

■ ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La electricidad nos rodea aunque no siempre se manifieste. En efecto todos los cuerpos físicos (objetos) están formados con moléculas de diferentes materiales que a su vez están construidas con alguno de los 92 átomos diferente que existen en la naturaleza. Y en cada átomo, existe un núcleo positivo y una nube de electrones negativa que se compensan perfectamente como para que el átomo sea neutro. Y si es neutro no puede manifestarse eléctricamente.

Al núcleo no tenemos un acceso fácil que permita quitar protones, pero llegar a los electrones de órbitas superiores es muy fácil y solo basta con frotar materiales con un paño para arrancar o agregar electrones y generar cargas eléctricas fijas en el material utilizado. Agregar o quitar depende del material que se frote en el paño. Algunos materiales son dadores y otros son aceptores.

Es así como podemos tener un objeto con exceso de electrones (negativo) y otro con falta de electrones (positivo). Mientras los objetos estén separados (aislados) permanecerán cargados permanentemente. Si se los aproxima hasta que se toquen, de inmediato circularan cargas eléctricas (electrones) ente ellos hasta neutralizarse de modo que cada cuerpo sea neutro.

Como el lector puede observar, todas estas acciones ocurren en un instante de tiempo y luego cesan en cuanto los cuerpos se neutralizan. No hay una circulación permanente de electricidad. Un instante después que los cuerpos se tocan cesan los fenómenos eléctricos. Por esos a estos fenómenos se los incluye entre los de electricidad estática o electrostática. Nos sirven para establecer los principios de nuestra especialidad, pero no son los fenómenos que normalmente ocurren dentro de un dispositivo electrónico, en donde las corrientes de electrones circulan en forma permanente.

Sin embargo, el concepto más importante de la electrónica que es el de la circulación de la corriente eléctrica, puede ser explicado claramente mediante la electricidad estática. Hasta ahora tenemos dos cuerpos cargados eléctricamente. Uno es de material dador (positivo) y otro de material aceptor (negativo). Si los unimos con una barra de vidrio los cuerpos permanecerán cargados y entonces decimos que la barra de vidrio es aisladora. Si los unimos con una barra de cobre los cuerpos se descargarán y entonces decimos que la barra de cobre es conductora. Es un error considerar que el mismo electrón que sale del cuerpo con exceso de electrones y penetra en la barra conductora, llega al que tiene falta de electrones. En efecto el fenómeno que se produce es un desplazamiento de electrones de átomo en átomo de modo que entra un electrón por una punta de la barra pero el que sale es otro electrón que estaba situado en la otra punta. La carga se desplaza prácticamente a la velocidad de la luz el corpúsculo (electrón) lo hace mucho mas lentamente.

En un cuerpo aislador los electrones están fuertemente unidos a su núcleo y es difícil o imposible sacarlos de sus órbitas. En un cuerpo conductor los electrones están flojamente unidos a su núcleo, inclusive muchas veces se movilizan y cambia de núcleo en forma casual; aunque siempre que un átomo adquiere un electrón cede otro para mantener la neutralidad.

Ahora es fácil entender que si un cuerpo con electrones en exceso se une a una barra de cobre, este cuerpo transfiere algunos de sus electrones de modo que el nuevo cuerpo con el agregado de la barra de cobre tiene características negativas distribuidas uniformemente por todo el cuerpo compuesto. Es decir que la barra de cobre es también negativa y por lo tanto al acercarla al cuerpo positivo, establecerá la circulación de electrones.

En cambio la barra de vidrio no acepta que sus electrones se muevan de átomo en átomo y por lo tanto el cuerpo con exceso de electrones no puede influir sobre ella. Estos dos conceptos de cuerpos aisladores y conductores son fundamentales en nuestra especialidad.

Ejemplos de cuerpos conductores son los metales como el cobre, el aluminio, la plata, el oro, etc. Pero debemos aclarar que no solo los metales son conductores; algunos líquidos también lo son. Dejemos el caso obvio de los metales líquidos a temperatura ambiente como el mercurio. Algunos líquidos compuestos como los ácidos, las bases y las sales disueltas (como el agua salada) son conductores, aunque no tan buenos como los metales. También existen sólidos conductores como por ejemplo el grafito (un estado de agregación del carbono).

Como ejemplo de aisladores podemos indicar, al vidrio, los materiales plásticos y el agua destilada. En realidad son aisladores hasta cierto punto. En efecto si un cuerpo esta muy cargado de electricidad y la barra aisladora no es muy larga puede ocurrir un efecto de circulación disruptiva que perfora el aislador y lo vuelve conductor. En general esta circulación se produce con presencia de ruido, efectos luminosos y térmicos dando lugar a lo que se llama una descarga eléctrica y en muchos casos el cuerpo aislador queda definitivamente transformado en un conductor.

Este efecto no requiere en realidad a la barra aisladora; el propio aire entre los dos cuerpos cargados puede oficiar de conductor si la carga de los cuerpos es suficientemente alta. En este caso se producen arcos a través del aire de los cuales los relámpagos son una manifestación natural que se produce debido a la carga eléctrica de las nubes de tormenta.

Inclusive se puede formar un arco en el vacío. En efecto un cuerpo cargado muy negativamente puede rechazar tanto su exceso de electrones que estos son capaces de adquirir suficiente energía como para saltar el espacio vacío. El arco que se observa visualmente como una línea luminosa y el ruido que se produce son causados por los electrones circulantes a gran velocidad y en gran cantidad.

CORRIENTE ELÉCTRICA

Los electrones que circulan entre dos cuerpos cargados con cargas opuestas, al unirlos con un conductor, forman lo que clásicamente se conoce como corriente eléctrica. Es decir que circulación de electrones y corriente eléctrica son sinónimos. Por lo general cuando se trata de fenómenos electrostáticos se habla de circulación de cargas o de electrones y cuando los procesos son continuos se habla de corriente eléctrica.

La corriente de agua que circula por un caño se mide en litros/Seg. ¿En que se mide la corriente eléctrica? Es evidente que se podría medir en electrones/Seg. pero la carga de un electrón es tan pequeña que los números serían muy altos, es decir que la unidad electrones/Seg. no es práctica. Inclusive la unidad de carga eléctrica de un cuerpo cargado por frotamiento medida en electrones es ya un número muy alto.

Por todo esto se idearon unidades prácticas tanto para la cantidad de electricidad o carga eléctrica como para la corriente eléctrica dándole a esas unidades el nombre de diferentes científicos que trabajaron con los fenómenos eléctricos.

La unidad practica de corriente eléctrica es el Coulomb (culombio) y es igual a $6,24 \times 10^{18}$ electrones (6 trillones 241.509 electrones).

$$1\text{Cb} = 6.24 \times 10^{18} \text{ electrones}$$

La unidad práctica de corriente eléctrica es el Amper y es igual a un Coulomb por segundo. Para simplificar la notación se utilizan letras para representar a los diferentes conceptos y unidades. Por ejemplo a la carga siempre se la representa por la letra Q y a su unidad práctica

por las letras Cb. La corriente eléctrica se representa por una I y a su unidad por una A. A la unidad de tiempo se la representa con la "t" minúscula (porque se reserva la T mayúscula para la temperatura). Con estas representaciones se puede escribir que la corriente eléctrica $I = Q/t$ medida en Cb/Seg o la unidad equivalente A.

$$I(A) = \frac{Q}{t}$$

Las unidades siempre involucran los múltiplos y submúltiplos de las mismas. En electrónica se utilizan por lo general los submúltiplos del A es decir el mA (miliamper) y el μ A (microamper) en la siguiente tabla se pueden observar estas equivalencias.

SIMBOLO	POT DE 10	EQUIV. mA	EQUIV. μ A	NOMBRE
1 A	100 A	1000	1.000.000	AMPER
1 mA	10^{-3} A	1	1.000	MILIAMPER
1 μ A	10^{-6} A	0,001	1	MICROAMPER

ELECTRICIDAD DINÁMICA

La electricidad dinámica se produce cuando existe una fuente permanente de electricidad que provoca la circulación permanente de electrones por un conductor. Las fuentes permanentes de electricidad se dividen en químicas y electromecánicas.

Una pila eléctrica es una fuente química de electricidad. Dentro de la pila se generan reacciones químicas cuyo resultado es la producción de electrones. Estos electrones están disponibles para que circulen por ejemplo por un conductor, pero a diferencia de un cuerpo cargado esa fuente de electrones no se agota. Cuando se los utiliza la pila vuelve a generar mas electrones que reemplazan a los tomados. Podría considerarse que la pila tiene en su interior tanto un cuerpo con exceso de electrones (el terminal negativo) como un cuerpo con falta de electrones (el terminal positivo) y que la pila transforma energía química en eléctrica como para tomar un electrón del terminal negativo y subirlo hasta el positivo.

Una dinamo es una máquina electromecánica que transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica. Hace lo mismo que la pila, es decir que la podemos asimilar a dos cuerpos cargados con diferente polaridad en donde las cargas que circulan son reemplazadas a medida que se van tomando. En este caso la energía necesaria para restaurar las cargas se saca de una interacción magnética entre los electrones y el campo magnético rotatorio de la dinamo.

Con la electricidad dinámica se arriba a otro concepto que es la capacidad de un generador de producir una circulación de corriente permanente. ¿De que depende la corriente eléctrica que circula entre dos cuerpos cargados? Depende de la diferencia de carga existente entre esos cuerpos y del tipo de barra con la cual interconectamos a los mismos. No hace falta en realidad que uno de los cuerpos sea negativo y el otro positivo. Si uno está muy lleno de electrones y el otro solo tiene un pequeño exceso de electrones y se conectan con una barra conductora, la misma equilibrará las cargas de modo que ambos cuerpos tendrán luego de un tiempo una cantidad de electrones promedio. Se puede decir por lo tanto que la circulación de corriente depende de la diferencia de potencial eléctrico entre los dos cuerpos (cuanto mas cargado esta un cuerpo que el otro) y del tipo de barra utilizada para establecer la unión entre los cuerpos. Hablamos de potencial porque un cuerpo cargado tiene una energía potencial, en el sentido de que si no colocamos la barra no hay circulación y por lo tanto la electricidad no puede generar trabajo de ningún tipo.

Los diferentes tipos de barras utilizados para hacer circular las cargas y las diferentes tipos de fuentes generan el concepto de la diferencia de potencial eléctrico y de la resistencia de la barra que analizaremos a continuación.

RESISTENCIA ELÉCTRICA

La característica mas importante de lo que hasta ahora llamamos barra es su capacidad para nivelar las cargas de los cuerpos con mayor o menor velocidad. Intuitivamente sabemos que si coloco una barra de cobre las cargas se nivelan rápidamente; en cambio si coloco una barra de grafito las cargas pueden tardar mucho mas en nivelarse (dependiendo del tipo de grafito). En el primer caso decimos que la barra de cobre tiene muy poca resistencia a la circulación de la corriente eléctrica y el segundo que el grafito presenta mas resistencia a la circulación de los electrones.

¿Como haría Ud. para comparar la resistencia a la circulación electrónica de diferentes materiales? Lo lógico sería realizar probetas idénticas y operar por comparación. En el fondo lo que hace es muy parecido pero mas científico.

Se define a una probeta del material como un alambre de 1 metro de longitud con una sección de 1 mm² y se dice que la resistencia específica de ese material es unitaria cuando el resistor tiene una resistencia de 1Ω (Ohms). La letra elegida para nombrar a la resistencia es R. La formula que da la resistencia en función de la resistencia específica del material y las dimensiones del mismo es la siguiente: $R = R_e \cdot L / S$ en donde R_e es la resistencia específica del material.

$$R (\Omega) = \frac{R_e \times L}{S}$$

En la tabla siguiente expresamos la resistencia específica de los materiales más comunes.

MATERIAL CONDUCTOR	RESISTENCIA ESPECIFICA (L = 1 m, S = 1mm ²)
PLATA	0,016 Ω
COBRE	0,018 Ω
ALUMINIO	0,03 Ω
HIERRO	0,1 Ω
NIQUEL	0,13 Ω
ESTAÑO	0,142 Ω
BRONCE	0,17 Ω
PLOMO	0,20 Ω

Tabla de resistencias específicas

En electrónica se hace un uso enorme de barras de diferente resistencia. Tanto, que en realidad se define un componente llamado resistor, que puede tener valores específicos de resistencia que difieren entre si en un 1%, en un 5% o un 10% de acuerdo con su calidad. Estos resistores están contruidos con grafito y poseen terminales de cobre para su soldadura en circuitos impresos con cobre sobre una lámina aislante.

La unidad Ohm representada por la letra griega Omega (Ω) tiene por supuesto múltiplos y submúltiplos como el Amper. Las siguientes igualdades nos indican los múltiplos y submúltiplos más utilizados:

SIMBOLO	EQUIVALENCIA	NOMBRE
1 Ω	1000 m Ω = 1 Ω	MILIOHM
1 K Ω	1 K Ω = 1.000 Ω	KILOOHMB
1 M Ω	1 M Ω = 1.000.000 Ω	MEGAOHM

TENSIÓN ELÉCTRICA

Se dice que una fuente tiene una diferencia de potencial o tensión de 1 Voltio cuando al conectarle un resistor de 1 Ω circula 1 A de corriente eléctrica por él. La tensión de una fuente se individualiza por la letra E y su unidad el Voltio por la letra V. Las siguientes igualdades nos indican los múltiplos y submúltiplos más utilizados:

SIMBOLO	EQUIVALENCIA	NOMBRE
1 μ V	1.000.000 μ V = 1 V	MCROVOLT
1 mV	1.000 mV = 1 V	MILIVOLT
1 KV	1 KV = 1.000 V	KILOVOLT

En realidad la tensión de una fuente y la diferencia de potencial no obedecen al mismo concepto. Entre ambas características existe una pequeña diferencia que pasamos a explicar.

Toda fuente de electricidad posee una resistencia interna asociada que no puede ser evitada. Tomemos por ejemplo una pila del tipo A (las mas grandes usadas en linternas). Si medimos la tensión que entrega una pila nueva sin colocarle ningún resistor de carga, mediremos una tensión de exactamente 1,52V (la tensión depende de los materiales usados para su construcción, las pilas mas comunes utilizan grafito y zinc como electrodos y son las que dan exactamente esa tensión). Pero el grafito y el resto de los materiales que forman parte de la pila tienen cierta resistencia que debe ser considerada. En cambio si colocamos un resistor de carga de 1 Ω la tensión de la pila se reduce a 1,3V aproximadamente. Esto significa que esa pila tiene una resistencia interna que vamos a aprender a calcular posteriormente.

Por ahora podemos decir que la diferencia de potencial de la pila (o la tensión sin carga que es lo mismo) es de 1,52V y que la tensión cargada depende de la carga conectada, pero para una carga de 1 Ω es de 1,3V.

Los generadores electromecánicos (dinamos) también poseen una diferencia de potencial y una tensión de trabajo con carga. En este caso la resistencia interna de la fuente está formada por la resistencia de los bobinados del dispositivo.

LEY DE OHM

Una de las leyes más importante de la electrónica es la ley de Ohm. El conocimiento por parte del alumno de esta ley es imprescindible y su aplicación no debe presentar ningún tipo de duda. Dudar en la aplicación de la ley de Ohm implica que todo el conocimiento que posteriormente se adquiera estará viciado de nulidad. Por eso le pedimos que preste la mayor atención y practique con la ley de Ohm hasta que no tenga la menor duda. En la próxima entrega vamos a insistir sobre el tema pero utilizando una herramienta invaluable para ello; el laboratorio virtual Live Wire muy difundido en la Argentina. Pero primero debemos captar el concepto a la antigua es decir utilizando solo nuestra capacidad de raciocinio.

La ley de Ohm es muy lógica e intuitiva y el alumno seguramente la va a entender con total facilidad. En la figura 1 se puede observar lo que en electrónica se llama un circuito.

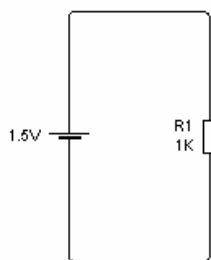


Fig. 1 Circuito de una pila cargada con un resistor

Evidentemente se trata de un dibujo esquematizado de la realidad. En lugar de dibujar una pila real, un resistor real y los cables que conectan a esos componentes se los reemplaza por un esquema fácil de dibujar. A la derecha se puede observar el símbolo de un resistor y a la izquierda el de una pila unido por líneas que representan a los cables del circuito o a las pistas del circuito impreso de cobre. Inclusive siempre se dibuja la pila de modo que la raya mas larga sea el terminal positivo de la misma.

En este circuito están claramente determinados dos parámetros mas importantes. La tensión de la pila y la resistencia del resistor conectado sobre ella y que por supuesto tiene aplicada la misma tensión que tiene la pila. Ignoramos la corriente que circula por el circuito. La ley de Ohm nos permite calcularla mediante una ecuación.

Ohm dice que $I = E / R$ y esta formula es totalmente lógica porque a medida que la resistencia R aumenta se reduce la corriente circulante I y viceversa. También nos indica que a medida que aumentamos la tensión E aumentará la corriente y viceversa.

Calculemos la corriente circulante en nuestro sencillo circuito

$$I = 1,5V / 1 K\Omega \text{ ó } I = 1,5V / 1.000 \Omega = 0,0015 A = 1,5 \text{ mA}$$

La ley de Ohm no solo sirve para calcular la corriente por el circuito. Podría ocurrir que en realidad conozcamos la tensión de la pila y queremos que circule una determinada corriente por el circuito (por ejemplo 2 mA) quedando como incógnita el valor del resistor. Realizando una transposición de términos podemos decir que:

$$R = E / I \text{ y reemplazando } R = 1,5V / 2 \text{ mA} \Rightarrow R = 0,75 K\Omega = 750 \Omega$$

Por último podría ocurrir que conozcamos el valor de R y de I y necesitemos calcular el valor de la tensión de la pila. Por ejemplo si $R = 2K\Omega$ y $I = 2 \text{ mA}$ se puede calcular que:

$$E = R \times I \text{ y reemplazando } E = 2K \times 2 \text{ mA} = 2000 \times 0,002 = 4 V$$

Le pedimos al alumno que aplique la ley de Ohm para diferentes valores de E , R y I para que tome confianza con el tema. Y sobre todo le pedimos que intente el uso de notación científica para resolver los circuitos con mayor rapidez y seguridad. Le aconsejamos que dentro de sus posibilidades compre una calculadora científica para realizar las prácticas. O si tiene una PC que utilice la calculadora científica que viene con Windows.

■ CONCLUSIONES

Y así entramos en tema. En esta unidad didáctica aprendimos los principios de la electrónica de un modo práctico y sencillo. Tal vez el alumno se encuentre con dificultades para realizar los cálculos de ley de Ohm; si ese es su problema no se preocupe que en la próxima unidad didáctica vamos a enseñarle a utilizar el laboratorio virtual Live Wire que le permitirá verificar los cálculos realizados.

Pero recuerde que un programa no puede pensar por Ud.. El laboratorio virtual lo va a ayudar en la medida que Ud. comprenda las leyes de la electrónica con toda claridad. Si Ud. no le puede plantear los problemas al laboratorio virtual, con toda seguridad él no lo podrá ayudar en nada.