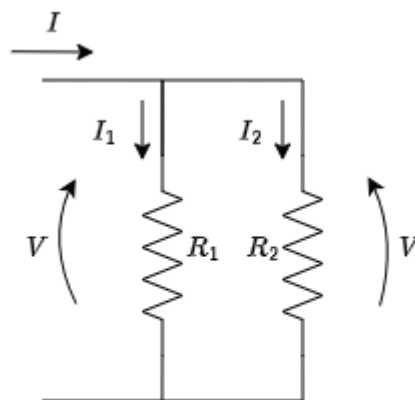
Por Ley de Ohm:

$$V = I R_1 + I R_2 = I (R_1 + R_2) = I R_{eq}$$

Entonces podemos pensar que la corriente total del circuito es la que se corresponde con que una fuente de potencial \$V\$ tenga conectada una resistencia total de valor \$(R_1+R_2)\$. Esta “resistencia total” lleva el nombre de resistencia equivalente, y se calcula como:

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

Dos resistencias están **en paralelo** sus extremos cuando están conectadas a los dos mismos puntos. En este caso, el voltaje es el mismo en ambas, ya que ambas tendrán una diferencia de potencial dada por la resta entre los mismos 2 potenciales.



La corriente sobre cada una de las resistencias puede calcularse con la Ley de Ohm, y la corriente total será la suma de las corrientes que la atraviesan:

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V}{R_{eq}}$$

Entonces, una fuente de potencial conectada a dos resistencias en paralelo deberá entregar una corriente total equivalente a haberle conectado simplemente una sola resistencia de valor:

$$R_{eq} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

Es importante notar que:

- La resistencia equivalente en serie siempre es mayor que la menor de las resistencias individuales.
- La resistencia equivalente en paralelo siempre es menor que la menor de las resistencias individuales.
- Al analizar y resolver circuitos, dos resistencias en serie o dos en paralelo pueden simplemente reemplazarse por su correspondiente resistencia equivalente.

Un problema práctico: no se pueden fabricar todos los valores de resistencias

En teoría, la resistencia puede tomar cualquier valor real positivo. En la práctica, no es posible fabricar infinitos valores distintos. Por razones industriales, las resistencias se fabrican en **series normalizadas**, ya que dan lugar a que la fabricación de estos componentes sea mucho menos artesanal, lo cual abarata los costos enormemente. Una serie normalizada de resistencias permite tener procesos productivos optimizados para la fabricación de resistencias de ciertos valores en particular.

Una de las series normalizadas más comunes es la **serie E12**, que tiene 12 valores por década (desde 1Ω a 10Ω hay una década, desde 10Ω a 100Ω hay otra...) y una tolerancia típica del 10%.

Los valores base de la serie E12 son: 10 - 12 - 15 - 18 - 22 - 27 - 33 - 39 - 47 - 56 - 68 - 82. Estos valores se multiplican por potencias de 10 en función de la década para la que se esté fabricando la resistencia: 10 Ω, 100 Ω, 1 kΩ, etc. La tolerancia del 10% significa que el valor real puede variar ±10% respecto al nominal. Esto quiere decir que puedo comprar una resistencia de 100Ω, pero que en realidad puede llegar a ser de cualquier valor aleatorio entre 90Ω y 110Ω.

Esta tolerancia no es intencional, si no que se debe a que los procesos productivos no pueden garantizar que siempre se fabricarán resistencias con infinita precisión, sino que algo de error pueden tener. Esta es otra razón por la que tiene sentido que las resistencias

se fabriquen de acuerdo a series normalizadas: ¿para que voy a pedir una resistencia específica de 200Ω si al fabricarla me podrían llegar a entregar una de 180Ω ? En general, el diseño de un circuito debe contemplar la tolerancia de fabricación de los componentes que se emplearán, para que funcione incluso en el peor de los casos.

Código de colores

Como las resistencias suelen ser pequeñas, su valor se indica mediante bandas de colores, ya que resulta complicado (y más caro) imprimir los números que informen del valor nominal de una resistencia. Cada color se corresponde con un determinado valor. El sistema típico tiene 4 bandas, y en función de la banda en la que esté un color, implica algo distinto para determinar el valor del resistor:

- Banda 1 → primer dígito
- Banda 2 → segundo dígito
- Banda 3 → multiplicador
- Banda 4 → tolerancia

| Color | 1er/2do Dígito | Multiplicador | Tolerancia |
|----------|----------------|-------------------|---------------------|
| Negro | 0 | x1 | - |
| Marrón | 1 | x10 | ±1% |
| Rojo | 2 | x100 | ±2% |
| Naranja | 3 | x1,000 (1k) | - |
| Amarillo | 4 | x10,000 (10k) | - |
| Verde | 5 | x100,000 (100k) | ±0.5% |
| Azul | 6 | x1,000,000 (1M) | ±0.25% |
| Violeta | 7 | x10,000,000 (10M) | ±0.1% |
| Gris | 8 | - | ±0.05% |
| Blanco | 9 | - | - |
| Oro | - | x0.1 | ±5% (Estándar E12) |
| Plata | - | x0.01 | ±10% (Estándar E12) |

Por ejemplo: Rojo - Violeta - Marrón - Dorado → 2 - 7 - x10 - ±5%

Resultado: $270\Omega \pm 5\%$.

La idea de “puentear” una resistencia

“Puentear” una resistencia significa conectar un conductor en paralelo con ella. Si el conductor tiene resistencia prácticamente cero, la resistencia equivalente resultará ser:

$$R_{eq} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{0\Omega}\right)} = 0\Omega$$

Dejando un poco atrás la rigurosidad matemática, como $1/0$ tiende a infinito, la resistencia equivalente tiende a 0. En la práctica, el resultado que nos importa recordar es que al conectar un cable entre los terminales de una resistencia, la resistencia queda anulada.

Reflexión integradora: la resistencia variable

Hasta ahora hablamos de resistencias con valor fijo. Pero también existen resistencias variables como los potenciómetros. Un potenciómetro permite ajustar manualmente el valor de resistencia, modificando así la corriente en una determinada parte del circuito.

Este concepto es poderoso: si podemos variar la resistencia, podemos controlar el circuito. Muchos sensores funcionan precisamente así: cambian su resistencia en función de la temperatura, luz, presión o posición. Por ejemplo, en lugar de tener una perilla, se podría modificar el valor de la resistencia en función de a cuánta luz se encuentra expuesto.

En cierto sentido, la electrónica comienza cuando aprendemos no solo a limitar la corriente, sino a **modularla y controlarla dinámicamente**, ya que esto da lugar a que hagamos circuitos que en función de determinadas variables del entorno, se comporten de una manera o de otra.

Particularmente, un ejemplo de una resistencia variable es la de una resistencia cuyo valor varíe al girar una perilla. Este tipo de tecnología se encuentra presente, por ejemplo, en equipos de audio que modifican el volumen a medida que la posición del cursor cambia.

Si recordamos que la resistencia de un material óhmico puede ser determinada como $R=\rho.L/A$, uno podría proponerse modificar el valor de una resistencia haciendo que su largo varíe.

Imaginémonos que quiera conseguir una resistencia de un valor determinado, donde la resistividad y área no pueden ser modificados. Fácilmente puede despejarse el largo que debería tener el material: $L=R.A/\rho$. ¿Pero qué pasa si L también estuviera fijo, y es más grande que el largo que necesito? Podríamos pensar que tenemos un largo buscado L_b y un exceso de largo L_e , tal que $L = L_b+L_e$ y $R=\rho.(L_b+L_e)/A$.

Si distribuimos el paréntesis de la R obtenemos: $R=\rho.L_b/A + \rho.L_e/A$, lo cual puede escribirse como la resistencia que buscamos $R_b=\rho.L_b/A$ sumada a un exceso de resistencia $R_e=\rho.L_e/A$. ¿No vimos una forma de deshacernos en un circuito de una resistencia? ¿Se podría puentear R_e ? ¡Sí!

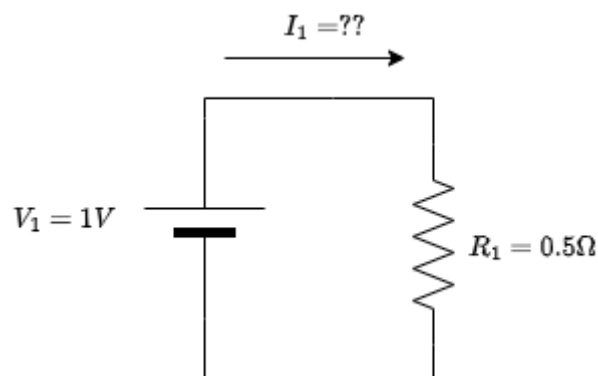
Nótese entonces que el valor de resistencia termina siendo el que buscábamos originalmente, y que lo logramos generando un puente en un circuito de dos resistencias. Este es el principio con el que se construyen las resistencias variables.

2.3 Circuitos electrónicos básicos

La idea del presente documento no es que quien lo lea se vuelva un completo especialista en resolver circuitos. En su lugar, voy a presentar algunos ejemplos para ver distintos tipos de planteos que ponen en práctica los conceptos que estuvimos viendo hasta el momento.

Ejemplo 1: Malla simple

Encontrar la corriente eléctrica que circula por la malla:

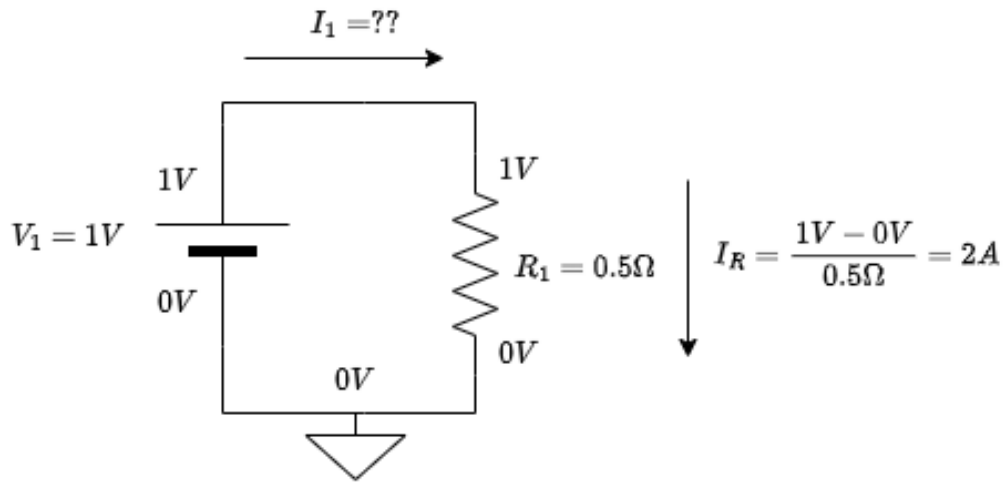


Aclaraciones:

Algo importante para notar en los ejercicios de circuitos que realizaremos es que uno a priori no conoce el sentido de la corriente que circula por la malla. En casos básicos como este se puede intuitivamente determinar de forma correcta, pero no es el caso de circuitos más complejos. En los planteos, debemos asumir un sentido de la corriente, y luego de hacer las cuentas el resultado de la corriente nos puede dar negativo. ¿Qué significa una corriente negativa? Que en realidad iba en el sentido opuesto. No es necesario rehacer el circuito, pero sí es importante notar que el signo de la corriente está dado por el sentido en el que se dibujó la flecha de la circulación de corriente en el ejercicio.

Resolución:

Recordemos que las baterías generan una diferencia de potencial, y que depende el potencial en un punto en particular de alguna referencia en algún punto del circuito. Es usual ubicar la referencia de $0V$ en la parte más baja del esquemático, representada por el triángulo que ven en la parte más baja del diagrama.



Retomando la idea del cortocircuito, si en un cable yo pongo 0V, en todo el cable va a haber el mismo potencial si asumimos que tiene resistencia despreciable. En este caso, podemos decir que debajo de la batería y debajo de la resistencia también hay 0V.

La batería impone una diferencia de potencial de 1V, por lo que si debajo de ella tenemos 0V, arriba tendremos 1V. Como hay cable hasta estar arriba de la resistencia, allí habrá 1V también.

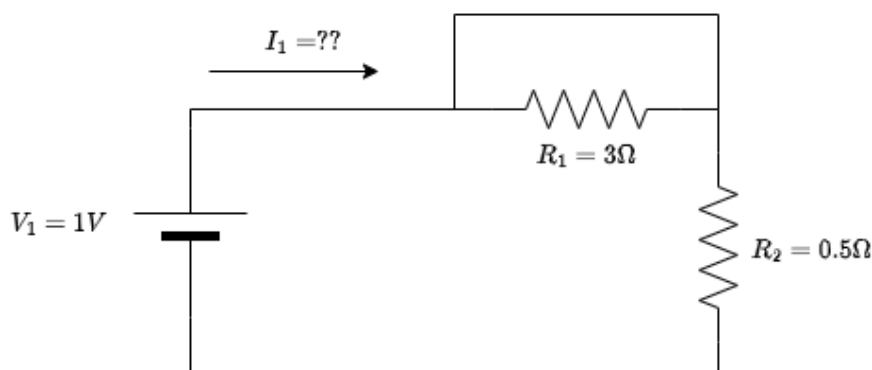
Finalmente, podemos calcular la corriente que circula por la resistencia a partir de la Ley de Ohm, ya que tenemos la diferencia de potencial que existe entre sus terminales. El resultado obtenido, como se detalla en la figura, es de 2A.

Como la corriente no sufre ninguna bifurcación hacia otras ramas, la corriente I_1 es en realidad la misma que I_R . Es correcto decir entonces que $I_1 = 2A$.

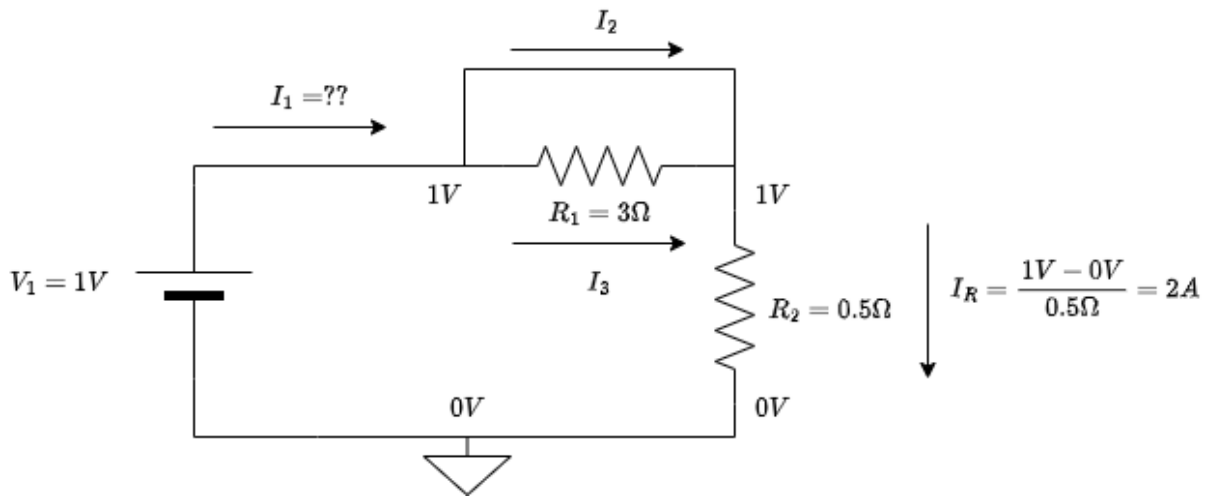
Ejemplo 2: Resistencia puenteadada

El siguiente ejemplo tiene una ligera dificultad adicional que es la de presentar una resistencia puenteadada. Recuerden que puentear una resistencia quiere decir conectar un cable entre sus bornes.

Encontrar la corriente eléctrica que circula por la malla que contiene la batería:



Resolución:



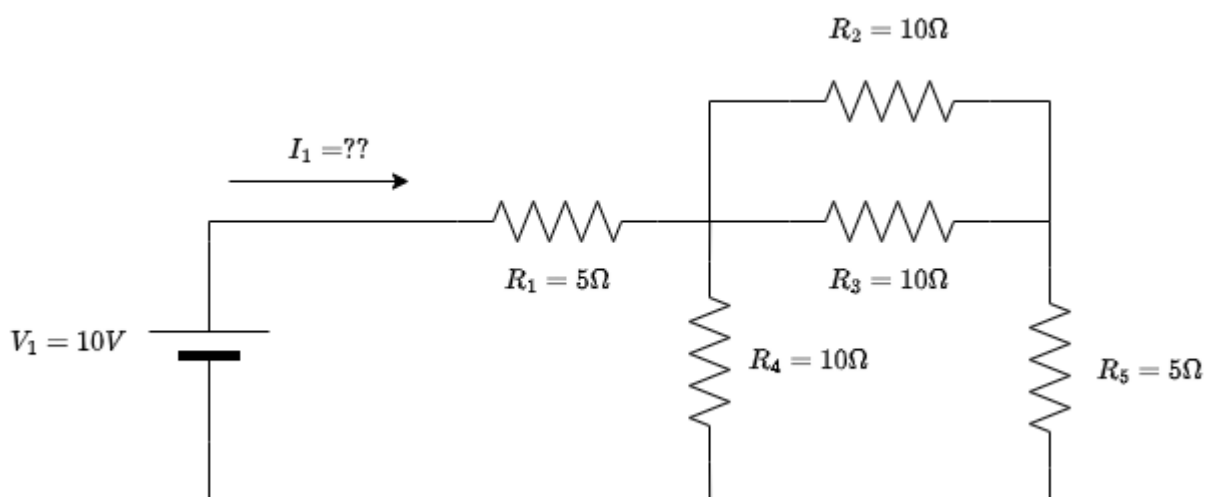
Recordemos que al puentear una resistencia, la diferencia de potencial entre sus bornes se vuelve 0V, por lo que la corriente que circula por R_1 en este caso es 0A.

Por ley de nodos, $I_1 = I_2 + I_3$, pero como en este caso I_3 es 0A, resulta que $I_1 = I_2 = I_R$.

Finalmente, al igual que en el ejercicio anterior podemos calcular I_R y obtener $I_R = 2A$. Por lo tanto, $I_1 = 2A$.

Ejemplo 3: Resistencias en serie y paralelo

Encontrar la corriente eléctrica que circula por la malla que contiene la batería:

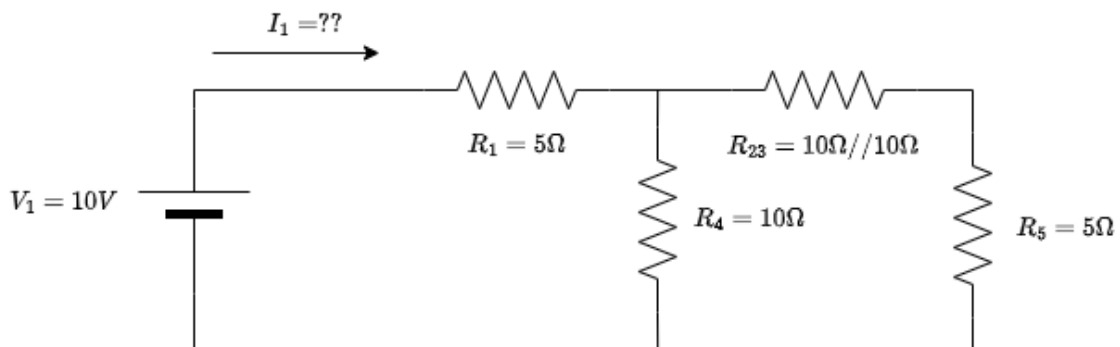


Resolución:

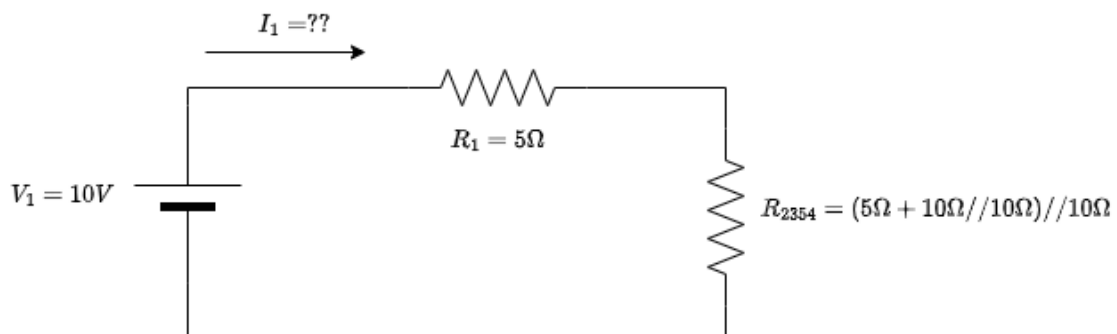
En este ejercicio vamos a buscar reconocer los paralelos y serie de resistencias que nos permitan tomar resistencias equivalentes para simplificar el circuito de la consigna. Recuerden que:

- Dos resistencias están en paralelo si están conectadas a la misma diferencia de potencial.
- Dos resistencias están conectadas en serie si la misma por las dos resistencias pasa la misma corriente.

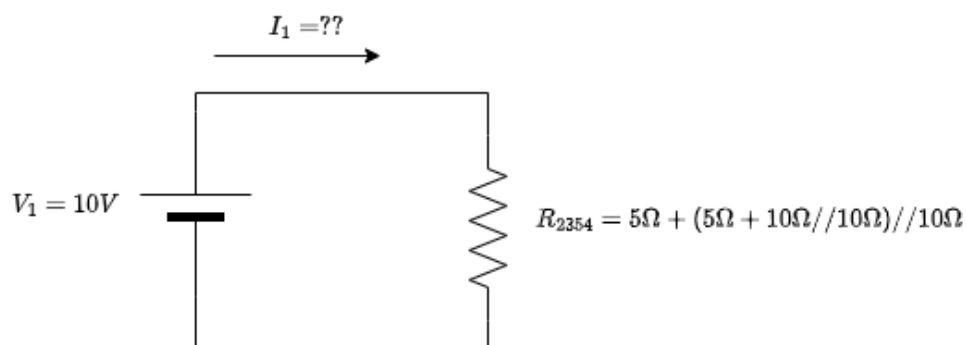
Empecemos reconociendo que R2 y R3 están en paralelo. Llamaremos R23 al equivalente de tomar el paralelo entre estas dos resistencias. Por simplicidad, usaremos // como operador para representar el paralelo entre dos valores de resistencia.



Ahora podemos tomar el equivalente serie entre R23 y R5. Entonces tendremos $R_{235} = R_{23} + R_5$. Esta nueva resistencia equivalente estará en paralelo con R4, por lo que obtenemos:



Finalmente, tomando el equivalente serie entre R1 y R2354:



El circuito equivalente final es un simple circuito con una única resistencia que, si hacen las cuentas, podrán corroborar que queda de 10Ω .

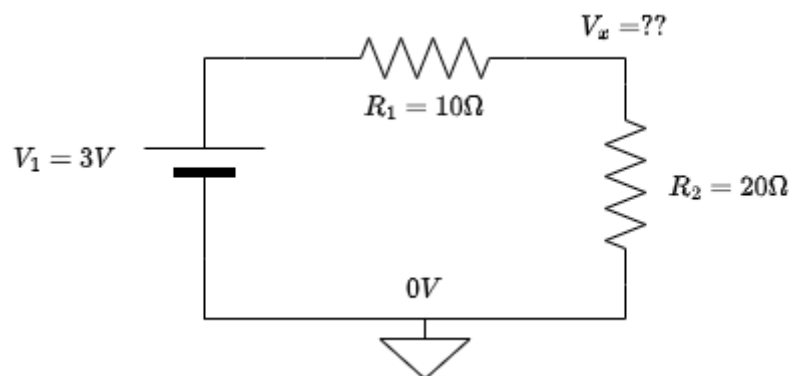
Por lo tanto, la corriente $I_1 = V_1 / 10\Omega = 1A$.

Ejemplo 4: Divisor resistivo

Existen centenares de circuitos simples que por su uso común y recurrente llevan un nombre especial. El divisor resistivo es uno de ellos.

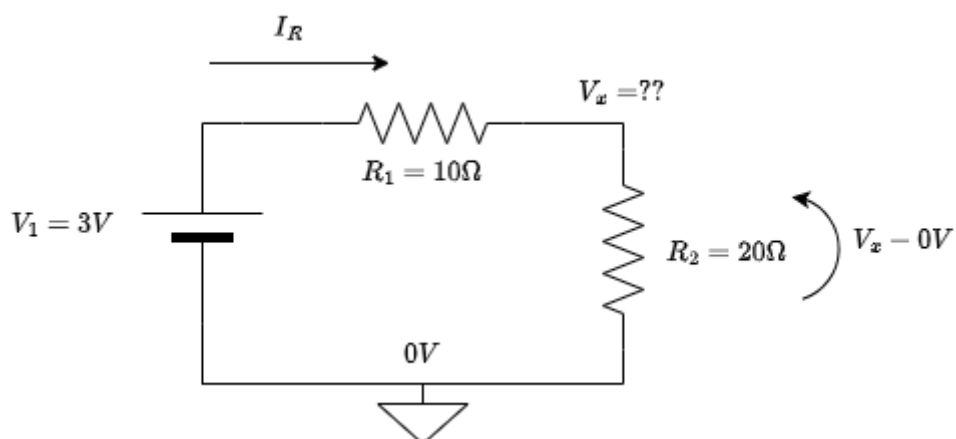
Encontrar la tensión V_x (la de la esquina superior derecha del diagrama) para la referencia del circuito dado:

Un divisor resistivo, también conocido como divisor de voltaje, es un circuito compuesto por 2 resistencias y una fuente de alimentación (batería). Este circuito aparece muy frecuentemente como parte de muchos otros circuitos más complejos.



Resolución:

El valor de V_x es en realidad el mismo que el valor de la diferencia de potencial $V_x - 0V$, que es el voltaje que “cae” sobre la resistencia R_2 .



La expresión a partir de la Ley de Ohm de la diferencia de potencial que cae sobre una resistencia es $V=I.R$. En este caso, no tenemos el valor de la tensión (es lo que queremos determinar) pero tampoco tenemos el valor de la corriente que pasa por la resistencia.

Notemos que al escribir $V=I.R$ estamos refiriéndonos a la diferencia de potencial sobre R_2 (V_x-0V), mientras que la I es la corriente que circula por la misma resistencia R_2 . Ahora bien... ¿no podremos calcular la corriente de alguna otra forma?

Resulta en este caso que la corriente que circula por R_2 es en realidad la corriente de toda la malla también, puesto que no hay ninguna rama que se bifurque de la malla que estamos viendo. Esta corriente la podemos calcular con conocimientos del ejercicio anterior, ya que podemos tomar el equivalente serie $R_{12}=R_1+R_2$ para calcular la corriente I_R . Haciendo la cuenta, nos queda que $I_R=V_1/(R_1+R_2)$.

Volviendo a la primera expresión que planteamos, notemos que tenemos: $V_x=I_R.R_2$...¡Ya tenemos lo que necesitamos para calcular V_x !

Reemplazando I_R en la expresión, obtenemos $V_x = V \cdot R_2/(R_1+R_2) = 20V$.

2.4 ¿Cómo puedo revisar si resolví bien un circuito? Software de Simulación y CAD.

Supongamos que hiciste todos los cálculos de la sección anterior y querés sacarte la duda de si lo resolviste bien sin necesidad de hacer todas las cuentas de nuevo. Para ayudar con este tipo de problemas, los ingenieros y técnicos usamos herramientas de CAD (Computer-Aided Design o Diseño Asistido por Computadora) y Simuladores.

¿Para qué sirve simular?

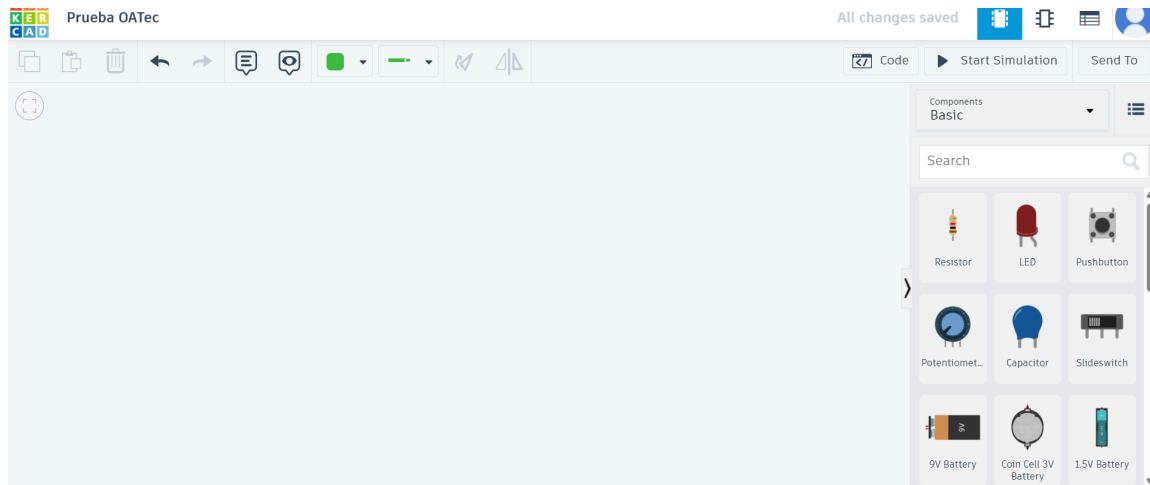
Un simulador es un programa que utiliza modelos matemáticos para predecir cómo se comportará un circuito en la vida real. Sus ventajas son claras:

- Seguridad: podés provocar un cortocircuito a propósito y lo único que verás es un cartel de advertencia en la pantalla, no humo en tu escritorio.
- Costo cero: podés incluir cualquier tipo de componentes en el circuito y del valor que se te ocurra.
- Visualización: podés ver gráficas y valores exactos de corriente que, a veces, son difíciles de medir con instrumentos reales en circuitos muy pequeños.

Tinkercad: tu primer laboratorio virtual

Existen programas muy profesionales (como Proteus, LTspice o KiCad), pero para dar tus primeros pasos, la herramienta ideal es Tinkercad. Es una plataforma gratuita de Autodesk que corre directamente en tu navegador (no tenés que instalar nada) y es extremadamente visual.

Una vez que te creás una cuenta en tinkercad.com, debés elegir la opción "Circuits" y hacer clic en "Crear nuevo circuito". Verás un espacio en blanco a la izquierda y un catálogo de componentes a la derecha.

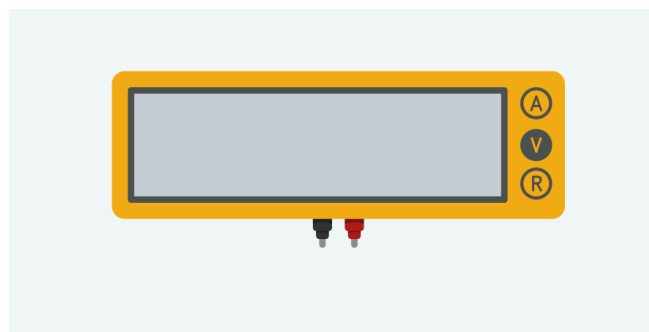


Buscá en la lista y arrastrá al área de trabajo lo que necesites. Para empezar, te recomiendo:

- Una batería de 1.5V.
- Una resistencia (podés hacerle clic y escribir el valor en Ohms que calculaste). Tené cuidado con las unidades, ya que pueden estar en $k\Omega$ (kilo ohms).

Hacé clic en los terminales de los componentes para tirar cables. ¡Cuidá los colores! Por convención, usá Rojo para el positivo (+) y Negro para el negativo (-). Esto te va a ayudar muchísimo a ser ordenado cuando pases al circuito real. El resto de los cables puede tener el color que más te guste.

Para saber si resolviste bien el circuito en el papel, buscá el componente llamado "Multímetro". Es un instrumento que permite medir diferencias de potencial, resistencias y corrientes. Asegurate de tener escogida la variable correspondiente al resultado que quieras revisar. En el caso del siguiente diagrama, se tiene elegido medir una tensión (V):



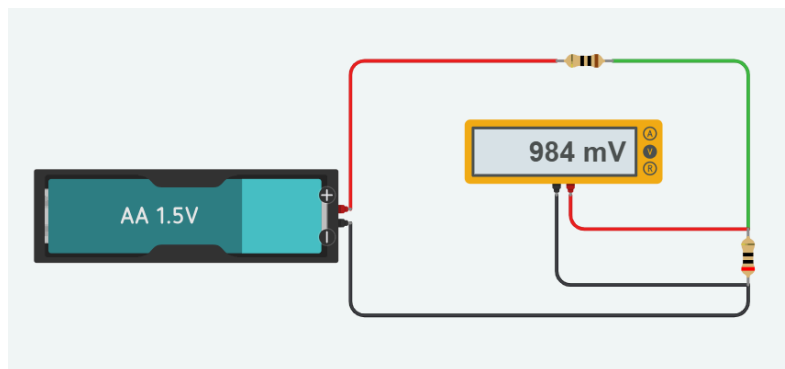
Hacé clic en el botón "Iniciar simulación". Si todo está bien conectado, el multímetro mostrará valores que podrás comparar con lo que te dio en papel. Es importante aclarar que las resistencias del Tinkercad simulan la tolerancia que tiene un componente real, por lo que en una bolsa de muchísimas resistencias de 10Ω , la mayoría va a ser de 10Ω , pero

muchas otras van a ser de 9.9Ω , 11Ω , 9.5Ω ... Es por esto que el resultado al que llegue el simulador tendrá ciertas incongruencias con lo que calculaste en tu circuito en papel.

¿Cómo conectar el multímetro para medir voltaje?

Resolvamos el ejemplo 4 en Tinkercad, pero usando 1.5V en lugar de 30V como batería. El resultado debería ser 1V rehaciendo la cuenta del resultado al que llegamos.

El multímetro debe estar conectado de forma tal que en sus terminales tenga la misma diferencia de potencial que la que queremos medir. Hay que tener cuidado con que el multímetro también tiene un borne positivo y uno negativo. Si los conectamos al revés, el resultado nos dará con el signo cambiado.

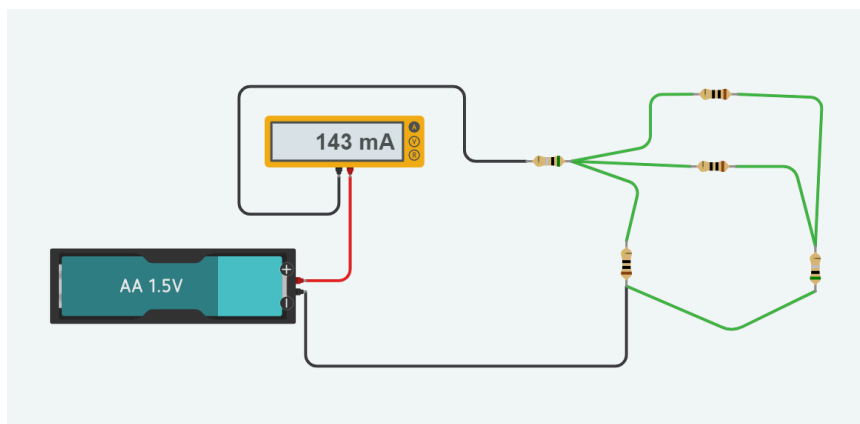


Podemos corroborar que el resultado al que llegamos en el papel está bien, ya que el multímetro mide lo mismo (casi, por las tolerancias) que lo que calculamos previamente.

¿Cómo conectar el multímetro para medir corriente?

Resolvamos el ejemplo 3 en Tinkercad, pero usando 1.5V en lugar de 10V como batería. El resultado debería ser 150mA (0.15A) rehaciendo la cuenta del resultado al que llegamos.

El multímetro debe estar conectado de forma tal que por sus terminales pase la misma corriente que queremos medir. Hay que tener cuidado con que el multímetro también tiene un borne positivo y uno negativo. Si los conectamos al revés, el resultado nos dará con el signo cambiado.



¿Qué más puedo hacer en Tinkercad?

Son muchísimas las opciones de circuitos y componentes que permite usar este programa. Las resistencias son solo el principio del cuento... la electrónica tiene mucho más para contar: LEDs, motores, pantallas, sensores...

En este apunte nos limitamos a explorar circuitos de corriente continua. Para aquellos interesados en dar sus primeros pasos en la electrónica, esta herramienta ofrece muchísimas herramientas en temas más avanzados también.

Ejercitación

Teoría

- 1. ¿Qué estudia la electrónica?**
 - A) El movimiento de los neutrones en el núcleo.
 - B) El control del flujo de electrones para cumplir una función.
 - C) La fabricación de estructuras mecánicas pesadas.
 - D) La generación de energía nuclear.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 2. ¿Cuál es la carga eléctrica del electrón?**
 - A) Positiva.
 - B) Neutra.
 - C) Negativa.
 - D) Variable según el material.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 3. ¿Cómo se llaman los electrones que se encuentran en la última órbita del átomo?**
 - A) Electrones de núcleo.
 - B) Electrones de conducción interna.
 - C) Electrones de valencia.
 - D) Electrones estáticos.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 4. Un material conductor se caracteriza por:**
 - A) Tener sus electrones de valencia fuertemente ligados al núcleo.
 - B) No tener electrones en su estructura.
 - C) Tener electrones de valencia que se desprenden con facilidad.
 - D) Ser siempre de material plástico.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 5. ¿Qué sucede en un material aislante?**
 - A) Los electrones fluyen libremente.
 - B) Los electrones están muy atraídos por el núcleo y no se mueven fácilmente.
 - C) Se convierte en conductor al contacto con el aire.
 - D) No posee átomos.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 6. La definición de "corriente eléctrica" es:**
 - A) El movimiento aleatorio de protones.
 - B) El flujo ordenado de electrones a través de un material.
 - C) La acumulación de neutrones en un punto.
 - D) La fuerza que empuja a los átomos.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 7. En la analogía hidráulica, el voltaje equivale a:**
 - A) El diámetro del caño.
 - B) El caudal de agua.
 - C) La diferencia de altura o presión.
 - D) La suciedad dentro de los tubos.
 - E) Ninguna de las anteriores.

8. La unidad de medida de la Intensidad de Corriente (I) es el:

- A) Voltio (V).
- B) Ohmio (Ω).
- C) Amperio (A).
- D) Vatio (W).
- E) Ninguna de las anteriores.

9. ¿Qué establece la Ley de Ohm?

- A) $V = I R$
- B) $V = I / R$
- C) $R = V I$
- D) $I = R / V$
- E) Ninguna de las anteriores.

10. Si en un circuito la resistencia se duplica y el voltaje se mantiene igual, la corriente:

- A) Se duplica.
- B) Se mantiene igual.
- C) Se reduce a la mitad.
- D) Desaparece.
- E) Ninguna de las anteriores.

11. ¿Cuál es la función de una batería?

- A) Consumir la energía del circuito.
- B) Mantener una diferencia de potencial constante.
- C) Crear nuevos electrones continuamente.
- D) Actuar como un interruptor de seguridad.
- E) Ninguna de las anteriores.

12. Un cortocircuito ocurre cuando:

- A) La resistencia entre dos polos es infinita.
- B) Se conectan los polos con una resistencia despreciable (casi cero).
- C) Se apaga la fuente de alimentación.
- D) El circuito tiene demasiadas resistencias en serie.
- E) Ninguna de las anteriores.

13. La Ley de Nodos de Kirchhoff se basa en:

- A) La conservación de la energía.
- B) La conservación de la carga (en un dado nodo, la carga eléctrica que entra es igual a la que sale).
- C) El aumento de la resistencia total.
- D) El magnetismo de los cables.
- E) Ninguna de las anteriores.

14. Según la Ley de Mallas de Kirchhoff, la suma de las caídas de tensión en un camino cerrado es:

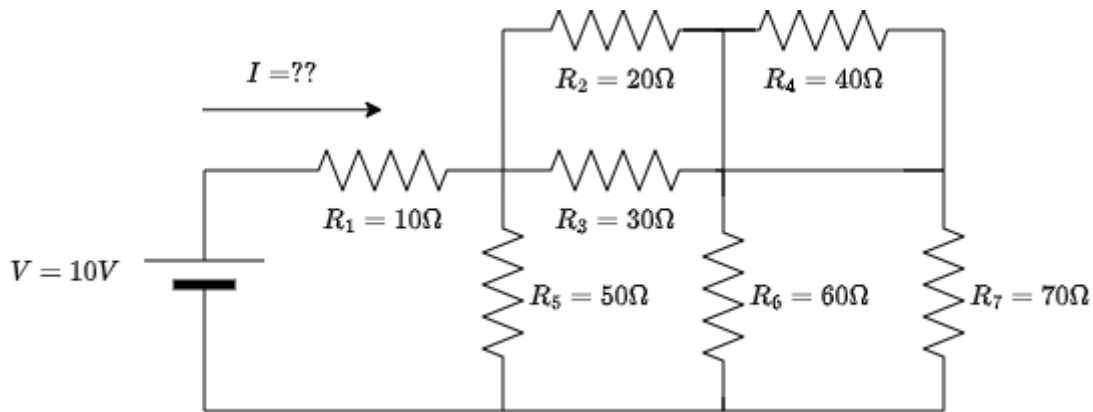
- A) Igual al voltaje de la fuente.
- B) Siempre cero (considerando subidas y caídas).
- C) Mayor a la corriente total.
- D) Infinita.
- E) Ninguna de las anteriores.

15. ¿Cómo se define un "Nodo"?
- A) Un tramo de cable sin interrupciones.
 - B) El punto de conexión entre tres o más conductores.
 - C) La carcasa de la batería.
 - D) Un componente que almacena energía.
 - E) Ninguna de las anteriores.
16. En un circuito en **SERIE**, la corriente que pasa por cada resistencia es:
- A) Diferente en cada una.
 - B) La misma para todas.
 - C) La mitad del voltaje.
 - D) Cero en las resistencias del medio.
 - E) Ninguna de las anteriores.
17. Para calcular la resistencia equivalente en **SERIE**:
- A) Se restan los valores.
 - B) Se suman los valores.
 - C) Se multiplican los valores.
 - D) Se promedian los valores.
 - E) Ninguna de las anteriores.
18. En un circuito en **PARALELO**, el voltaje en cada rama es:
- A) Dividido proporcionalmente.
 - B) El mismo para todas las ramas.
 - C) Mayor en la rama con más resistencia.
 - D) Menor en la rama con más resistencia.
 - E) Ninguna de las anteriores.
19. La resistencia equivalente de dos resistencias iguales en **PARALELO** es:
- A) El doble de una de ellas.
 - B) La mitad de una de ellas.
 - C) El cuadrado de una de ellas.
 - D) Igual a la suma.
 - E) Ninguna de las anteriores.
20. ¿Qué indica la cuarta banda (usualmente dorada o plateada) en una resistencia?
- A) El valor principal en Ohmios.
 - B) El coeficiente de temperatura.
 - C) La tolerancia (margen de error).
 - D) La potencia máxima.
 - E) Ninguna de las anteriores.
21. Si una resistencia tiene los colores Marrón, Negro, Rojo, su valor es:
- A) 100 Ω
 - B) 1.000 Ω (1k Ω)
 - C) 10.000 Ω
 - D) 12 Ω
 - E) Ninguna de las anteriores.
22. Un potenciómetro es:
- A) Una batería recargable.
 - B) Una resistencia cuyo valor se puede variar mecánicamente.
 - C) Un cable de alta tensión.
 - D) Un sensor de luz únicamente.
 - E) Ninguna de las anteriores.

- 23. El multímetro configurado como Voltímetro se debe conectar:**
- A) En serie con el componente.
 - B) En paralelo con el componente.
 - C) Cortando el cable principal.
 - D) Solo directamente a tierra.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 24. El multímetro configurado como Amperímetro se debe conectar:**
- A) En paralelo.
 - B) Entre el polo positivo y el negativo de la pila directamente.
 - C) En serie (abriendo el circuito).
 - D) No necesita conexión física.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 25. ¿Qué significa que un componente tenga una tolerancia del 10%?**
- A) Que solo funciona el 10% del tiempo.
 - B) Que su valor real puede variar un 10% respecto al valor teórico.
 - C) Que consume un 10% más de corriente.
 - D) Que es un 10% más pequeño que lo normal.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 26. Los semiconductores son la base de:**
- A) Los cables de alta tensión de cobre.
 - B) Los aislantes de cerámica.
 - C) Componentes como diodos y transistores.
 - D) Las carcasas de plástico.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 27. ¿Qué es Tinkercad?**
- A) Una marca de multímetros físicos.
 - B) Un software de simulación de circuitos en línea.
 - C) Un lenguaje de programación para robots.
 - D) Un tipo de batería de litio.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 28. ¿Por qué se usan simuladores antes de armar un circuito real?**
- A) Porque son gratuitos y no se queman componentes reales.
 - B) Porque siempre dan resultados exactos sin errores.
 - C) Porque reemplazan la necesidad de aprender teoría.
 - D) Porque los cables virtuales conducen mejor.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 29. En la Ley de Ohm, la relación entre Corriente y Voltaje es:**
- A) Inversamente proporcional.
 - B) No existe relación.
 - C) Directamente proporcional.
 - D) Aleatoria.
 - E) Ninguna de las anteriores.
- 30. La unidad de la Resistencia eléctrica es el:**
- A) Joule.
 - B) Ohmio (Ω).
 - C) Coulomb.
 - D) Faradio.
 - E) Ninguna de las anteriores.

Práctica

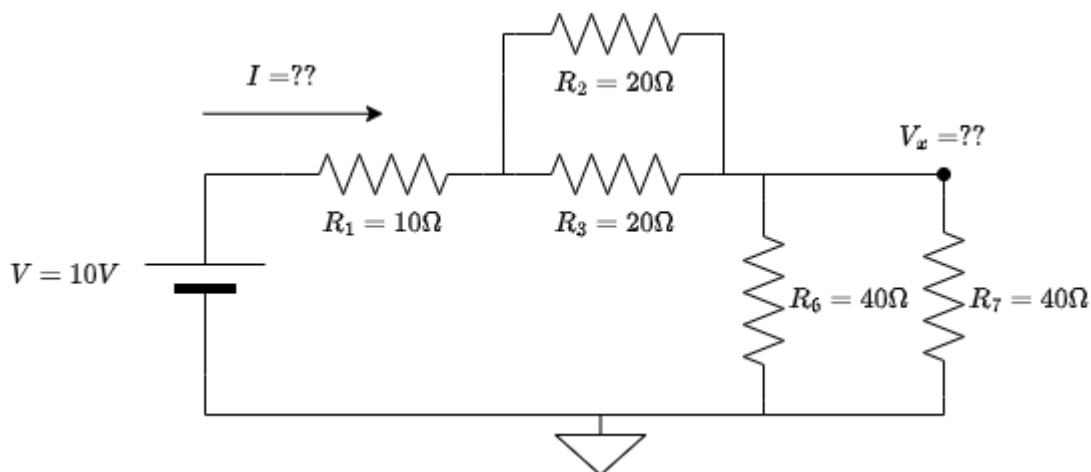
1. Calcule la corriente que circula por la fuente de alimentación para el siguiente circuito. Corrobore el resultado mediante simulación en Tinkercad.



2. Para el circuito del ejercicio anterior, indique cómo se debería conectar un multímetro para medir:

- A) La corriente que circula por la fuente de alimentación.
- B) La diferencia de potencial entre los bornes de R4.
- C) La corriente que circula por R3.
- D) La suma de las corrientes que circulan por R6 y R7.
- E) La diferencia de potencial más alta del circuito.
- F) El valor “más negativo” de diferencia de potencial posible.
- G) El valor “más negativo” de corriente posible.

3. Para el circuito de la siguiente figura:



- A) Calcule la corriente que circula por la fuente de alimentación.
- B) Calcule el valor de la tensión V_x , tomando la referencia de 0V del diagrama.

Bibliografía Sugerida

Si querés profundizar en los diferentes temas y conceptos desarrollados en este apunte te sugerimos los siguientes recursos:

Khan Academy. (s.f.). *Ingeniería eléctrica*.
<https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering>

Autodesk. (s.f.). *Tinkercad Circuits* [Aplicación web].
<https://www.tinkercad.com/circuits>

Shamieh, C. (2012). *Electrónica para Dummies*.

Licencia y Atribución

Este material se comparte bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Podés consultar los términos en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Cita sugerida en formato APA: OATEC (2026). Introducción a Circuitos de Corriente Continua. Licencia CC BY-NC-SA 4.0.

Al compartir o adaptar este material, debés citar la fuente, no podés usarlo con fines comerciales y las obras derivadas deben distribuirse bajo la misma licencia.

Nota sobre las Imágenes

Las imágenes utilizadas en este documento fueron de elaboración propia mediante draw.io o de elaboración asistida por inteligencia artificial mediante Gemini.