

TEORÍA Y TECNOLOGÍA FUNDAMENTALES

LUIS FLOWER LEIVA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - CORRIENTE ELÉCTRICA

Página

Física eléctrica 5

Corriente eléctrica 7

Conductores, aislantes y semiconductores 8

Clases de corriente eléctrica

Corriente continua 8

Corriente alterna 10

Sistemas de generación de A.C. más usados 10

Características generales de la corriente alterna 11

Valores de la corriente alterna 12

Magnitudes eléctricas fundamentales

Intensidad 13

Tensión 14

Resistencia 16

Instrumentos de medición

Clasificación según su principio de funcionamiento 19

Clasificación según la medición que pueden realizar

Amperímetros 21

Voltímetros 21

Óhmetros 21

Multímetros 22

Vatímetros 22

Ley de Ohm 27

Ley de Watt 29

Relaciones que se pueden establecer entre las leyes de Ohm y Watt 30

CAPÍTULO 2 - CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Circuito serie 39

Circuito paralelo 45

Circuito mixto (serie-paralelo) 51

CAPÍTULO 3 - INDUCTANCIA Y CAPACITANCIA

Magnetismo	57
Electromagnetismo	58
Inductancia	60
Capacitancia	61

Circuitos inductivos y capacitivos

Circuitos puramente inductivos	63
Circuitos puramente capacitivos	64

Circuitos RL

Circuitos RL en serie	65
Circuitos RL en paralelo	67

Circuitos RC

Circuitos RC en serie	69
Circuitos RC en paralelo	70

CAPÍTULO 4 - CONDUCTORES Y DUCTOS

Conductores	73
Caída de tensión	78
Canalizaciones y ductos	79
Puesta a tierra	82

CAPÍTULO 5 - ANEXOS

Reglamento Técnico de Instalaciones Electricas (RETIE)	85
Código Eléctrico Colombiano NTC 2050	105

LOS ASPECTOS TEÓRICOS Y TECNOLÓGICOS QUE SE CONSIGNAN A CONTINUACIÓN SON AQUELLOS QUE SE CONSIDERAN FUNDAMENTALES Y QUE UN TÉCNICO DEBE TENER SIEMPRE PRESENTE.

UN BUEN TÉCNICO DEBE TENER PARA CONSULTAR FRECUENTEMENTE EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE) Y EL CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050

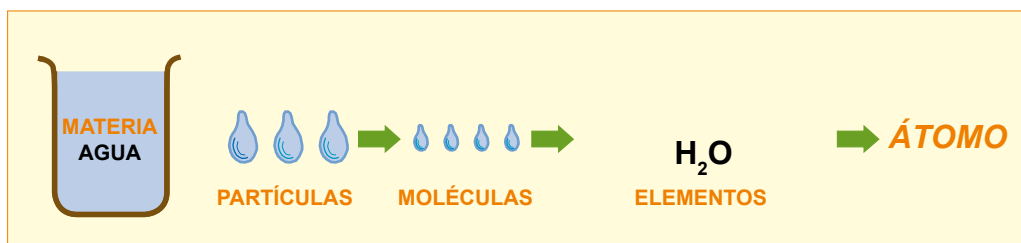
FISICA ELÉCTRICA

MATERIA

Es todo aquello que puede ser percibido por nuestros sentidos y ocupa un lugar en el espacio: los metales, los gases, los líquidos, etc. Puede estar conformada por uno o varios elementos.

ELEMENTO

Sustancia básica que no puede descomponerse en otro tipo de componentes y que sirven para constituir toda la materia existente en el universo. Actualmente se conocen 116 elementos.

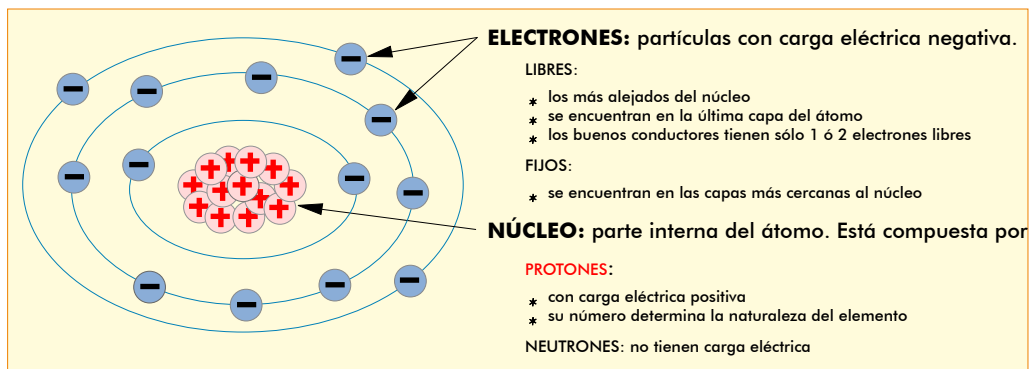


MOLÉCULA

Es la parte más pequeña en que puede dividirse la materia (cuando está conformada por varios elementos), sin que pierda sus características físicas y químicas. Está compuesta por átomos.

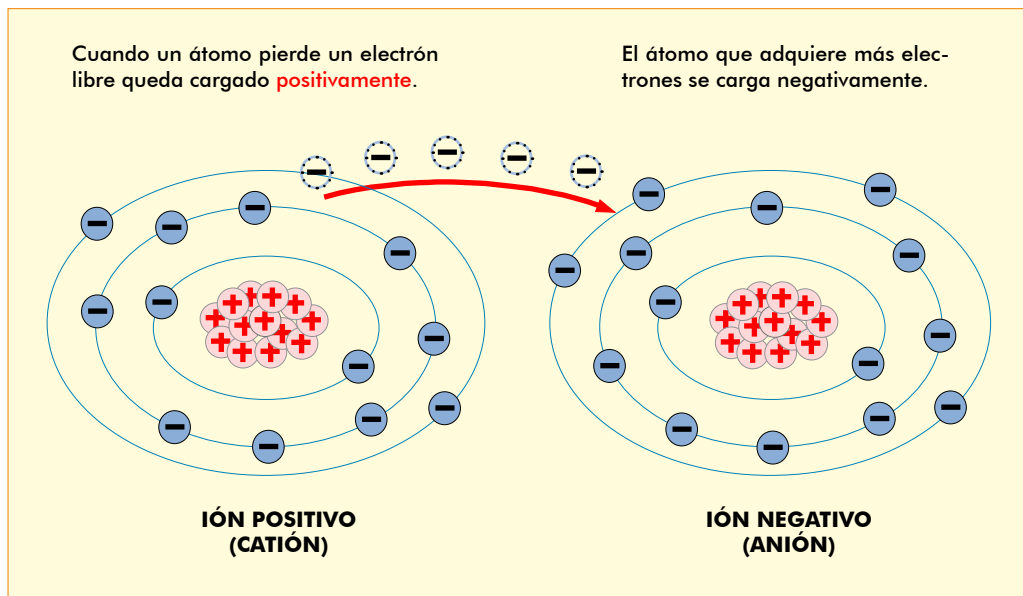
ÁTOMO

Es la parte más pequeña en que puede dividirse un elemento sin que pierda sus características físicas y químicas. Está compuesto especialmente por protones, electrones y neutrones.



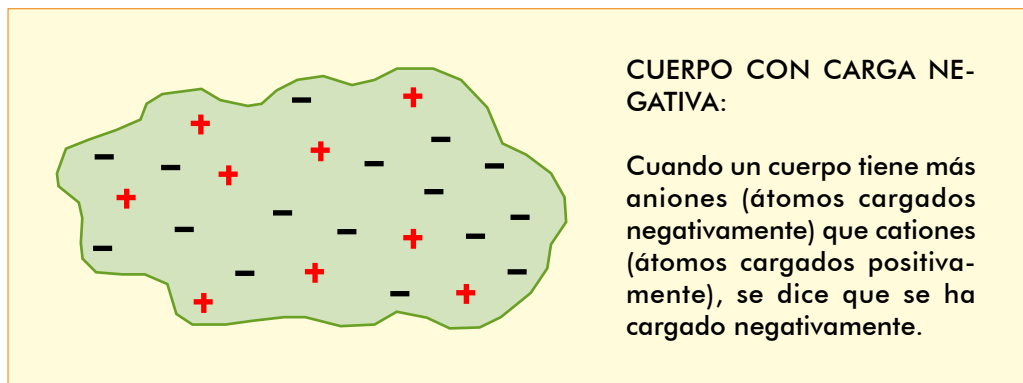
Los átomos en estado natural son eléctricamente neutros, porque tienen la misma cantidad de protones y electrones, pero pueden cargarse positiva o negativamente.

Los electrones libres se encuentran en la capa de valencia. Si se aumenta el potencial de esta capa, uno de los electrones de valencia abandona su átomo para pasarse al más cercano.



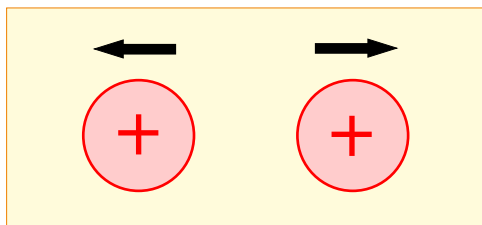
Todos los cuerpos están compuestos por muchísimos átomos, por lo cual, en estado natural, son eléctricamente neutros, es decir sin carga eléctrica específica.

Si mediante algún sistema, por ejemplo frotamiento, un gran número de sus átomos se cargan eléctricamente, el cuerpo también quedará cargado eléctricamente: si hay más cationes que aniones, el cuerpo quedará cargado positivamente, de lo contrario quedará cargado negativamente.

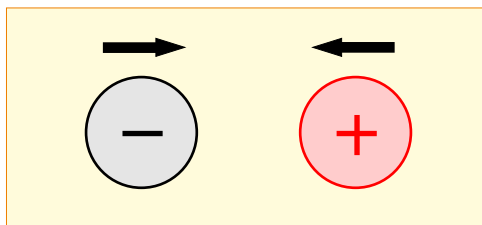


LEY DE COULOMB

Dos cuerpos con igual carga eléctrica, positiva o negativa, se repelen.



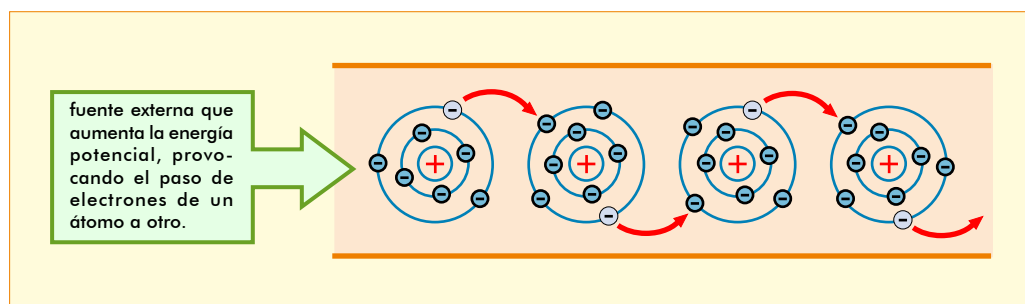
Cuando dos cuerpos tienen cargas eléctricas diferentes, se atraen.



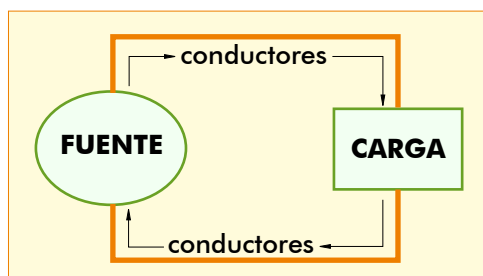
Este fenómeno, que se produce en los cuerpos cargados eléctricamente, dio origen a la formulación de la Ley de las cargas electrostáticas de Coulomb: «cargas eléctricas iguales se repelen y cargas eléctricas distintas se atraen».

CORRIENTE ELÉCTRICA

ES EL PASO DE ELECTRONES A TRAVÉS DE UN CONDUCTOR



La corriente eléctrica es transmisión de energía, por lo cual se desplaza aproximadamente a 300,000 Km por segundo, y debe existir necesariamente un circuito que permita este flujo constante de electrones, entre la fuente y una carga, donde la energía eléctrica se transforma en otras formas de energía: luz, calor, movimiento mecánico, etc.



CONDUCTORES, AISLANTES Y SEMICONDUCTORES

Conductores: elementos en los cuales los electrones de valencia se liberan fácilmente de sus átomos porque son muy pocos. La mayor parte de los metales son buenos conductores, pero los que tienen un solo electrón libre son los mejores. Los más conocidos y usados son la plata, el cobre y el oro. Estos tres elementos tienen 1 electrón de valencia, sin embargo la plata es el mejor conductor, luego el cobre y finalmente el oro, debido a que en una misma cantidad de material, la plata tiene más átomos que los otros dos y por consiguiente hay un mayor número de electrones libres que pueden desplazarse.

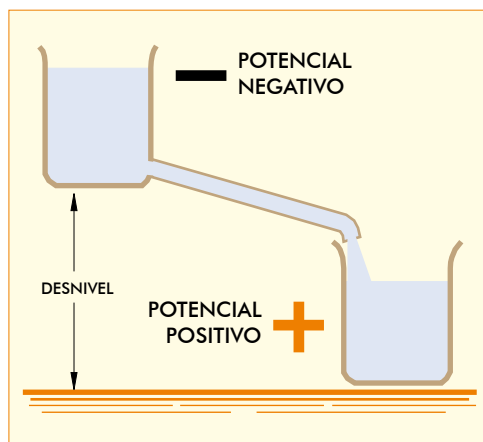
Aislantes: materiales en los cuales los electrones de valencia se liberan con más dificultad de sus átomos. Cuantos más electrones libres tengan sus átomos (máximo 8) serán mejores aislantes. Los aislantes más usados no son elementos sino compuestos, como el vidrio, el plástico, la cerámica, etc.

Semiconductores: materiales cuyos átomos tienen 4 electrones de valencia. Conducen mejor que los aisladores, pero no tan bien como los conductores. Entre los semiconductores más usados se encuentran el germanio, el silicio y el selenio.

TEORÍA ELECTRÓNICA

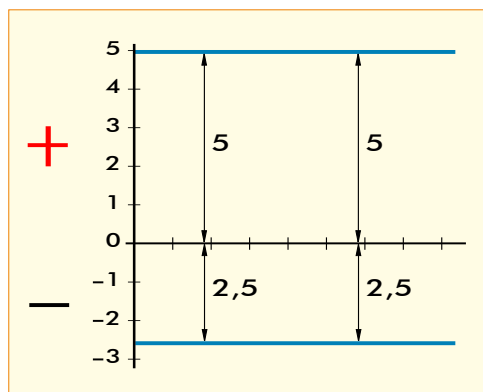
Los electrones se desplazan siempre de un potencial negativo a un potencial positivo, de tal manera que para que exista corriente eléctrica debe haber

necesariamente una diferencia de potencial, de la misma manera como para que se produzca flujo de agua entre un tanque y otro, debe darse un desnivel entre ambos, para que el agua del tanque superior pase al inferior.



CLASES DE CORRIENTE ELÉCTRICA

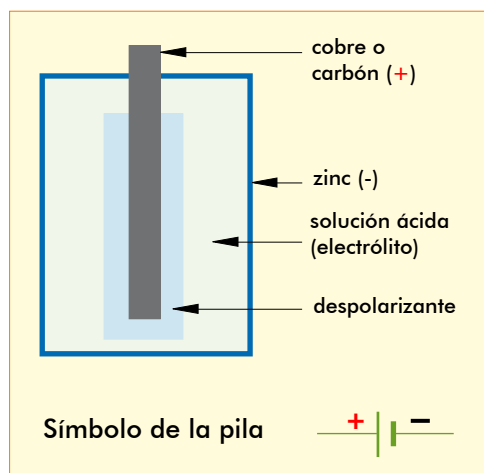
CORRIENTE CONTINUA (C.C. ó DC): corriente eléctrica que no varía ni en magnitud ni en sentido. Su símbolo es --- .



En la gráfica podemos ver que la corriente continua, durante todo su proceso de generación, no ha cambiado ni su magnitud (5 una y 2,5 la otra), ni su sentido (positiva la primera y negativa la segunda).

FORMAS DE PRODUCIR CORRIENTE ELÉCTRICA CONTINUA:

Una de las formas más usadas para producir corriente eléctrica continua es por reacción química, concretamente en las pilas y baterías. En ellas los electrones van del polo negativo al polo positivo.



Actualmente existen muchos tipos de pilas: las normales (en diferentes tamaños: AAA, AA, A) que se usan en las linternas, radios portátiles, walk-man, etc., las de mercurio (usadas especialmente en los relojes de pulso), las alcalinas, etc. Estas pilas, una vez que han agotado su carga deben desecharse.

Las «pilas» que tienen 3V o 9V (u otros valores diferentes de 1,5V) en realidad no son pilas sino **baterías** (varias pilas conectadas en serie), como las que se usan normalmente en los automotores.

Basados en el principio empleado por Alejandro Volta, en la fabricación de la primera pila eléctrica, es posible construir una pila empleando elementos alcalinos o salinos. Veamos un ejemplo sencillo: se toma un limón y dos pedazos de metales diferentes, en lo posible cobre y zinc, que se introducen debidamente separados en el limón. El cobre será el polo positivo y el zinc el polo negativo. Dependiendo de la acidez del limón y la calidad del cobre y zinc, se obtendrá mayor o menor cantidad de corriente eléctrica. La corriente que se genera es posible medirla con un multímetro. Con un poco de suerte se puede lograr incluso que se encienda un bombillo, de los que se emplean en las linternas para una sola pila. El problema que se presenta es que el cobre se polariza rápidamente, impidiendo que los electrones sigan fluyendo, por lo cual hay que retirar el cobre, limpiarlo e introducirlo nuevamente en el limón.

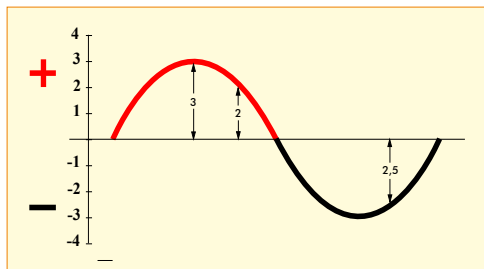
Encontramos también las **pilas recargables**, muy parecidas a las anteriores, las cuales una vez que se han descargado por el uso, es posible recargarlas con unos aparatos (cargadores) especialmente diseñados para este fin. Es necesario insistir mucho que las pilas recargables deben estar claramente identificadas como tales y los cargadores deben ser los adecuados, ya que no todas estas pilas se pueden recargar con el mismo cargador.

Existen algunos elementos, llamados piezoeléctricos, que sirven para producir electricidad al presionarlos. Actualmente se usan mucho en los encendedores de las estufas a gas.

También puede producirse corriente continua empleando campos magnéticos. Estos aparatos se llaman generadores

CORRIENTE ALTERNA (C.A. ó A.C.): corriente eléctrica que varía a intervalos periódicos en magnitud y sentido. Su símbolo es $\sim$.

El cambio de sentido y dirección depende



de la forma cómo se genera la corriente alterna: una bobina gira en el interior de un campo magnético, de manera que cada onda o senoide corresponde a un giro (revolución) completo de dicha bobina.

En la actualidad la corriente alterna es la más usada (alrededor del 90%) por las innumerables ventajas que ofrece: mayor facilidad para su transformación, transmisión y distribución; es más económica; tiene más versatilidad para algunas aplicaciones, especialmente cuando no pueden realizarse con corriente continua, etc.

SISTEMAS DE GENERACIÓN DE A.C. MÁS USADOS

MONOFÁSICO:

La corriente eléctrica es generada por la rotación de una sola bobina. Para usarla se requieren dos conductores (bifilar): una fase y un neutro.

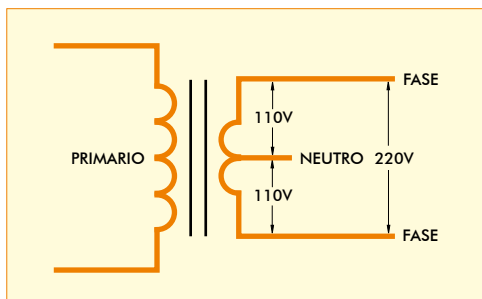
Por esta razón los sistemas usados en las residencias como monofásicos, en realidad no lo son, sino que son parte del sistema trifásico tetrafilar.

BIFÁSICO:

La corriente eléctrica es generada por la rotación de dos bobinas desfasadas entre sí 90° . Para usarla se requieren dos conductores (bifilar), pero a diferencia del sistema monofásico, los dos conductores son únicamente para las fases.

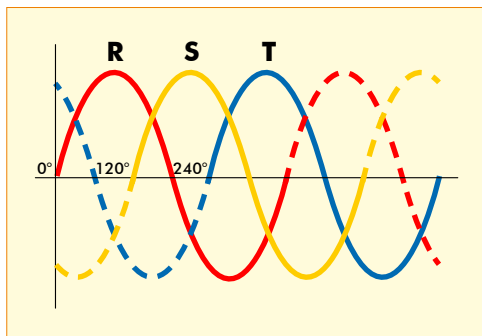
MONOFÁSICO TRIFILAR:

Se obtiene del secundario del transformador. Se tienen tres conductores: las fases se toman de los extremos y el neutro del punto medio del transformador, así la tensión entre fases es el doble de la tensión entre una fase y el neutro.



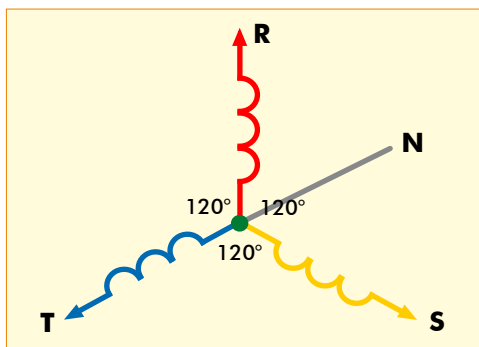
TRIFÁSICO:

La corriente eléctrica es generada por la rotación de tres bobinas desfasadas entre sí 120° .



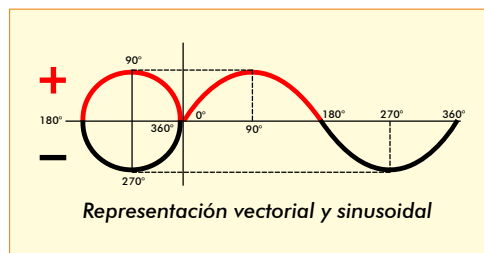
Dependiendo de la forma como se conecten las bobinas es posible obtener un sistema **trifilar o tetrafilar**.

El sistema más usado es el tetrafilar: tres fases (R-S-T) y el neutro (N), que se obtiene uniendo entre sí los tres finales de las bobinas (de donde saldrá el neutro) y dejando libres los principios, como puede apreciarse en el diagrama que tenemos al lado.



CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CORRIENTE ALTERNA

CICLO: variación completa de la tensión y/o corriente de 0 (la bobina no gira y por tanto no corta líneas de fuerza) a un valor máximo positivo (la bobina empieza a girar hasta cortar un máximo de líneas de fuerza, coincidiendo el sentido de giro con el sentido que siguen las líneas de fuerza) y luego a 0 (cuando la bobina completa medio giro deja de cortar líneas de fuerza), de éste a un valor máximo negativo (la bobina sigue girando hasta cortar nuevamente un máximo de líneas de fuerza, pero ahora el sentido de giro de la bobina es opuesto al sentido que siguen las líneas de fuerza) y finalmente de nuevo a 0 (completando la bobina un giro).



FRECUENCIA (f): número de ciclos que se producen en un segundo (cps). Su unidad es el hertz (Hz), que equivale a un ciclo (un giro completo de la bobina) por segundo. Se representa con la letra f.

Actualmente las frecuencias eléctricas más usadas en Europa y América son 50 Hz y 60 Hz. En Colombia la frecuencia usada es 60 Hz.

PERÍODO (T): tiempo necesario para que un ciclo se repita. Se mide en segundos y se representa con la letra T. El valor del período es inverso al de la frecuencia:

$$T = 1/f \text{ ó } f = 1/T$$

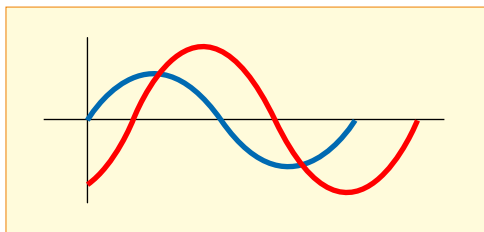
LONGITUD DE ONDA (λ): distancia (en línea recta) que puede recorrer la corriente en el tiempo que dura un ciclo completo.

La longitud de onda es igual a la velocidad de la corriente eléctrica dividida entre la frecuencia:

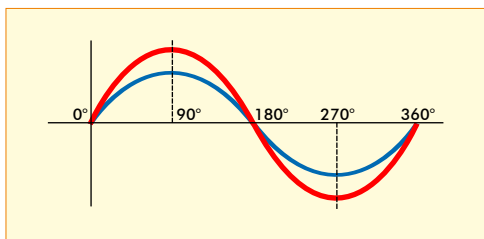
$$\lambda = \frac{300.000 \text{ Km/seg}}{f}$$

AMPLITUD: distancia que hay entre 0 y un valor máximo (positivo o negativo). En otras palabras es el valor máximo que alcanza la corriente o tensión.

FASE: relación de tiempo entre ondas que representan tensiones, corrientes o tensiones y corrientes, independientemente de sus magnitudes.

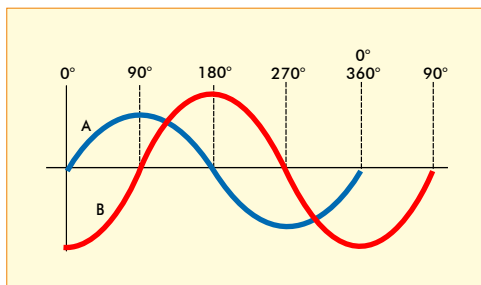


ONDAS EN FASE: cuando comienzan y terminan al mismo tiempo, o bien cuando sus valores máximos se producen simultáneamente.



DEFASAJE O DIFERENCIA DE FASES: se dice que dos ondas (que tienen la misma longitud, no necesariamente la

misma amplitud) están defasadas cuando sus valores máximos no se producen al mismo tiempo.



El desfase que se da entre dos o más ondas depende del retraso o adelanto de una onda con respecto a la otra.

Generalmente se mide en grados, para una mayor precisión.

En el gráfico vemos que la onda B está adelantada 90° a la onda A, o bien que la onda A está retrasada 90° con relación a la onda B.

VALORES DE LA CORRIENTE ALTERNA

INSTANTÁNEO:

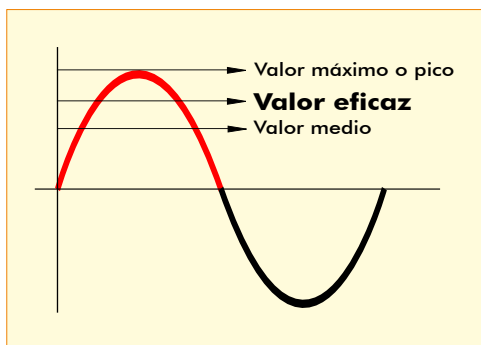
Valor que tiene la corriente o tensión en un instante determinado, por lo que una onda tiene infinito número de valores instantáneos.

MÁXIMO O PICO:

Es el valor instantáneo más alto que puede alcanzar la corriente y/o tensión en un semiciclo. Por consiguiente toda onda tendrá dos valores máximos: uno positivo y otro negativo.

Este valor debemos tenerlo muy en cuenta por lo siguiente:

Seguridad: aún cuando el valor máxi-



mo se produce solamente dos veces por cada ciclo, puede ofrecer enormes riesgos para la integridad personal, por los altos valores que alcanza con relación al valor de la corriente o voltaje que se consideran normalmente.

Por ejemplo el valor pico para una tensión de 120 V es de 170 V y para una tensión de 208 V es de 294 V, que como puede apreciarse claramente, son valores que están muy por encima de los valores que se toman en cuenta y por consiguiente son más peligrosos.

Aislamiento: al considerar el aislamiento de un conductor se debe tener en cuenta el valor máximo, porque en realidad soportará tensiones mucho más altas (aún cuando esto suceda sólo por momentos) en un circuito con A.C. y que podrían perforar el material aislante.

MEDIO O PROMEDIO:

Es el promedio de todos los valores instantáneos de medio ciclo. Es igual al valor máximo por 0,637.

Se toma en cuenta sólo medio ciclo, porque si se tomara en cuenta un ciclo completo el promedio sería 0.

EFFECTIVO, EFICAZ O CUADRÁTICO MEDIO (r.c.m.):

El valor eficaz de una tensión o corriente alterna es aquel que, en un circuito puramente resistivo, produce la misma cantidad de calor que la producida por una corriente continua que tiene un valor equivalente. Se obtiene dividiendo el valor pico entre 1,41 o bien multiplicándolo por 0,707. De igual forma es posible obtener el valor pico multiplicando el valor eficaz por 1,41 o dividiéndolo por 0,707.

Por ejemplo si la E pico es 170 V, la E eficaz será: $170 \text{ V} \times 0,707 = 120,19 \text{ V}$.

Es el valor más importante, ya que cuando se habla normalmente de ciertos valores de tensión o corriente, se hace referencia al valor eficaz. De la misma forma, los instrumentos de medición están contruidos para medir valores eficaces.

MAGNITUDES ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES

Si bien es cierto que existen muchas magnitudes para poder medir la corrien-

te eléctrica, aquí veremos solamente las básicas o fundamentales.

INTENSIDAD, amperaje o simplemente corriente (I): es la cantidad de electrones que circula por un conductor en unidad de tiempo. La unidad que se emplea para medir esta magnitud es el **amperio**.

AMPERIO (A): el paso de un coulombio ($6,28 \times 10^{18}$ electrones) en un segundo, a través de un conductor.

Como esta unidad básica no siempre es la más adecuada, porque se pueden tener corrientes muy grandes o muy pequeñas, de manera que con el amperio

se dificultaría medirlas, existen otras unidades, llamadas múltiplos y submúltiplos. Veamos las más usadas:

Múltiplos:

Kiloamperio (kA): equivale a 1.000 A.

$$\text{kA} = 1.000\text{A} = 10^3 \text{ A}$$

Submúltiplos:

Miliamperio (mA): equivale a la milésima parte de un amperio.

$$\text{mA} = 0,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

Microamperio (μA): equivale a la millonésima parte de un amperio.

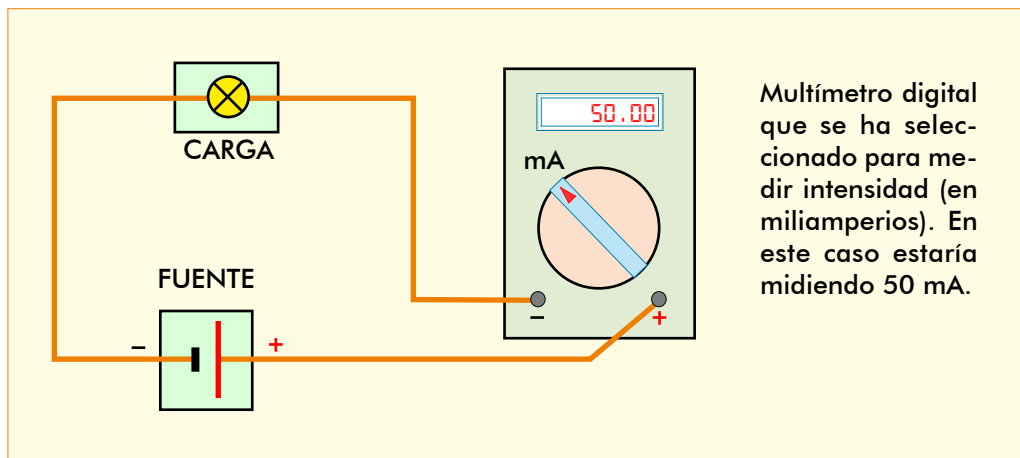
$$\mu\text{A} = 0,000001 \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

MEDICIÓN DE LA CORRIENTE

Para poder medir la corriente es neces-

rio tener un circuito cerrado, de manera que la corriente pueda circular por el mismo.

La medición se realiza con el **amperímetro** o la **pinza amperométrica**. Si se usa el **multímetro** debe estar seleccionado como amperímetro.



Para conectar el instrumento, se corta o interrumpe solamente uno de los conductores que va de la fuente a la carga, conectando los extremos obtenidos al amperímetro. Al conectar el instrumento, cuando se va a medir corriente continua, es necesario tener presente la polaridad de la fuente y del instrumento: positivo

con positivo y negativo con negativo.

Si se va a medir corriente alterna no se necesita tener en cuenta la polaridad.

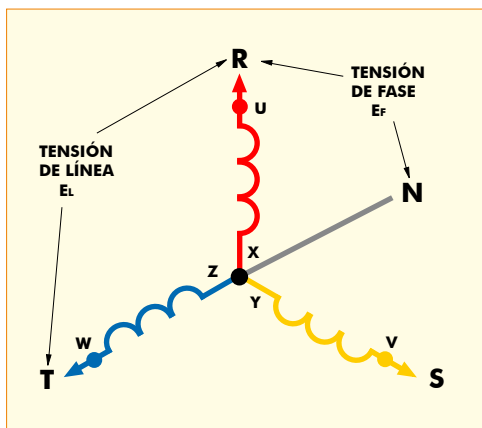
En el tema de los instrumentos de medición se verá ampliamente la forma de usarlos correctamente.

TENSIÓN, diferencia de potencial o fuerza electromotriz (E ó U).

Sobre el término en sí y su definición existen diversas precisiones: La F.E.M. se refiere más a la energía entregada por una fuente, mientras que la tensión tiene más relación con la diferencia entre los potenciales de dos puntos de un circuito. Con esta aclaración debemos tratar de entender los conceptos que se emiten a continuación.

TENSIÓN es la diferencia de los potenciales que existe en los extremos de una carga eléctrica o entre dos conductores. Cuando se emplea corriente alterna **trifásica tetrafilar**, es necesario tener presente que se originan dos tipos de tensiones:

TENSIÓN DE LÍNEA o tensión compuesta (E_L): es la diferencia de potencial entre dos conductores de línea o entre fases (RS - RT - ST).



$$\cos 30^\circ = \sqrt{3} / 2$$

$$E_L = 2 \cos 30^\circ E_F$$

$$E_L = 2 (\sqrt{3} / 2) E_F$$

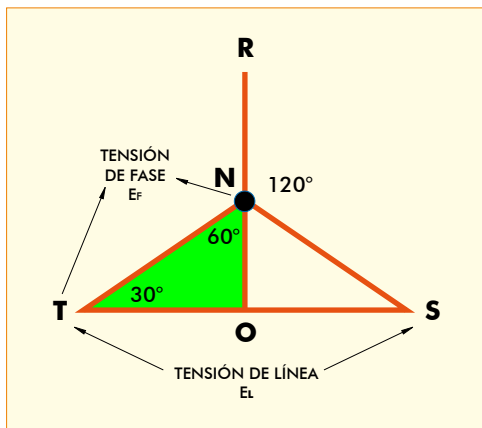
$$E_L = \sqrt{3} E_F \quad \text{o} \quad \text{bien}$$

$$E_F = E_L / \sqrt{3}$$

de modo que la tensión de línea será $\sqrt{3}$ veces mayor que la tensión de fase y a su vez la tensión de fase será $\sqrt{3}$ veces menor que la tensión de línea.

TENSIÓN DE FASE o tensión simple (E_F): es la diferencia de potencial que hay entre un conductor de línea o fase y el neutro (RN - SN - TN).

El valor de la tensión de línea y el de la tensión de fase están estrechamente relacionados entre sí. En efecto:



Si en el triángulo TSN:

$$TS = E_L \quad TN = SN = E_F$$

$$TS = TO + OS$$

$$TO = OS$$

$$E_L = 2 TO$$

$$TO = \cos 30^\circ TN$$

$$TO = \cos 30^\circ E_F$$

La unidad que se emplea para medir esta magnitud es el **voltio**.

VOLTIO (V): es la diferencia de potencial que causa el paso de un coulombio para producir un julio de trabajo. En otros términos, voltio es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un circuito, por el cual, cuando la potencia desarrollada es de un vatio, circula una corriente de un amperio.

Como la unidad básica no siempre es la más adecuada, porque se pueden tener tensiones muy grandes o muy pequeñas y que con el voltio se dificultaría medirlas, existen otras unidades que permiten una fácil y correcta medición. Veamos las más usadas:

Múltiplos:

Kilovoltio (kV): equivale a 1.000 V

$$kV = 1.000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$$

Megavoltio (MV): equivale a 1'000.000 V

$$MV = 1'000.000 \text{ V} = 10^6 \text{ V}$$

Submúltiplos:

Milivoltio (mV): equivalente a la milésima parte de un voltio

$$mV = 0,001 \text{ V} = 10^{-3} \text{ V}$$

microvoltio (μV): es equivalente a la millonésima parte de un voltio

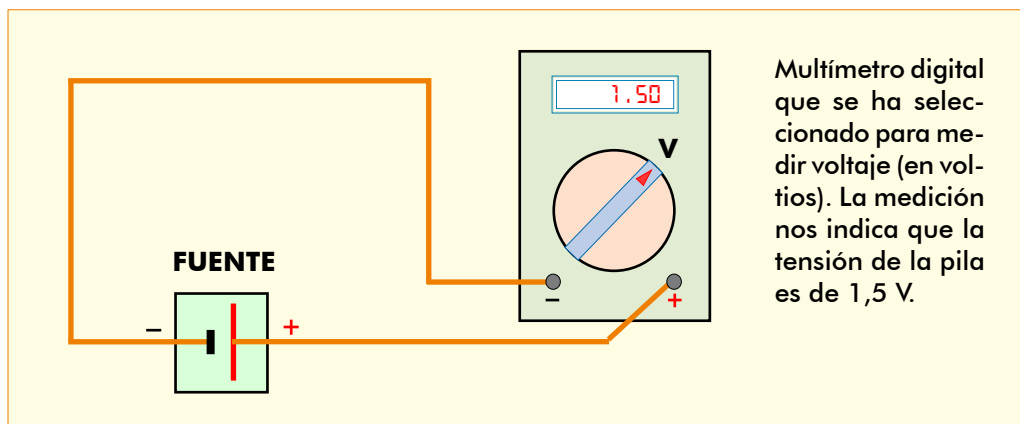
$$\mu\text{V} = 0,000001 \text{ V} = 10^{-6} \text{ V}$$

MEDICIÓN DE LA TENSIÓN

Para poder medir la tensión en un circuito se emplea el **voltímetro** o el **multímetro**, si se selecciona como voltímetro.

La tensión se mide fundamentalmente en la fuente, por lo cual no es necesario tener un circuito, pero si se tiene es posible medir la tensión que llega a cada una de las cargas del circuito.

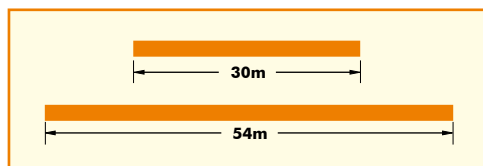
Si la medición se realiza **con corriente continua se toma en cuenta la polaridad**, en cambio si es con corriente alterna no.



RESISTENCIA (R), es la oposición o dificultad que ofrece un conductor al paso de la corriente. La unidad que se emplea para medir esta magnitud es el **ohmio**.

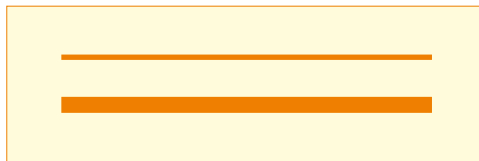
FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DE UN CONDUCTOR

LONGITUD DEL CONDUCTOR (L): La resistencia y la longitud del conductor son directamente proporcionales, es decir que cuanto más largo sea un conductor presentará mayor oposición al paso de la corriente.



De los dos conductores, el de 54 m ofrecerá mayor resistencia que el de 30m, al paso de la corriente.

SECCIÓN DEL CONDUCTOR (S): la resistencia y la sección, grosor o más conocido como calibre del conductor, son inversamente proporcionales, es decir que cuanto más grueso sea un conductor, presentará menor oposición al paso de la corriente.



De los dos conductores, el delgado ofrecerá mayor resistencia, al paso de la corriente, que el grueso.

COEFICIENTE DE RESISTIVIDAD (ρ): es la resistencia específica que ofrece un material dependiendo de su estructura física o naturaleza. Se expresa como un valor numérico constante, el cual es directamente proporcional a la resistencia. Su valor se da en ohmios por metro por milímetro cuadrado de sección. Veamos dos ejemplos muy usados:

para el cobre es de $0,0172 \frac{\Omega}{\text{m/mm}^2}$

y del aluminio es de $0,028 \frac{\Omega}{\text{m/mm}^2}$

La relación entre la resistencia, longitud, sección y coeficiente de resistividad se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

TEMPERATURA: normalmente con el incremento de la temperatura aumenta la resistencia de los conductores. Sin embargo se encuentran materiales en los cuales, al aumentar la temperatura disminuye la resistencia. Es decir que, para algunos materiales, la resistencia y la temperatura son directamente proporcionales, y para otros materiales son inversamente proporcionales.

Este comportamiento variable da origen a las termorresistencias o termistores.

- **Resistencias NTC** (coeficiente negativo de temperatura): son elementos en los cuales la resistencia baja rápidamente al aumentar la temperatura.
- **Resistencias PTC** (coeficiente positivo de temperatura): son elementos con un coeficiente de temperatura muy positivo, dentro de un margen de temperatura determinado, fuera del cual

el coeficiente puede ser cero o incluso negativo. En general al aumentar la temperatura aumenta también la resistencia.

LUZ: existen elementos denominados fotorresistencias cuya resistencia varía al cambiar las condiciones luminosas del ambiente. El valor de la resistencia disminuye a medida que aumenta la luz.

TENSIÓN: materiales llamados VDR en los cuales el valor de la resistencia disminuye cuando se les aplica determinada tensión.

OHMIO (Ω): es la resistencia que ofrece una columna de mercurio de 106,3cm de longitud y 1 mm² de sección al paso de la corriente.

Múltiplos:

kilohmio (k Ω): es equivalente a 1.000 Ω = 10³ Ω

megohmio (M Ω): equivalente a 1'000.000 Ω = 10⁶ Ω

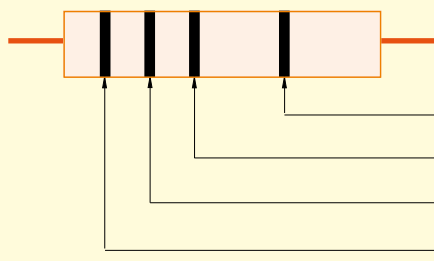
Submúltiplos:

en la práctica no se emplean por cuanto el ohmio es una unidad muy pequeña.

RESISTENCIAS DE CARBÓN

O resistores son elementos muy usados en la actualidad, especialmente en electrónica. Su valor está dado por unas bandas de colores (normalmente 4), conocido como código de colores:

negro	0	azul	6
café	1	violeta	7
rojo	2	gris	8
naranja	3	blanco	9
amarillo	4	dorado	± 5%
verde	5	plateado	± 10%



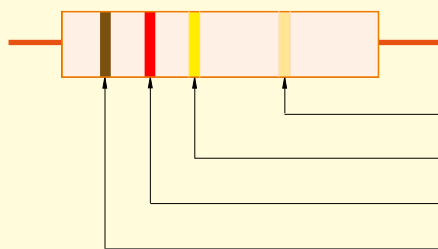
Tolerancia (en porcentaje)

Cifra multiplicativa

Segunda cifra significativa

Primera cifra significativa

Para conocer el valor de la resistencia se coloca la primera cifra significativa, luego se yuxtaponen (a la derecha) en primer lugar la segunda cifra significativa y a continuación tantos ceros como indique la cifra multiplicativa. El valor real de la resistencia deberá estar dentro del margen dado por el porcentaje de la banda de tolerancia. Veamos un ejemplo:



dorado = $\pm 5\%$

amarillo = 4

rojo = 2

café = 1

1 2 0 0 0 0

El valor de la resistencia es de 120.000 Ω

y su valor real estará entre 114.000 y 126.000 Ω , por la tolerancia de $\pm 5\%$.

RESISTENCIAS VARIABLES

Son las resistencias cuyo valor puede cambiarse de acuerdo a la necesidad. Más específicamente se conocen como potenciómetros y reóstatos. Generalmente las resistencias variables constan de un elemento de resistencia circular, sobre el cual se hace deslizar un contacto móvil o cursor, por medio de un eje y una perilla, para ir variando la resistencia, cuyo valor está dado por la resistencia máxima entre el punto móvil y cada uno de sus respectivos extremos, o entre los dos extremos del mismo.

Potenciómetros: son las resistencias variables que tienen sus tres terminales conectados al circuito.

Reóstatos: son las resistencias variables que usan el terminal central, correspondiente al elemento móvil y sólo uno de los extremos.

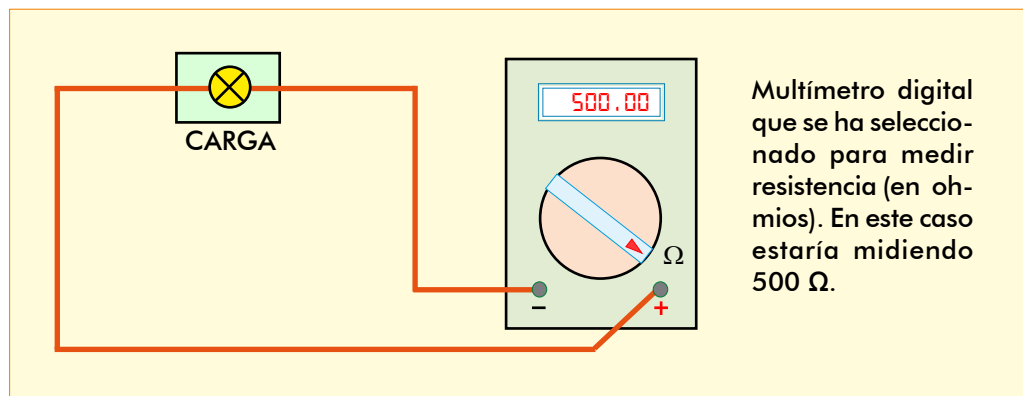
Según su construcción y apariencia exterior, las resistencias variables se dividen en: normales, con interruptor, en tandem, rectas, miniatura.

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA

Para medir la resistencia de una carga es necesario que ésta no tenga ninguna tensión, por tanto el circuito debe estar

completamente desenergizado.

La medición se realiza con un instrumento llamado óhmetro o un multímetro seleccionado como óhmetro.



INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Existe una gran variedad de instrumentos de medición de la corriente eléctrica, por lo cual veremos algunos aspectos

fundamentales, que complementen lo visto hasta ahora, para saber de qué se tratan y sobre todo cómo usarlos.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

ANÁLOGOS

ELECTROMAGNÉTICOS O DE BOBINA MÓVIL: estos instrumentos tienen una pequeña bobina, la cual está situada en la parte interna del campo magnético producido por un imán permanente. Al circular la corriente por dicha bobina se genera otro campo magnético que reacciona con el del imán, haciéndola girar sobre su eje. El giro de la bobina, y el de la aguja que se encuentra unida a ésta, es proporcional a la corriente que circula por la bobina.

Los resortes, unidos a los extremos de la bobina, cumplen una doble función: por un lado sirven como conductores de

entrada y salida a la bobina, y por otro, debido a que están dispuestos en sentidos contrarios, sirven para amortiguar las oscilaciones del conjunto móvil.

Las características más sobresalientes de estos aparatos son:

Estos instrumentos **sirven únicamente para medir corriente continua**. Si se quiere medir corriente alterna deben llevar un rectificador, el cual transforme la corriente alterna en continua.

Solamente los galvanómetros se construyen para funcionar en los dos sentidos, porque el cero se encuentra en el centro de la escala, de manera que la aguja

puede desplazarse hacia la derecha o hacia la izquierda, de acuerdo al sentido de la corriente.

Se consiguen aparatos exactos y sensibles.

DE HIERRO MÓVIL: en estos instrumentos, al circular la corriente por la bobina que tienen en su parte interior, se crea un campo magnético, el cual imana en el mismo sentido las dos placas que están en el interior de la bobina, de tal manera que ambas se repelerán con mayor o menor fuerza, según la intensidad de la corriente que circula por ella. Solamente una placa es móvil, la cual al moverse hará girar el eje, y por tanto el índice o aguja.

Características sobresalientes de estos instrumentos:

- Estos instrumentos **pueden medir corriente continua y corriente alterna**, ya que las dos placas o chapas, al imanarse en el mismo sentido, siempre se repelen.
- Son más robustos y económicos que los electromagnéticos o de bobina móvil, pero al mismo tiempo menos sensibles que éstos.
- Por las razones anteriores es el sistema más usado para la construcción de amperímetros y voltímetros industriales, que normalmente no necesitan ser muy precisos.

ELECTRODINÁMICOS: el principio de funcionamiento de estos instrumentos es el mismo de los electromagnéticos, con la diferencia de que en lugar de un imán permanente tienen otra bobina, de manera que el campo magnético fijo y móvil es producido por la misma

corriente que se va a medir.

Las características sobresalientes de estos instrumentos son:

- Por la sensibilidad que poseen se catalogan como instrumentos intermedios entre los electromagnéticos y los de hierro móvil.
- Si se invierte el sentido de la corriente, se invierte también el sentido del campo de las dos bobinas, de manera que la repulsión de ambos permanece inalterable. Por este motivo es que **pueden usarse tanto con AC como con DC**.

Como voltímetros y amperímetros son más precisos que los de hierro móvil, pero más costosos, por lo que se utilizan únicamente en mediciones de laboratorio.

Una de las aplicaciones más importantes que encontramos es en la construcción de los **vatímetros y contadores**.

DIGITALES

Son instrumentos que se construyen empleando tecnología electrónica.

Algunas características de estos instrumentos:

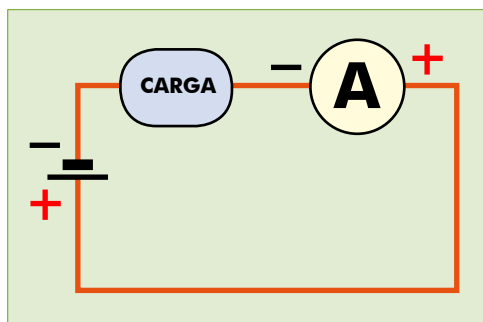
- El valor de la medición se da en forma numérica.
- Al igual que en los instrumentos análogos, encontramos instrumentos de una gran precisión e instrumentos que son menos precisos.
- Normalmente estos instrumentos son más delicados y requieren mayor cuidado que los análogos.

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA MEDICIÓN QUE PUEDEN REALIZAR

AMPERÍMETROS

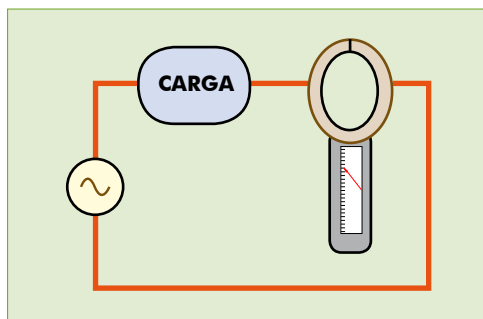
Instrumentos que se usan para medir específicamente intensidades o corrientes, por lo cual **se conectan únicamente en serie con la carga**, cuidando que el positivo quede conectado con el positivo y el negativo con el negativo, si la corriente es continua.

Si se va a medir **corriente alterna** no se toma en cuenta la polaridad.



Una variedad del amperímetro es la **pinza amperométrica**, que se usa especialmente con corriente alterna.

- Al usar la pinza amperométrica tengamos en cuenta lo siguiente:
- No se necesita interrumpir el circuito, sólo se abre la pinza para introducir el conductor en ella.

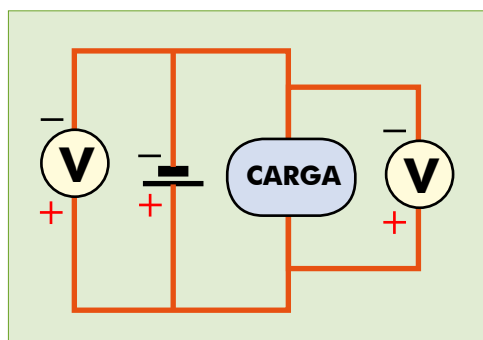


- Se debe medir la corriente en un solo conductor a la vez.
- Tratar de que el conductor quede perpendicular al instrumento.

VOLTÍMETROS

Instrumentos que se usan para medir específicamente tensiones o voltajes, por lo cual **se conectan en paralelo con la fuente o con la carga** cuya tensión de alimentación se quiere medir.

Al igual que en los amperímetros **se toma en cuenta la polaridad, solamente cuando se mide corriente continua.**

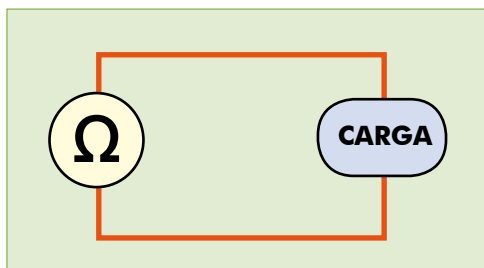


ÓHMETROS

Son instrumentos que usados para medir la resistencia eléctrica de los conductores, de las cargas y de los resistores.

Antes de conectarlos es necesario **desenergizar completamente el circuito de toda tensión exterior.**

El óhmetro **se conecta en paralelo** con el elemento cuya resistencia se quiere medir y **en ningún caso interesa la polaridad.**



Es muy común el uso del óhmetro para medir **continuidad**, es decir para ver si el circuito está o no interrumpido.

Una variedad del óhmetro, empleado en instalaciones residenciales, es el **megger o megóhmetro**, que sirve para determinar si el aislamiento de los conductores entre sí, o con tierra, es el correcto y evitar de esta manera posibles fugas de corriente, daños y accidentes posteriores.

MULTÍMETROS

Ante la incomodidad que implica para un técnico el empleo de un instrumento diferente para medir cada una de las magnitudes, se han construido los multímetros.

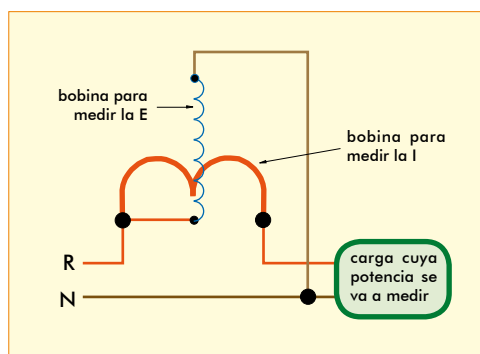
Estos instrumentos tienen un solo mecanismo para medir las diferentes magnitudes, en variados rangos, mediante la elección de una función particular, ya sea por medio de un selector o la colocación de unos terminales específicos para cada función y rango.

En el mercado se encuentra una gran variedad de multímetros, tanto análogos como electrónicos o digitales, no sólo por la precisión con que se puede medir, sino también por la cantidad de magnitudes que se pueden medir. Naturalmente que estos aspectos influyen en el precio.

VATÍMETROS

Instrumentos que se usan para medir la **potencia eléctrica**, sin tener en cuenta el tiempo de consumo.

Básicamente está compuesto por dos bobinas: una conectada en serie, para medir la corriente, y otra conectada en paralelo, para medir la tensión. La acción combinada de ambas, a través de una aguja o índice, nos da el valor de la potencia.



CONTADORES

Instrumentos que sirven para medir el **consumo de energía eléctrica**, durante el tiempo de funcionamiento de una determinada carga. Se fundamentan en los vatímetros.

El contador se diferencia del vatímetro por llevar un disco que gira (inducido del contador) entre dos bobinas, en lugar del índice.

El número de vueltas que da el disco corresponde a un determinado número de kilovatios hora (KWh). La relación entre el número de revoluciones del disco y los KWh la establece el fabricante del contador y constituye la constante (k) del mismo, que viene grabada en la placa:

$$k = N \text{ rev} / KWh$$

Para calcular la potencia en KW se usa la siguiente expresión:

$$P = \frac{3.600 \text{seg/h} \times n}{N \times T}$$

donde:

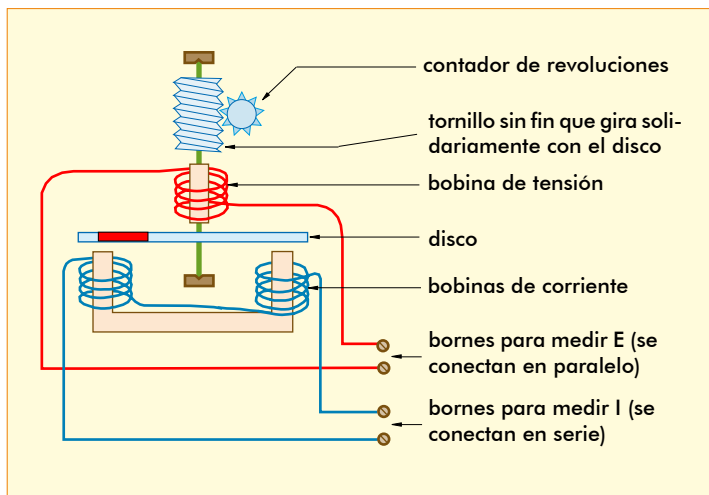
n = es el número de vueltas que da el disco

T = tiempo en segundos de n revoluciones

N = k del contador

En la misma placa se indica además la tensión y corriente nominal de funcionamiento del contador.

Las normas para la construcción de contadores exigen que éstos puedan soportar, sin error apreciable, sobrecargas hasta del 400% de la intensidad nominal para la cual se hicieron.



Características que tiene la bobina de tensión:

- tiene el núcleo en I
- produce un polo (norte o sur) pulsante cada medio ciclo
- tiene muchas espiras de alambre delgado
- se conecta como un voltímetro

Características de las bobinas de corriente:

- tienen el núcleo en U
- producen un campo magnético pulsatorio (norte-sur)
- poseen pocas espiras de alambre grueso
- se conectan como un amperímetro

Actualmente los medidores electromecánicos se están sustituyendo con **medidores electrónicos o digitales**.

ELECCIÓN Y USO CORRECTO DE LOS INSTRUMENTOS

Veamos algunos símbolos, que se encuentran grabados en los instrumentos análogos y que nos ayudarán a elegir el instrumento adecuado, así como su uso correcto.

Instrumento de bobina móvil con imán permanente



Instrumento para medir corriente continua



Instrumento de hierro móvil		Instrumento para medir corriente alterna	
Instrumento electrodinámico		Instrumento para medir corriente continua y alterna	
Posición de empleo vertical		Posición de empleo horizontal	
Posición de empleo a un determinado ángulo		Amperímetro	
Voltímetro		Óhmetro	
		Tensión de prueba de aislamiento dado en KV	

Después de conocer estos símbolos, debemos tener presente además:

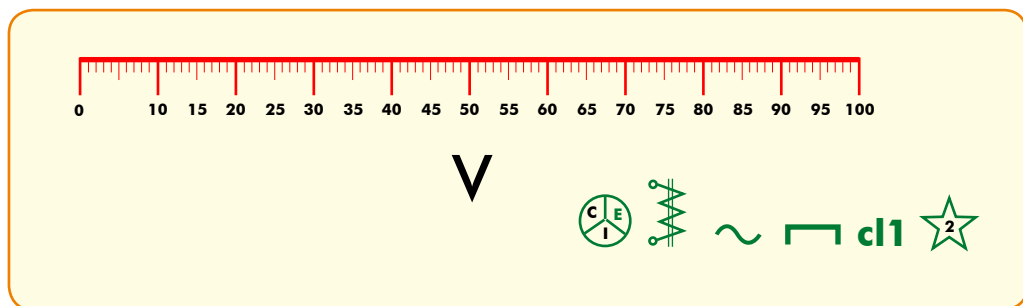
Tipo de magnitud a medir: si es corriente, tensión, resistencia u otra magnitud.

Valor aproximado de la magnitud a medir: para poder seleccionar el rango apropiado.

Alimentación del circuito: si es AC o DC.

Precisión deseada: la calidad o precisión del instrumento se llama «clase».

A modo de ejemplo analicemos el siguiente gráfico.



Por la V sabemos que se trata de un voltímetro. Así mismo sabemos que es del tipo de hierro móvil, que debe usarse para medir corriente alterna y en posición horizontal.



nos indica que el instrumento ha sido fabricado según las normas internacionales de la Comisión Electrotécnica Internacional.



indica que el aislamiento ha sido probado a una tensión de 2 KV.

Como la clase es del 1% tendremos:
valor máximo real: $100 + 1 = 101 \text{ V}$
valor mínimo real: $100 - 1 = 99 \text{ V}$

LECTURA CORRECTA DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN ANALÓGICO

Para leer correctamente un instrumento de medición se debe tener en cuenta:

ESCALA: cuadrante graduado en el que se realiza la lectura de la medición, según la posición de la aguja.

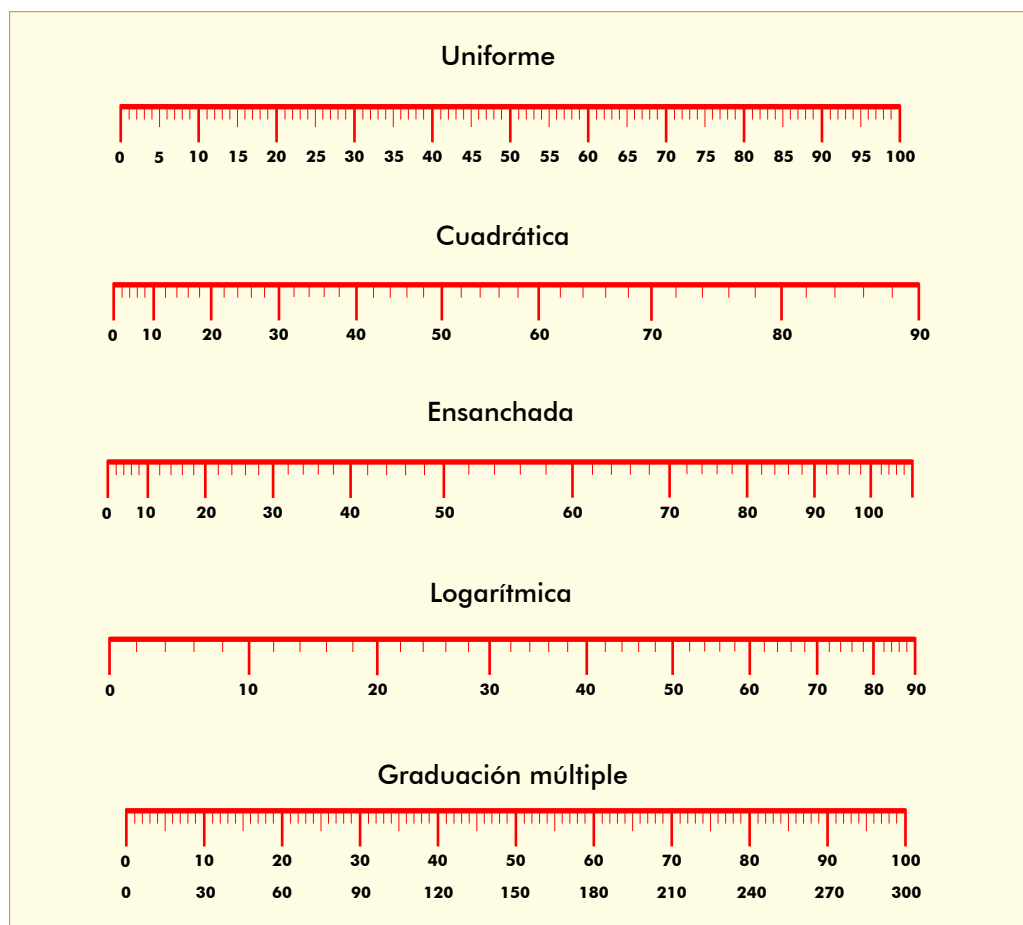
Uniforme: los intervalos entre divisiones son iguales.

Cuadrática: los intervalos son mayores hacia el final de la escala.

Ensanchada: los intervalos entre divisiones son menores al comienzo y al final de la escala.

Logarítmica: los intervalos entre divisiones son menores al final de la escala.

Graduación múltiple: si la misma escala tiene dos o más rangos.



ÍNDICE O AGUJA: parte del instrumento de medición análogo que indica o señala el valor de la medición sobre la escala. Cuanto más fino o delgado sea el índice, mayor será la precisión en la lectura.

Al realizar la lectura de una medición se debe evitar el error de paralaje. Éste se comete cuando la persona no se coloca perpendicularmente al plano de la escala, sino que se ubica a un costado del instrumento. Para facilitar una correcta ubicación, algunos instrumentos tienen un espejo en el plano de la escala. En estos casos se tendrá la posición adecuada, para realizar una correcta lectura, cuando veamos que el índice oculta su propia imagen reflejada en el espejo.

Los índices de cuchilla también ayudan a evitar el error de paralaje: si la visual es correcta deberá observarse el índice como una línea finísima, ya que la aguja vista lateralmente es muy ancha.

CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO:

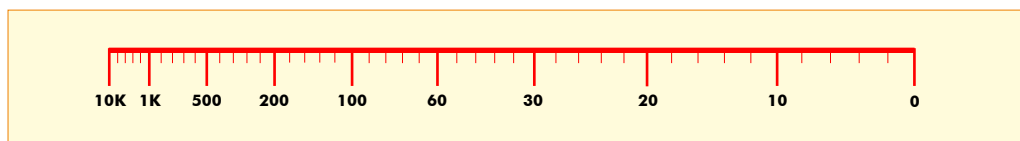
Antes de usar un instrumento es necesario calibrarlo para que el índice se

encuentre exactamente al comienzo de la escala que se va a usar. Esto se consigue girando el tornillo de calibración que se encuentra en la parte inferior de la aguja.

En los voltímetros y amperímetros el índice debe coincidir con el cero que está a la izquierda de la escala.

En los óhmetros además de la calibración anterior es necesario realizar una segunda calibración, de manera que el índice del instrumento coincida con el cero que se encuentra también a la derecha de la escala, ya que la medición se realizará a partir de este cero. En la parte inferior vemos gráficamente cómo es la escala del óhmetro.

Para que el índice se desplace hacia la derecha, es necesario unir los extremos de los conductores de prueba del óhmetro y, mediante un potenciómetro de calibración que tienen los óhmetros, se obtiene que la aguja coincida con el 0 que se encuentra a la derecha de la escala. De esta manera, además, ya no se tomará en cuenta la resistencia de estos conductores.



OTRAS RECOMENDACIONES:

Existen algunos instrumentos en los cuales una misma escala puede tener varios rangos o alcances, de manera que se pueden realizar dos o más mediciones de la misma magnitud, pero con alcances diferentes, por ejemplo hasta 100 o hasta 300. En estos casos, si se desconoce el valor aproximado de la magnitud

a medir, especialmente si son corrientes o tensiones, es necesario seleccionar el instrumento para poder emplear los rangos más altos.

Después de la primera medición y solamente si vemos que es posible seleccionar un rango menor, a fin de obtener una medición más exacta, procederemos a cambiar la posición del selector.

Para lograr precisión en la medida es conveniente que la aguja no esté al comienzo de la escala, sino lo más al fondo que sea posible.

Finalmente antes de realizar la medición, debes tener la precaución de colocar el instrumento en la posición correcta (horizontal, oblicua o vertical) requerida por el instrumento. Solamente cuando se tenga la posición correcta se procederá a la correspondiente calibración del instrumento de medición.

LEY DE OHM

Para poder tener corriente eléctrica es necesario que exista una diferencia de potencial entre dos cargas, la cual hará que empiecen a circular los electrones a través de los conductores, quienes a su vez presentarán mayor o menor resistencia al movimiento o flujo de dichos electrones. Es decir que las tres magnitudes fundamentales están íntimamente relacionadas entre sí, aspecto que fue comprobado mediante una serie de experimentos por Georg Simon Ohm.

Ohm descubrió que si en un circuito de DC se mantenía constante la resistencia y se aumentaba la tensión, se producía también un aumento equivalente en la corriente. De la misma manera una disminución en la tensión genera una disminución equivalente en la corriente.

La conclusión que sacó Ohm fue que

LA CORRIENTE ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA TENSIÓN

Además observó que si se mantenía constante la tensión de la fuente y se aumentaba el valor de la resistencia, la intensidad disminuía. Por el contrario si disminuía el valor de la resistencia, la intensidad aumentaba. Así obtuvo una segunda conclusión:

LA CORRIENTE ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA RESISTENCIA.

Estas dos conclusiones dieron origen a la **LEY DE OHM** que dice:

LA INTENSIDAD ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA TENSIÓN E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA RESISTENCIA.

La ley de ohm se expresa matemáticamente mediante una ecuación algebraica:

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

Si despejamos R tendremos otra forma de expresar la ley de ohm:

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

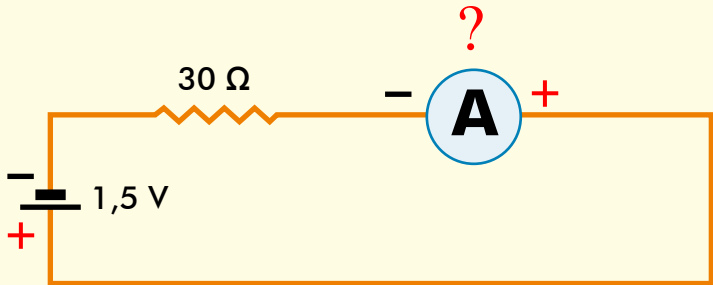
Si despejamos E tendremos la siguiente expresión:

$$E = I R$$

Gracias a estas tres expresiones matemáticas, siempre que conozcamos dos de las tres magnitudes podemos averi-

guar la que se desconoce. En los cálculos se usan únicamente las unidades básicas.

Si tenemos el siguiente circuito, en el cual la pila tiene una diferencia de potencial de 1,5 V y la resistencia es de 30 Ω, ¿qué corriente circulará por el circuito?

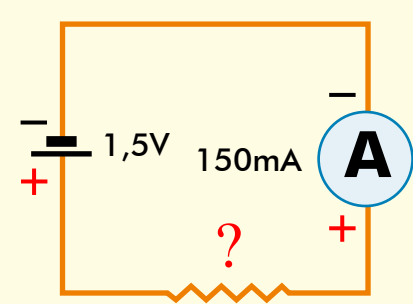


$I = E/R$
 $I = 1,5/30 \Omega$
 $I = 0,05 \text{ A}$

En lugar de decir 0,05 A podemos decir 50 mA.

¿Porqué?

Ahora averiguemos el valor de la resistencia del siguiente circuito:

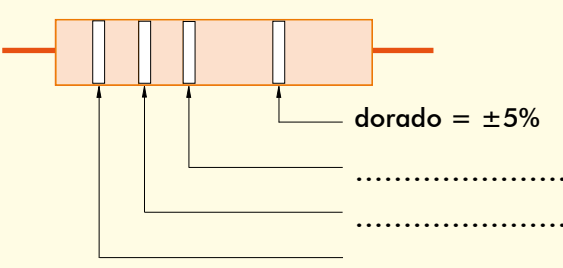


$R = E/I$
 $R = 1,5 \text{ V} / 150 \text{ mA}$

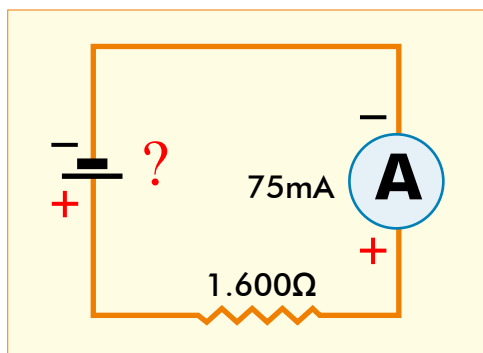
Para seguir, primero debemos convertir todas las unidades a unidades básicas: 150 mA = 0,15 A

$R = 1,5 \text{ V} / 0,15 \text{ A}$
 $R = 10 \Omega$

Si la resistencia hallada, en el ejercicio anterior, fuera la que está en el gráfico, escribe el color que le corresponde a cada banda.



Ahora conociendo la corriente y la resistencia busquemos la tensión que debe tener la fuente que alimenta el siguiente circuito:



$$E = IR$$

$$E = 75 \text{ mA} \times 1.600 \, \Omega$$

Para seguir, primero debemos convertir todas las unidades a unidades básicas: $75 \text{ mA} = 0,075 \text{ A}$

$$E = 0,075 \text{ A} \times 1.600 \, \Omega$$

$$E = 120 \text{ V}$$

La conclusión que podemos sacar de estos tres ejemplos es que, cuando se quiere averiguar una magnitud desconocida, es indispensable conocer por lo menos dos.

LEY DE WATT

Si se aplica una diferencia de potencial a un circuito, éste será recorrido por una determinada cantidad de corriente eléctrica que se transformará en otra forma de energía (luz, calor, movimiento mecánico, etc.), realizándose de esta

manera un trabajo eléctrico, el cual será proporcional a la tensión y a la cantidad de corriente que recorra el circuito.

Como un mismo trabajo puede realizarse en tiempos diferentes, la rapidez con que éste se realice se llamará potencia y se expresará en unidades de trabajo (cuya unidad es el julio y que se define como el trabajo efectuado por un coulumbio, con una diferencia de potencial de un voltio) y de tiempo (cuya unidad es el segundo).

Con base en estas dos unidades, la **PO-TENCIA ELÉCTRICA** (P) se define como el trabajo eléctrico que se realiza en una unidad de tiempo, y cuya unidad básica de medida es el **vatio**.

VATIO ó WATT (W): es el trabajo realizado cuando fluye un amperio, con una diferencia de potencial de un voltio.

Múltiplos:

Kilovatio (KW) = $1.000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}$

Megavatio (MW) = $1'000.000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$

Gigavatio (GW) = $1.000'000.000 \text{ W} = 10^9 \text{ W}$

El instrumento que se usa para medir potencia eléctrica en el vatímetro, como se vio en el tema de los instrumentos.

La ley de watt nos expresa la relación existente entre la potencia, la intensidad y la tensión y se enuncia de la siguiente manera:

LA POTENCIA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA INTENSIDAD Y A LA TENSIÓN

La ley de watt se expresa matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$P = I E$$

Si despejamos E tendremos otra forma de expresar la ley de watt:

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

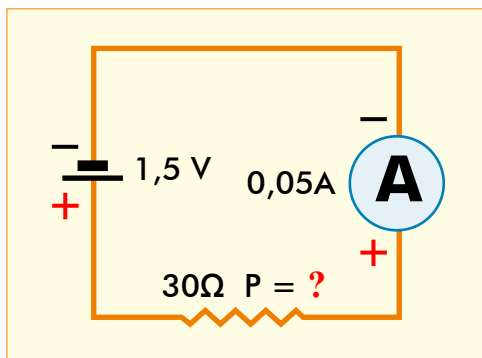
Si despejamos I en lugar de E, tendremos la siguiente expresión:

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

Gracias a estas tres expresiones matemáticas, siempre que conozcamos dos de las tres magnitudes podemos averiguar la que se desconoce. Recuerda que al hacer los cálculos se usan las unidades básicas.

Retomemos uno de los circuitos anteriores, en el cual la pila tiene una tensión

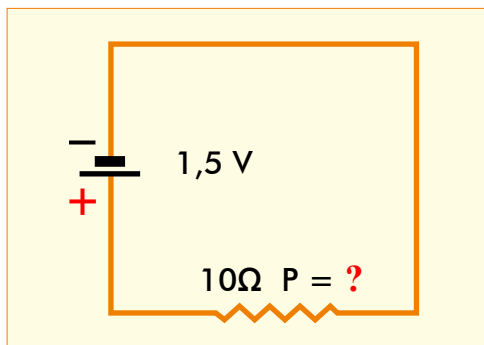
de 1,5 V y la corriente que circula por la resistencia de 30Ω es de 0,05 A, ¿cuál es la potencia de la resistencia?



$$\begin{aligned} P &= I E \\ P &= 0,05 \text{ A} \times 1,5 \text{ V} \\ P &= 0,075 \text{ W} \end{aligned}$$

En lugar de decir que la potencia es 0,075 W podemos decir que es 75 mW. ¿Porqué?

RELACIONES QUE SE PUEDEN ESTABLECER ENTRE LAS LEYES DE OHM Y WATT



En este circuito ¿es posible averiguar la potencia de la resistencia?

Si observamos bien la ley de ohm y la ley de watt, nos daremos cuenta que

en realidad en ambas leyes se emplean exactamente las mismas magnitudes.

Por la ley de ohm sabemos que la intensidad, tensión y resistencia están íntimamente relacionadas entre sí, por consiguiente en la ley de watt, de alguna forma deberá estar también la resistencia, siendo posible averiguar la potencia en función de la resistencia. Veámoslo matemáticamente:

$$P = I E \quad \text{ley de watt}$$

$$E = I R \quad \text{ley de ohm}$$

$$P = I \times I R \quad \begin{array}{l} \text{sustituyendo el valor de E} \\ \text{en la primera ecuación} \end{array}$$

$$P = I^2 R$$

De igual manera:

$$P = I E \quad \text{ley de watt}$$

$$I = E / R \quad \text{ley de ohm}$$

$$P = E \times E / R \quad \text{sustituyendo el valor de } I \text{ en la primera ecuación}$$

$$P = E^2 / R$$

Con estas aclaraciones podemos afirmar que sí es posible averiguar la potencia de la resistencia del circuito, ya sea a través de la ley de ohm y luego de la ley de watt, o bien aplicando alguna de las igualdades obtenidas anteriormente.

$$P = I E$$

$$P = I \times 1,5 \text{ V}$$

$$I = E / R$$

$$I = 1,5 \text{ V} / 10 \Omega$$

$$I = 0,15 \text{ A}$$

$$P = 0,15 \text{ A} \times 1,5 \text{ V}$$

$$P = 0,225 \text{ W}$$

$$P = 225 \text{ mW}$$

Si queremos hacerlo directamente, busquemos la ecuación en la cual se encuentre la E y la R, por ser los valores que conocemos:

$$P = E^2 / R$$

$$P = 1,5^2 \text{ V} / 10 \Omega$$

$$P = 2,25 \text{ V} / 10 \Omega$$

$$P = 0,225 \text{ W}$$

Más adelante, al tratar el tema de los circuitos eléctricos, veremos un mayor número de aplicaciones para calcular cualesquiera de las magnitudes fundamentales y la potencia, conociendo únicamente dos de ellas.

POTENCIA DISIPADA O PÉRDIDA DE POTENCIA

No siempre el trabajo efectuado en un circuito es útil. Hay casos en los cuales el trabajo se pierde, dando origen a lo que se conoce como potencia perdida o disipada.

Cuando encendemos un bombillo incandescente de 100 W éste se calienta mucho, a tal punto que el filamento empieza a irradiar luz. En este caso el calor producido (alrededor del 60%) es potencia perdida, ya que en un bombillo el trabajo eléctrico debe ser para producir luz y no calor.

De la misma manera, el calor que se produce en un motor es potencia perdida, porque el trabajo eléctrico debe ser para producir movimiento o energía mecánica y no calor.

En general, las pérdidas de potencia más comunes se producen en forma de calor, que se expresan matemáticamente con la siguiente ecuación: $P = I^2 R$, donde P es la rapidez con que se produce calor.

Sin embargo existen aparatos (planchas, hornos, estufas, etc.) en los cuales el calor producido no representa potencia disipada, sino potencia útil.

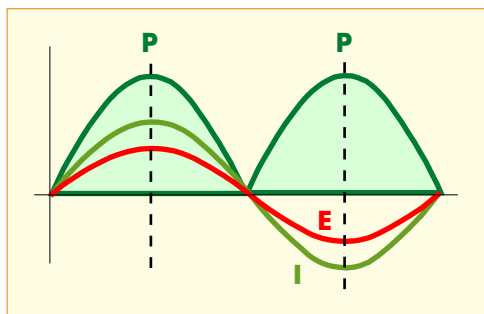
POTENCIA EN LOS RESISTORES

Los resistores, además de clasificarse por su valor resistivo (resistencia), se clasifican por la potencia, para indicar

la corriente que puede circular por ellos (la I se calcula empleando la misma ecuación que se usa para averiguar la potencia disipada) o la cantidad de calor que pueden resistir sin deteriorarse, de manera que la potencia de un resistor afecta directamente su tamaño físico: los resistores de muy poca potencia (1/4 ó 1/2 W) son pequeños, y a medida que aumenta su potencia (1 ó más vatios) son de mayores dimensiones.

POTENCIA EN CIRCUITOS RESISTIVOS CON CORRIENTE ALTERNA

En los circuitos resistivos con corriente alterna y sólo monofásicos, se aplica la ley de Watt exactamente como si fuera con corriente continua, por cuanto la tensión y la intensidad están en fase.



En los circuitos trifásicos, en los cuales se tiene un sistema trifásico equilibrado, es decir que las potencias de las tres fases son exactamente iguales, la potencia total es igual a la suma aritmética de las potencias parciales de cada fase, como se ve a continuación:

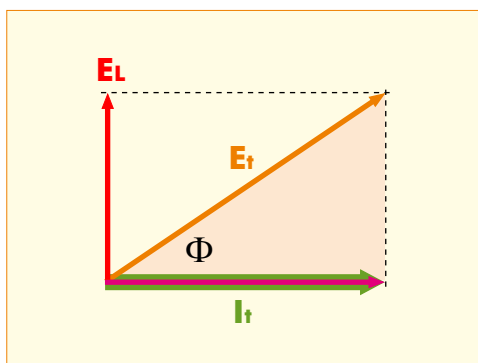
$P = E_f \times I_f$	En cada fase
$P_t = 3 (E_f \times I_f)$	En las 3 fases
$P_t = 3 \{ (E_L / \sqrt{3}) \times I_L \}$	Sustituyendo la E_f por la E_L
$P_t = \sqrt{3} E_L \times I_L$	

FACTOR DE POTENCIA o $\cos \Phi$

Más adelante veremos que en los circuitos donde hay reactancias inductivas o capacitivas, parte de la potencia suministrada por la fuente es tomada por los inductores y/o capacitores, y en lugar de ser consumida es almacenada temporalmente, para luego regresar a la fuente, sea por el campo magnético (en las bobinas), o por el campo electrostático (en los condensadores), de manera que al multiplicar $I \times E$, lo que en realidad se obtiene no es la potencia consumida sino una potencia aparente o nominal.

En estos casos, para obtener la potencia realmente consumida, debe tomarse en cuenta el **FACTOR DE POTENCIA**, ángulo de defase o $\cos \Phi$, el cual nos indicará qué parte de la potencia aparente es potencia real o efectiva, es decir, qué tanto de la potencia suministrada se ha usado realmente.

De allí que el factor de potencia se define como el coseno del ángulo correspondiente al defase que existe entre la intensidad total (I_t) y la tensión total (E_t), en un circuito con corriente alterna.



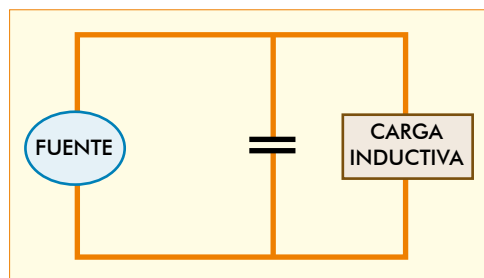
En los circuitos **puramente resistivos** el $\cos \Phi$ es 1: como la I y E están en fase, el ángulo de defase es de 0° .

En los circuitos **no puramente resistivos** (donde se tienen inductancias, capacitancias y resistencias) el $\cos \Phi$ va disminuyendo desde 1, para aproximarse a 0, a medida que se hace menos resistivo, de acuerdo con las reactancias inductivas y/o capacitivas.

CORRECCIÓN DEL $\cos \Phi$

Es muy importante que el $\cos \Phi$ sea lo más cercano posible a 1, para que no hayan muchas pérdidas, lo cual sucede cuando las cargas son muy inductivas.

Como los efectos inductivos y capacitivos son opuestos, la forma más práctica de corregir el bajo factor de potencia es usando condensadores (batería de condensadores) conectados en paralelo con las cargas inductivas, cuyo factor de potencia o $\cos \Phi$ se desea mejorar.

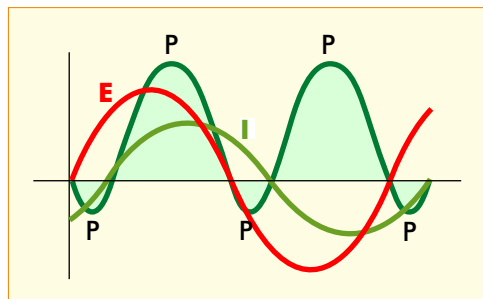


POTENCIA EN CIRCUITOS NO PURAMENTE RESISTIVOS

En los casos en que el circuito no es puramente resistivo (por tener inductancias o capacitancias), se producirá un desfase entre la tensión y la intensidad, de modo que al aplicar la ley de Watt el producto de $E \times I$ no siempre será positivo, sino unas veces positivo y otras negativo, de acuerdo al desfase existente, como se aprecia en el gráfico.

Por esta razón ya no es posible conside-

rar la potencia como en los circuitos con corriente continua, o en los circuitos con corriente alterna que eran puramente resistivos, sino que **hay que diferenciar varios tipos de potencias**.



Sin embargo, todas las formas de potencia, se fundamentan totalmente en los principios de la ley de Watt.

POTENCIA NOMINAL O APARENTE

(P_{ap}): es la potencia suministrada por la fuente.

$$P_{ap} = E I$$

La unidad es el **VOLTAMPERIO** (VA), que tiene como múltiplos más usados el kilovoltamperio (KVA) y el megavoltamperio (MVA).

POTENCIA REAL O EFECTIVA (P_{ef}): es la potencia consumida en el circuito.

$$P_{ef} = P_{ap} \cos \Phi$$

$$P_{ef} = E I \cos \Phi$$

La unidad es el **VATIO** (W), que tiene como múltiplos más usados el kilovatio (KW) y el megavatio (MW).

Existen otras unidades prácticas que son muy usadas en nuestro medio: **H.P.** (horse power), equivalente a 746W, y C.V.

(caballo vapor) equivalente a 736 W.

POTENCIA REACTIVA (P_r): Llamada también desviada por no producir potencia, debido a la presencia de inductancias o capacitancias en el circuito, que tienen la función de proporcionar un campo magnético o cargar los condensadores.

$$P_r = E I \sin \Phi$$

La unidad es el **VOLTAMPERIO REACTIVO (VAR)**, que tiene como múltiplo más usado el kilovar (KVAR).

POTENCIA SEGÚN LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN

Sistema monofásico bifilar

$$P_{ap} = E I \quad \text{donde } E \text{ e } I \text{ son valores de fase}$$
$$P_{ef} = E I \cos \Phi$$

Sistema bifásico bifilar

$$P_{ap} = \sqrt{2} E I \quad \text{donde } E \text{ e } I \text{ son valores de línea}$$
$$P_{ef} = \sqrt{2} E I \cos \Phi$$

Sistema trifásico

$$P_{ap} = \sqrt{3} E I \quad \text{donde } E \text{ e } I \text{ son valores de línea}$$
$$P_{ef} = \sqrt{3} E I \cos \Phi$$

EJERCICIOS PRÁCTICOS

1. Si el valor eficaz de la tensión empleada en una residencia es de 117 V, ¿qué valor máximo alcanzará dicha tensión?
2. ¿Cuál es la EI correspondiente a una Ef de 120 V?
3. ¿Qué resistencia tiene un conductor de cobre de 10 m de longitud y 1,5 mm² de sección?

4. ¿Cuál es la resistencia de un conductor de aluminio de 150 m de longitud y 3,5 mm² de sección?

5. La resistencia de una estufa eléctrica tiene 10Ω de resistencia y necesita 16 A para calentarse. ¿Qué tensión debe aplicársele?

6. ¿Qué corriente absorbe un calentador eléctrico de agua que tiene una resistencia de 20Ω al aplicársele una tensión de 208 V?

7. ¿Qué corriente absorbe una plancha eléctrica que tiene una resistencia de 60Ω si se le aplica una tensión de 120 V?

8. ¿Qué resistencia tiene un bombillo de 150 W, a través del cual circula una corriente de 750 mA?

9. Un reverbero eléctrico de 15Ω de resistencia requiere de 10 A para ponerse incandescente. ¿Qué tensión se le debe aplicar?

10. ¿Qué potencia tiene la resistencia de una estufa que es alimentada por 120 V, a través de la cual circulan 12,5 A?

11. ¿Qué corriente absorbe un bombillo de 100 W al ser alimentado por 115 V?

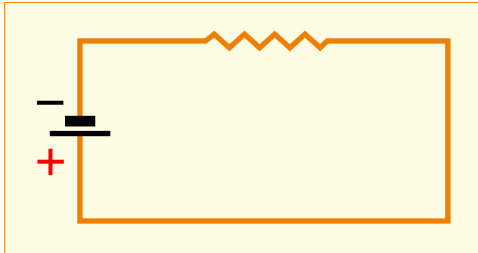
12. Una estufa de 2 KW de potencia tiene una resistencia de 30Ω. Averigua la corriente y tensión con que debe funcionar.

13. Un motor bifásico para 208 V tiene un factor de potencia de 0,75. Calcular la corriente que absorbe si tiene una potencia de 1,5 H.P.

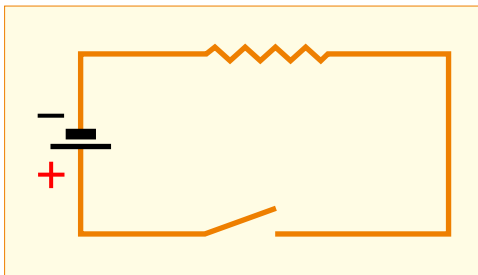
14. ¿Qué corriente absorbe un motor trifásico que tiene las siguientes características: potencia de 10 H.P., tensión de alimentación de 208 V, factor de potencia de 0,8?

CIRCUITO ELÉCTRICO: recorrido o trayectoria que sigue la corriente eléctrica (continua o alterna) desde que sale de la fuente hasta que retorna a ella, pasando por una o más cargas (dispositivos en los cuales la energía eléctrica se transforma en otras formas de energía) a través de unos conductores.

CIRCUITO CERRADO: si la trayectoria de la corriente no tiene ninguna interrupción. Hay diferencia de potencial y corriente.

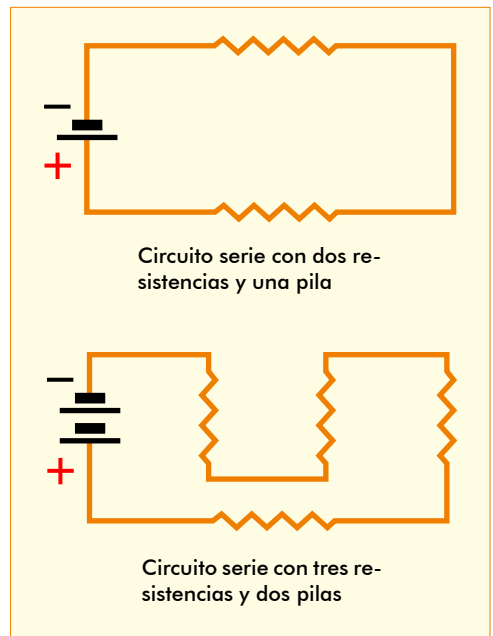


CIRCUITO ABIERTO: si la trayectoria de la corriente tiene alguna interrupción. Hay diferencia de potencial pero no hay corriente.



CIRCUITO SIMPLE: cuando el circuito, abierto o cerrado, tiene una sola fuente y una sola carga.

CIRCUITO SERIE: circuito en el cual la corriente tiene una sola trayectoria a través de dos o más cargas y una o más fuentes.

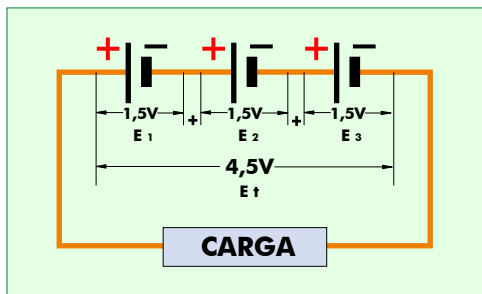


Las cargas de un circuito no solamente son resistencias, sino que pueden ser muy variadas: sólo resistencias (circuitos resistivos), sólo inductancias (circuitos inductivos), sólo capacitancias (circuitos capacitivos) o resistencias, inductancias y capacitancias combinadas (circuitos RC, RL y RLC).

FUENTES EN SERIE:

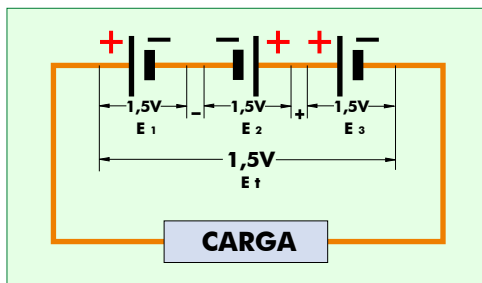
Cuando se tiene un circuito con varias fuentes (tensiones parciales) **en el mismo sentido**, la tensión total (E_t) es igual a la suma de todas las tensiones parciales. Se expresa matemáticamente así:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n$$



$$1,5V + 1,5V + 1,5V = 4,5V$$

Cuando se tienen en un mismo circuito unas fuentes en un sentido y otras en sentido contrario, la tensión total será la diferencia que hay entre las que están en un sentido y las que están en sentido contrario.



Sumamos E_1 y E_3 : $1,5V + 1,5V = 3V$

Para obtener la E_t restamos E_2 de la sumatoria anterior:

$$\begin{aligned} E_t &= 3V - 1,5V \\ E_t &= 1,5V \end{aligned}$$

Si se colocan en oposición únicamente dos pilas, que sean exactamente iguales, la tensión del circuito será 0 voltios, y por consiguiente no se tendrá corriente.

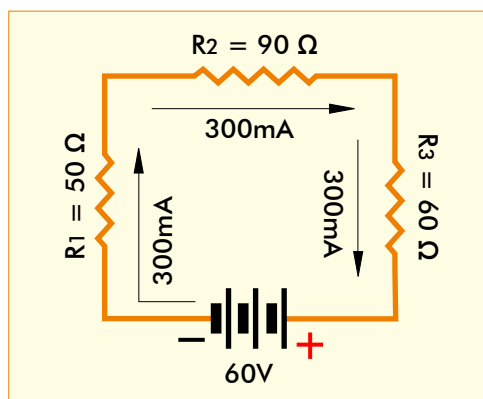
RESISTENCIAS EN SERIE:

Veamos qué sucede con las tres magnitudes fundamentales y la potencia, en un circuito serie.

INTENSIDAD: Al tener la corriente una sola trayectoria, ésta tendrá que ser la misma en cualquier punto del circuito, de manera que la intensidad que sale de la fuente tendrá que ser la misma que pase por cada una de las resistencias.

Este comportamiento de la corriente se expresa matemáticamente con la siguiente ecuación:

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



Esto significa, como puede apreciarse en el gráfico, que si la corriente que sale (intensidad total) de la fuente es de 300mA, la intensidad en R_1 ,

Esto significa, como puede apreciarse en el gráfico, que si la corriente que sale (intensidad total) de la fuente es de 300 mA, la intensidad en R₁, R₂ y R₃ (intensidades parciales) será exactamente la misma, o sea 300 mA en cada una de ellas.

Si se desconoce el valor de la intensidad total (I_t) o parciales ($I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$) es posible averiguarlo mediante la ley de ohm, aplicada a todo el circuito o a cada una de las resistencias, como se verá más adelante en forma práctica, si se conocen al menos dos magnitudes fundamentales, o una fundamental y la potencia.

RESISTENCIA: a medida que va aumentando el número de resistencias parciales, la resistencia total del circuito irá también en aumento, ya que al tener la corriente una sola trayectoria, cada resistencia presentará determinada oposición al paso de la misma, la cual se irá sumando a la anterior. En otras palabras, es como si la longitud de la resistencia fuera en aumento, factor que, como se ha visto anteriormente, es directamente proporcional a la resistencia.

Por estas razones se puede afirmar que la resistencia total (R_t) del circuito es igual a la suma de las resistencias parciales. Su expresión matemática es:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

Aplicando esta ecuación al circuito de la página anterior tendremos:

$$\begin{aligned} R_t &= 50 \, \Omega + 90 \, \Omega + 60 \, \Omega \\ R_t &= 200 \, \Omega \end{aligned}$$

TENSIÓN: la tensión que entrega la fuente (E_t) debe alimentar todo el circuito y por consiguiente también todas y cada

una de las resistencias del circuito. Al tener la corriente una sola trayectoria se producen sucesivas caídas de E a través de las diferentes resistencias, de tal manera que se tendrá una E parcial en cada una de ellas, proporcional al valor de cada resistencia, correspondiéndole una mayor tensión a la resistencia de mayor valor y una menor tensión a la resistencia de menor valor (ley de ohm aplicada a cada resistencia). Matemáticamente se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n$$

Retomando el ejercicio de la página anterior tendremos:

$$\begin{aligned} E_1 &= 0,3 \, A \times 50 \, \Omega = 15 \, V \\ E_2 &= 0,3 \, A \times 90 \, \Omega = 27 \, V \\ E_3 &= 0,3 \, A \times 60 \, \Omega = 18 \, V \end{aligned}$$

$$E_t = 15 \, V + 27 \, V + 18 \, V = 60 \, V$$

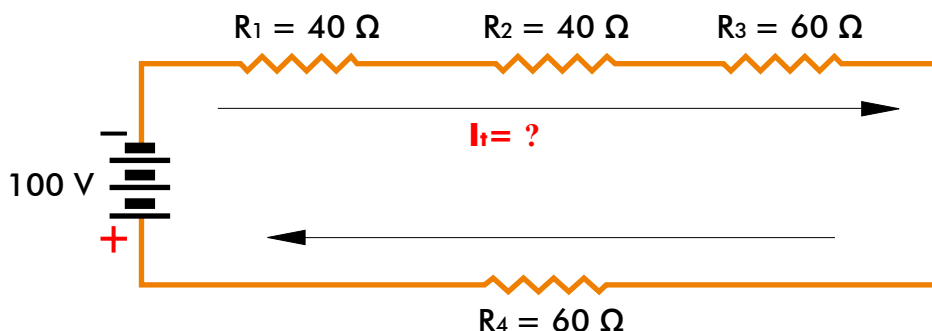
POTENCIA: recordemos que potencia es la rapidez con que se realiza un trabajo.

Si en un circuito se tienen varias resistencias en serie, cada una de ellas consume cierta potencia de acuerdo únicamente a la tensión, por cuanto la intensidad es la misma en todas las cargas, de tal manera que la potencia total (P_t) del circuito será igual a la suma de las potencias parciales, correspondiente a cada una de las resistencias. Esto se expresa matemáticamente así:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$

EJERCICIOS DE APLICACIÓN CON CIRCUITOS SERIE

1. ¿Qué corriente circula por el siguiente circuito?



Para conocer la intensidad del circuito aplicamos la ley de ohm a todo el circuito: $I_t = E_t / R_t$

Como se desconoce la R_t , primero averiguamos ésta:

$$R_t = 40\ \Omega + 40\ \Omega + 60\ \Omega + 60\ \Omega$$
$$R_t = 200\ \Omega$$

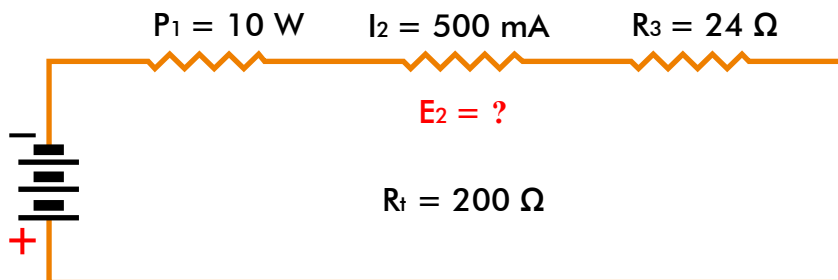
Ahora que ya conocemos la R_t , aplicamos la ley de ohm:

$$I_t = 100\ \text{V} / 200\ \Omega$$
$$I_t = 0,5\ \text{A} \text{ ó } 500\ \text{mA}$$

Por el circuito, y por consiguiente por cada una de las resistencias, circularán 500 mA.

2. Se tiene un circuito serie compuesto por tres resistencias. ¿Qué diferencia de potencial tendremos en la segunda resistencia, a través de la cual circula una corriente de 500 mA, si la primera resistencia tiene una potencia de 10 W, la tercera resistencia mide 24 Ω , y la resistencia total del circuito es de 200 Ω ?

En primer lugar grafiquemos el circuito.



Normalmente un problema pueda solucionarse de diferentes formas. Lo importante es saber elegir un proceso que sea simple y lógico, en el cual se vaya desarrollando, y sobre todo entendiendo los pasos estrictamente necesarios que se deben seguir hasta obtener la solución correcta.

PRIMER PROCESO:

Recordemos que:

$$\begin{aligned}I_t &= I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n \\ \text{por lo cual:} \\ I_2 &= I_t \\ I_t &= 500 \text{ mA}\end{aligned}$$

Convirtamos a unidades básicas

$$500\text{mA} = 0,5 \text{ A}$$

Apliquemos la ley de ohm a todo el circuito:

$$\begin{aligned}E_t &= I_t \times R_t \\ E_t &= 0,5 \text{ A} \times 200 \, \Omega \\ E_t &= 100 \text{ V}\end{aligned}$$

Ahora apliquemos la ley de ohm en la tercera resistencia:

$$\begin{aligned}E_3 &= I_3 \times R_3 && \text{pero } I_2 = I_3 \\ E_3 &= 0,5 \text{ A} \times 24 \, \Omega \\ E_3 &= 12 \text{ V}\end{aligned}$$

Apliquemos la ley de watt en la primera resistencia:

$$\begin{aligned}E_1 &= P_1 / I_1 && \text{como } I_2 = I_1 \\ E_1 &= 10 \text{ W} / 0,5 \text{ A} \\ E_1 &= 20 \text{ V}\end{aligned}$$

Recordemos que:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3$$

Despejando E_2 tendremos:

$$\begin{aligned}E_2 &= E_t - (E_1 + E_3) \\ E_2 &= 100 \text{ V} - (20 \text{ V} + 12 \text{ V}) \\ E_2 &= 68 \text{ V}\end{aligned}$$

SEGUNDO PROCESO:

Partiendo de la relación que hay entre la ley de ohm y la ley de watt.

Aplicando esta relación a la primera resistencia:

$$\begin{aligned}R_1 &= P_1 / (I_1)^2 \\ R_1 &= 10 \text{ W} / 0,5^2 \text{ A} \\ R_1 &= 40 \, \Omega\end{aligned}$$

Para averiguar R_2 recordemos que:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

despejando R_2 :

$$\begin{aligned}R_2 &= R_t - (R_1 + R_3) \\ R_2 &= 200 \, \Omega - (40 \, \Omega + 24 \, \Omega) \\ R_2 &= 136 \, \Omega\end{aligned}$$

Apliquemos ahora la ley de ohm en la segunda resistencia para averiguar la tensión que hay en ella :

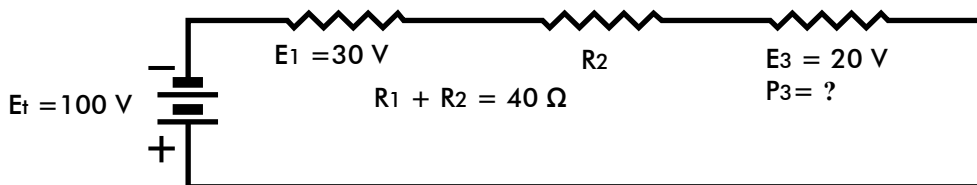
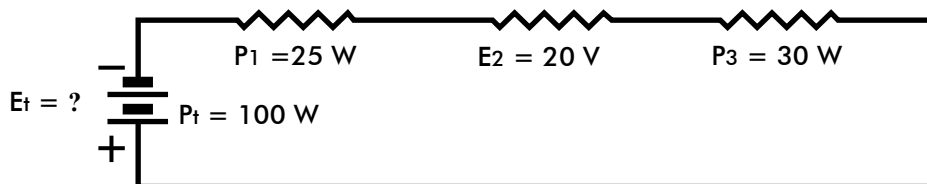
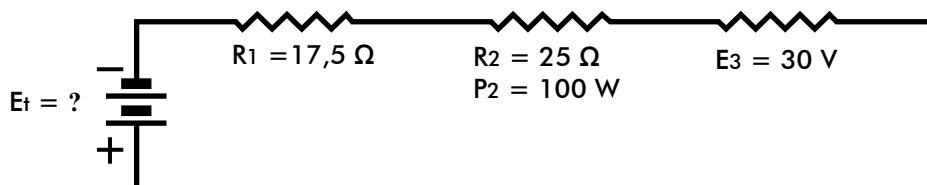
$$\begin{aligned}E_2 &= I_2 \times R_2 \\ E_2 &= 0,5 \text{ A} \times 136 \, \Omega \\ E_2 &= 68 \text{ V}\end{aligned}$$

3. Si conectamos en serie dos bombillos (de 2 W y 6 W y fabricados para funcionar con una tensión de 6 V cada uno) y alimentamos el circuito con 6 V, ¿cuál de los bombillos alumbrará más? ¿Porqué?

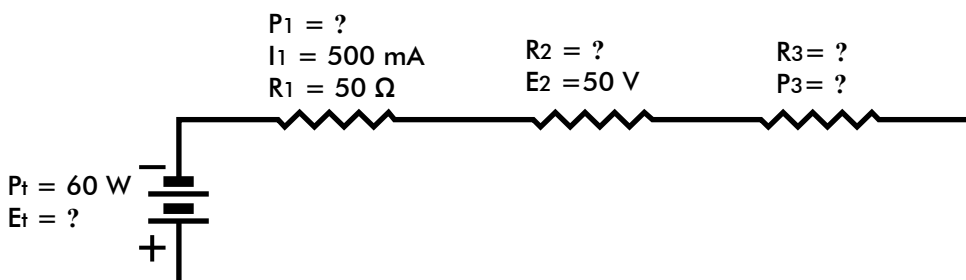
4. ¿Cuántos bombillos de 0,5 W, que consumen 250 mA de corriente, deben usarse para construir una guirnalda navideña que pueda conectarse a una fuente de 24 V?

5. Necesitamos conectar un bombillo de 1,2 W, fabricado para funcionar con una tensión de 3 V, a una batería de 12 V. Para evitar que el bombillo se dañe es necesario conectarle una resistencia en serie. ¿Qué características, en cuanto a resistencia y potencia, debe tener la resistencia?

6. Averiguar el valor de la magnitud indicada con un signo de interrogación en los siguientes circuitos:

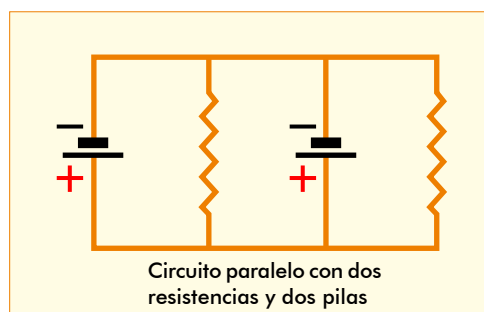
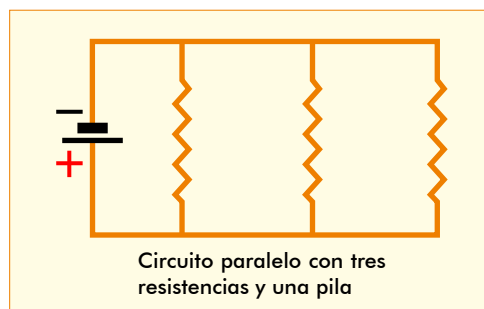


7. Averiguar la segunda resistencia, del circuito anterior, en el caso de que la potencia total del circuito sea de 200 W , la corriente que circula por la segunda resistencia sea de 200 mA , la potencia de la tercera resistencia 75 W y la primera resistencia tenga un valor de 300Ω .
8. Averiguar el valor de todas las magnitudes que tienen un signo de interrogación, empleando si es posible varios procesos.

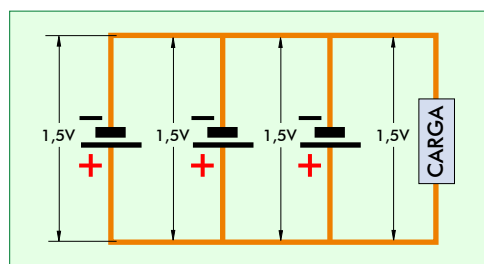


9. Busca e incluso diseña, si te es posible, algunos ejercicios y problemas que te permitan entender más los circuitos serie.

CIRCUITO PARALELO: circuito en el cual la corriente tiene posibilidad de seguir dos o más recorridos o trayectorias, a través de dos o más cargas y una o más fuentes.



FUENTES EN PARALELO



Como se puede ver en el gráfico, al conectar varias fuentes en paralelo no se aumenta la tensión, pero se suman las intensidades de todas las fuentes, de manera que la carga, cuando lo necesite, puede absorber una corriente mayor a la entregada por una sola fuente.

Para conectar varias fuentes en paralelo

es indispensable que todas estén en el mismo sentido y tengan exactamente la misma tensión.

RESISTENCIAS EN PARALELO

Ahora veamos qué sucede con las tres magnitudes fundamentales y la potencia en un circuito paralelo.

TENSIÓN: observando los esquemas que se encuentran al lado, vemos que la corriente que sale del terminal negativo de la fuente, puede retornar a ella a través de cualesquiera de las resistencias. Sin embargo el voltaje en la fuente (E_t) será el mismo en cada una de las resistencias (tensiones parciales), ya que a todas y a cada una de ellas le llega el terminal negativo y el terminal positivo en forma directa, sin necesidad de pasar por alguna de las resistencias.

Este comportamiento de la tensión se expresa matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$E_t = E_1 = E_2 = E_3 = \dots E_n$$

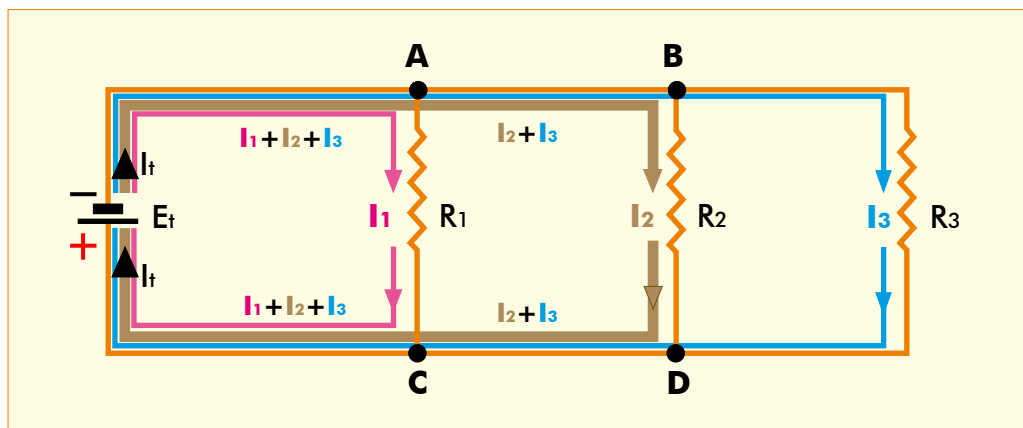
Cuando se desconoce el valor de la E_t o de las tensiones parciales ($E_1, E_2, \dots$) es posible hallarlas siempre y cuando se conozcan al menos otras dos magnitudes (I, R ó P), aplicando la ley de ohm o la ley de watt, ya sea en todo el circuito o en una parte (rama) del mismo.

INTENSIDAD: En un circuito paralelo la corriente total (I_t) que sale de la fuente, se va dividiendo proporcionalmente (intensidades parciales) entre las **ramas** (parte del circuito compuesto por una resistencia) que conforman un

nodo (punto donde se bifurca o donde confluyen varias corrientes).

En el gráfico podemos observar un circuito con 4 nodos: A, B, C y D. La corriente (I_t) que sale de la fuente al llegar al nodo A se divide en dos ramales: una parte (I_1) pasa por R_1 y otra parte ($I_2 + I_3$)

continúa hacia el nodo B. Al llegar a éste la corriente vuelve a dividirse en dos ramales: una parte (I_2) pasa por R_2 y otra (I_3) por R_3 . De igual manera, las corrientes que van pasando por las resistencias se vuelven a juntar en C y D, de tal manera que la intensidad que retorna a la fuente es igual a la que salió de ella.



Este comportamiento de la corriente en los circuitos paralelos se expresa matemáticamente con la siguiente ecuación:

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

Si no se conoce la I_t o una de las intensidades parciales, puede averiguarse aplicando las leyes de ohm o watt a todo el circuito o a alguna rama en particular, siempre y cuando se conozcan por lo menos otras dos magnitudes.

RESISTENCIA: en los circuitos en paralelo la resistencia total (R_t) irá disminuyendo a medida que aumenta el número de resistencias parciales. Por la forma en que van conectadas, si bien es cierto que cada una presenta determinada oposición al paso de la corriente, en conjunto

ésta va disminuyendo, pues es como si se fuera aumentando la sección de la resistencia, de tal manera que la resistencia total será incluso más pequeña que el valor de la resistencia de menor valor del circuito. ¿Porqué sucede esto?

Hemos visto que el comportamiento de las intensidades en los circuitos en paralelo es:

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots I_n$$

Empleando la ley de ohm sustituyamos todas las intensidades en función de la tensión y la resistencia:

$$E_t/R_t = E_1/R_1 + E_2/R_2 + \dots E_n/R_n$$

Así mismo se sabe que en un circuito paralelo todas las tensiones son iguales:

$$E_t = E_1 = E_2 = \dots E_n$$

Como todas las tensiones son iguales, sustituyamos en la ecuación anterior todas las tensiones por E_t (pero podría ser por cualesquiera de las tensiones parciales).

$$E_t/R_t = E_t/R_1 + E_t/R_2 + \dots E_t/R_n$$

Factorizando el segundo miembro de la ecuación:

$$E_t/R_t = E_t(1/R_1 + 1/R_2 + \dots 1/R_n)$$

Transponiendo E_t del segundo al primer miembro:

$$E_t/(R_t \times E_t) = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots 1/R_n$$

Finalmente simplificando obtenemos:

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots 1/R_n$$

Es decir que el recíproco de la resistencia total es igual a la suma de los recíprocos de las resistencias parciales.

Esta ecuación es aplicable en cualquier circuito paralelo, sin importar el número de resistencias que tenga.

Para dos resistencias distintas:

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2$$

$$1/R_t = (R_1 + R_2)/R_1 \times R_2$$

$$R_t = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2)$$

Para dos o más resistencias que sean iguales:

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots 1/R_n$$

sustituyendo con R_1 , por ser resistencias iguales:

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_1 + \dots 1/R_1$$

sumamos y despejamos R_t

$$1/R_t = n/R_1$$

$$R_t = R_1 / n$$

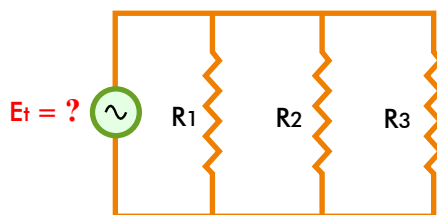
POTENCIA: lo visto sobre la potencia en un circuito serie, es válido para la potencia en un circuito en paralelo, de manera que la potencia total se puede calcular a partir de la corriente total, de la resistencia total y de la tensión total, o bien sumando las potencias parciales:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$

Observa: esta expresión es la misma empleada en los circuitos serie.

EJERCICIOS CON CIRCUITOS EN PARALELO

1. ¿Con cuánta tensión debe alimentarse un circuito en el cual se han conectado tres bombillos en paralelo, si por el primer bombillo circula una corriente de 800 mA, por el segundo 500 mA y por el tercero 1.2 A, si la resistencia total del circuito de 48 Ω ?



Aplicando la ley de ohm:

$$E_t = I_t \times R_t$$
$$E_t = I_t \times 48 \Omega$$

Como el circuito es paralelo:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$
$$I_t = 0.8 \text{ A} + 0.5 \text{ A} + 1,2 \text{ A}$$
$$I_t = 2,5 \text{ A}$$

Sustituyendo el valor hallado en la primera ecuación:

$$E_t = 2,5 \text{ A} \times 48 \Omega$$
$$E_t = 120 \text{ V}$$

2. Se deben conectar en paralelo un bombillo de 150W y una resistencia

Primer proceso

Aplicando la ley de watt:

$$I_t = P_t / E_t$$

Como desconocemos P_t :

$$P_t = P_1 + P_2$$

Como desconocemos P_2 :

Para averiguar P_2 podemos aplicar directamente la ecuación que relaciona las leyes de ohm y watt

$$P_2 = (E_2)^2 / R_2$$
$$P_2 = (120 \text{ V})^2 / 64\Omega$$
$$P_2 = 225 \text{ W}$$

$$I_2 = E_2 / R_2$$
$$I_2 = 120 \text{ V} / 64\Omega$$
$$I_2 = 1,875 \text{ A}$$

Para averiguar P_2 podemos aplicar primero la ley de ohm y luego la ley de watt

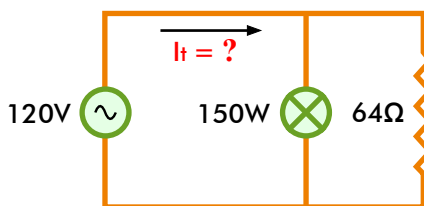
$$P_2 = I_2 \times E_2$$
$$P_2 = 1,875 \text{ A} \times 120 \text{ V}$$
$$P_2 = 225 \text{ W}$$

Retomando la P_t y la ley de watt:

$$P_t = 150 \text{ W} + 225 \text{ W} \quad I_t = 375 \text{ W} / 120 \text{ V}$$
$$P_t = 375 \text{ W} \quad I_t = 3,125 \text{ A}$$

de 64Ω . Si la tensión de alimentación del circuito es de 120 V , ¿cuál será la intensidad total del circuito?

Como se dijo antes de resolver los ejercicios con circuitos serie, es posible solucionar los problemas de diversas formas, de manera que las que presentamos a continuación no son las únicas, sino algunas de tantas que se pueden realizar.



Segundo proceso

Aplicando la ley de ohm:

$$I_t = E_t / R_t$$

Como desconocemos R_t :

$$R_t = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2)$$

Como desconocemos R_1 :

$$R_1 = (E_1)^2 / P_1$$

$$R_1 = (120 \text{ V})^2 / 150 \text{ W}$$

$$R_1 = 96 \Omega$$

Retomando la ecuación de la R_t :

$$R_t = 96 \Omega \times 64 \Omega / (96 \Omega + 64 \Omega)$$

$$R_t = 38,4 \Omega$$

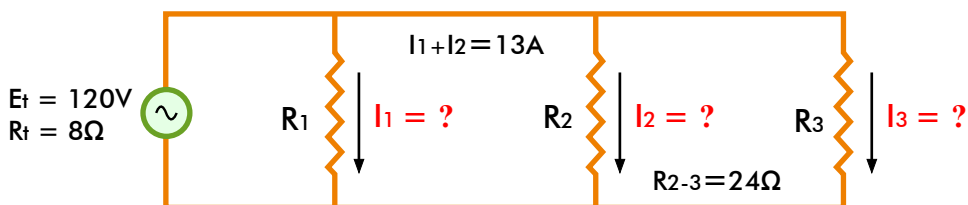
Retomando la ecuación inicial:

$$I_t = 120 \text{ V} / 38,4 \Omega$$

$$I_t = 3,125 \text{ A}$$

3. Si se tienen tres resistencias conectadas en paralelo y alimentadas por una tensión de 120 V, ¿qué corriente circulará por cada una de ellas, sabiendo que la resistencia total del circuito es de 8 Ω , la resistencia equivalente de las dos últimas es de 24 Ω y la corriente que circula por las dos primeras suma 13 A?

Resistencia equivalente: resistencia que tiene el mismo valor que otras dos o más resistencias conectadas en paralelo.



Aplicando la ley de ohm:

$$I_t = E_t / R_t$$

$$I_t = 120 \text{ V} / 8 \Omega$$

$$I_t = 15 \text{ A}$$

Como se tiene un circuito paralelo:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

Despejando I_3 :

$$I_3 = I_t - (I_1 + I_2)$$

$$I_3 = 15 \text{ A} - 13 \text{ A}$$

$$I_3 = 2 \text{ A}$$

Para averiguar el valor de R_1 :

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$1/R_1 = 1/R_t - (1/R_2 + 1/R_3)$$

$$1/R_1 = 1/8 \Omega - 1/24 \Omega$$

$$R_1 = 12 \Omega$$

Aplicando la ley de ohm para I_1 :

$$I_1 = E_t / R_1$$

$$I_1 = 120 \text{ V} / 12 \Omega$$

$$I_1 = 10 \text{ A}$$

Para averiguar I_2 :

$$I_1 + I_2 = 13 \text{ A}$$

$$I_2 = 13 \text{ A} - 10 \text{ A}$$

$$I_2 = 3 \text{ A}$$

4. Se tienen tres resistencias conectadas en paralelo. Se necesita conocer el valor de la primera resistencia, sabiendo que la intensidad total es de 2,5 A y la potencia total de dos resistencias (una de 140 Ω y otra de 60 Ω) es de 168 W.

Para encontrar el valor de R_1 sugerimos el siguiente proceso:

Primero: con los valores de R_2 y R_3 y la potencia consumida por ambas se obtiene el valor de la tensión.

Segundo: con este resultado se obtiene la intensidad que circula por ambas resistencias.

Tercero: con dicho valor obtener I_1 .

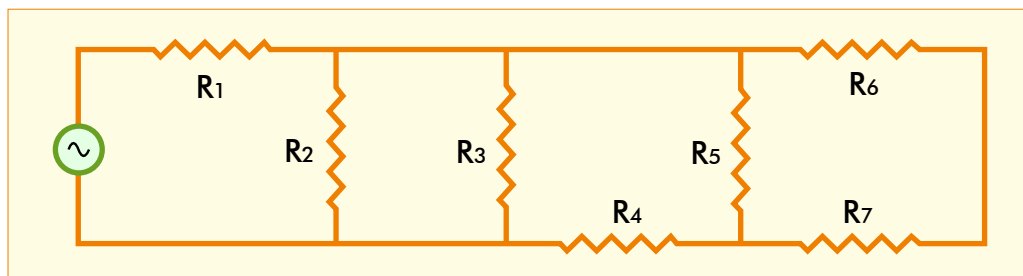
Cuarto: con este último dato se averigua el valor de R_1 .

5. ¿Qué corriente circulará por un circuito, y por cada una de las cuatro ramas del mismo, compuesto por dos bombillos de 60 W y dos bombillos de 100 W, si la tensión de alimentación es de 115 V.
6. ¿Con qué tensión debe alimentarse un circuito en el cual se han conectado dos resistencias de 400 Ω cada una, una resistencia de 150 Ω y otra

de 300 Ω , si la intensidad total del circuito es de 1,8 A?

7. Se tiene un circuito paralelo conformado por un bombillo de 25 W, otro de 40 W y un tercero de 60 W. Si la resistencia total del circuito es de 96,8 Ω , ¿qué corriente circulará a través de cada uno de los bombillos?
8. La resistencia total de un circuito compuesto por tres resistencias es de 50 Ω . ¿Cuál será la potencia y la intensidad de la primera resistencia, si la segunda resistencia es de 300 Ω , la suma de la primera y segunda resistencia es de 100 Ω y la corriente que circula por la tercera resistencia es de 1,2 A?
9. ¿Cuál será el valor de cada una de las tres resistencias que conforman un circuito paralelo, si de 1 A que sale de la fuente, 200 mA circulan por la segunda resistencia y 300 mA por la primera, y la potencia de la primera y tercera resistencias suman 80 W?

CIRCUITO MIXTO (SERIE-PARALELO): circuito en el cual la corriente tiene en parte una sola trayectoria, y en parte la posibilidad de varias trayectorias. En otras palabras, es un circuito que está compuesto por circuitos en serie y por circuitos en paralelo.



Observamos que R_6 y R_7 están en serie, y éstas a su vez están en paralelo con R_5 , y las tres están en serie con R_4 .

Al mismo tiempo R_2 , R_3 y el grupo de resistencias analizadas hasta el momento forman un circuito en paralelo.

Finalmente R_1 está en serie con todas las resistencias del circuito (R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 y R_7).

Ahora veamos qué sucede con las tres magnitudes fundamentales y la potencia en un circuito paralelo.

RESISTENCIA: la resistencia total de un circuito serie-paralelo se averigua por medio de circuitos equivalentes, que consiste en ir resolviendo las partes del circuito que estén exclusivamente en serie o exclusivamente en paralelo, hasta obtener un circuito final que sea única-

mente serie o únicamente paralelo.

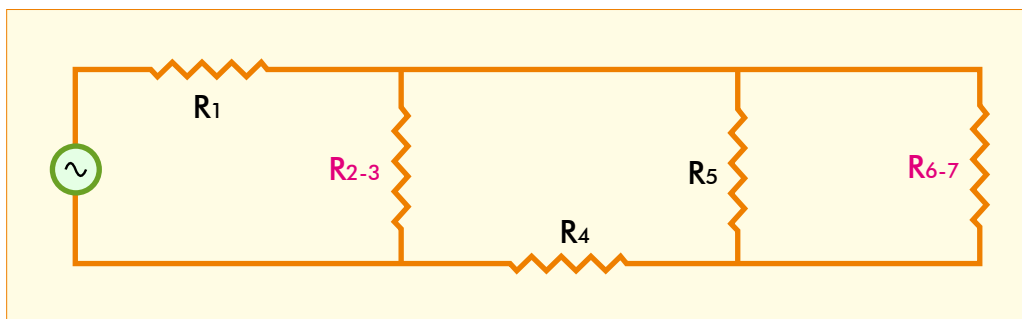
Veamos cómo se resolvería el ejercicio.

Para comenzar podemos averiguar la resistencia equivalente de R_2 y R_3 (están exclusivamente en paralelo) y la resistencia equivalente de R_6 y R_7 (están exclusivamente en serie).

$$R_{2-3} = R_2 \times R_3 / (R_2 + R_3)$$

$$R_{6-7} = R_6 + R_7$$

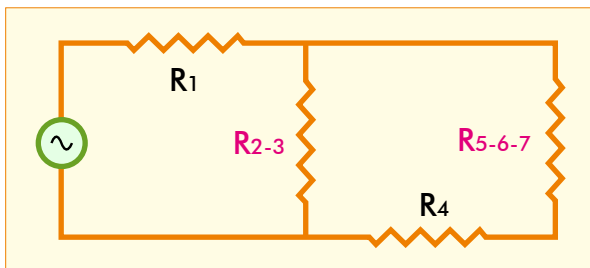
El nuevo circuito, con estas reducciones, quedaría así:



Luego buscamos la resistencia equivalente de R_5 y R_{6-7} :

$$R_{5-6-7} = R_5 \times R_{6-7} / (R_5 + R_{6-7})$$

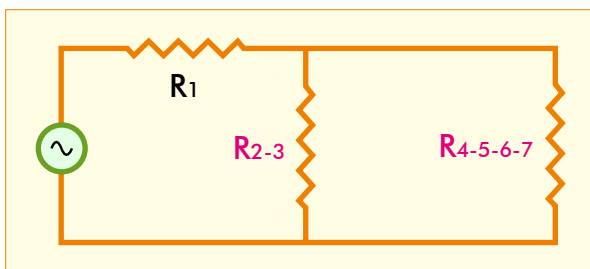
Después de esta reducción el circuito queda como se observa en la gráfica que está al lado.



Ahora buscamos el circuito equivalente de R_4 y R_{5-6-7} :

$$R_{4-5-6-7} = R_4 + R_{5-6-7}$$

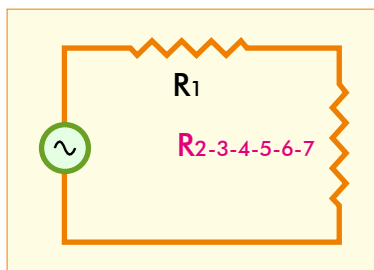
Con esta nueva reducción obtenemos el circuito que vemos en la gráfica del lado.



A continuación averiguamos el circuito equivalente de R2-3 y R4-5-6-7:

$$R_{2-3-4-5-6-7} = R_{2-3} \times R_{4-5-6-7} / (R_{2-3} + R_{4-5-6-7})$$

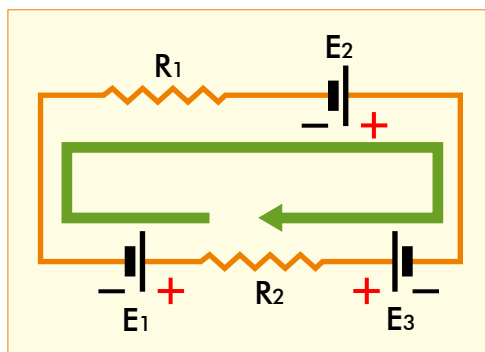
Como puede verse en la nueva gráfica el circuito deja de ser mixto, por lo cual finalmente podemos averiguar: $R_t = R_1 + R_{2-3-4-5-6-7}$



TENSIÓN e INTENSIDAD: cuando los circuitos no son muy complejos y pueden reducirse a circuitos serie o paralelo, se aplica lo estudiado en circuitos serie para las cargas que están en serie, y lo estudiado en circuitos en paralelo para las cargas que están en paralelo.

Si los circuitos son más complejos o no pueden reducirse a los circuitos serie o paralelo, se emplean las **LEYES DE KIRCHHOFF**, las cuales son aplicables solamente si se trabaja con D.C.

Ley de las tensiones: la sumatoria de las fuentes es igual a la sumatoria de



$$\sum E_{\text{fuentes}} = \sum IR$$

$$E_1 - E_2 + E_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

Si el sentido de la corriente entregada por una fuente coincide con el sentido supuesto, se le asigna un valor positivo, de lo contrario se le asigna un valor negativo.

las caídas de tensión (tensiones parciales) en las cargas que conforman un circuito:

$$\sum E_{\text{fuentes}} = \sum E_{\text{parciales}}$$

$$\sum E_{\text{fuentes}} = \sum IR$$

Para la aplicación de esta primera ley es conveniente tener en cuenta:

- Se consideran únicamente circuitos en serie.
- Si se tienen varias fuentes, se debe suponer un sólo sentido para la corriente que circula por el circuito.

Las tensiones parciales o caídas de tensión se obtienen multiplicando la intensidad por cada una de las resistencias del circuito.

Si al averiguar el valor de la intensidad se obtiene una cantidad negativa, el valor absoluto hallado es de todas maneras el correcto, por cuanto el signo negativo únicamente nos indica que el sentido supuesto no era el apropiado.

Ley de las intensidades: las corrientes que llegan a un nodo son iguales a las que salen del mismo.

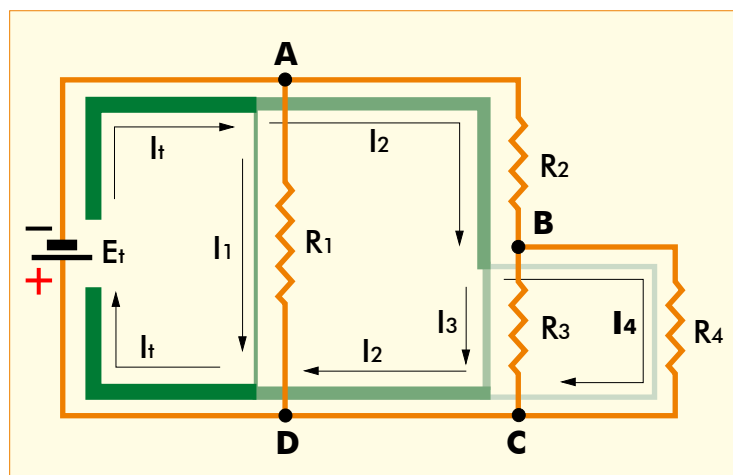
$$\sum I_{\text{que entran}} = \sum I_{\text{que salen}}$$

Para la aplicación de esta ley es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos:

Es necesario tener circuitos en paralelo o mixtos, de manera que se establezcan tantas trayectorias como ramas haya.

Cada trayectoria se considera como un circuito estrictamente serie, que parte de la fuente y retorna a la misma.

En el siguiente diagrama tenemos un circuito con cuatro nodos (puntos donde se bifurca la corriente) y tres trayectorias (ramas). En él podemos observar claramente cómo las corrientes que llegan a un nodo, son exactamente iguales a las corrientes que salen del mismo.



nodo A: a él le llega la I_t y salen del mismo I_1 e I_2

nodo B: a él le llega la I_2 y salen del mismo I_3 e I_4

nodo C: a él le llegan I_3 e I_4 y sale del mismo I_2

nodo D: a él le llegan I_1 e I_2 y sale del mismo la I_t

TRAYECTORIAS: la primera con R_1 , la segunda con R_2 y R_3 y la tercera R_2 y R_4 .

Se establece un sistema de ecuaciones de primer grado, con una ecuación por cada trayectoria, basándose en la ley de las tensiones:

- primera trayectoria: $E_t = I_1 R_1$
- segunda trayectoria: $E_t = I_2 R_2 + I_3 R_3$
- tercera trayectoria: $E_t = I_2 R_2 + I_4 R_4$

Se han formulado tres ecuaciones, pero se tienen cuatro incógnitas (el número de incógnitas debe ser igual al número de ecuaciones), por lo cual debe eliminarse alguna de ellas, en base a las siguientes igualdades que se obtienen aplicando la ley de las intensidades:

$$I_t = I_1 + I_2$$

$$I_2 = I_3 + I_4$$

Luego se van averiguando los valores de las intensidades (parciales y total), aplicando cualesquiera de los sistemas que se conocen para la solución de ecuaciones simultáneas de primer grado, con dos o más incógnitas.

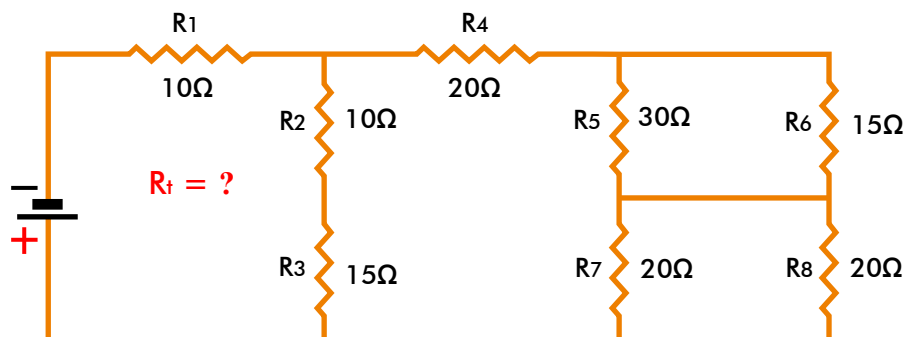
Las dos leyes de Kirchhoff se aplican simultáneamente, es necesario identificar las diferentes intensidades y finalmente es necesario conocer los valores de las resistencias.

POTENCIA: La potencia total (P_t) en los circuitos serie-paralelos es igual a la sumatoria de todas las potencias parciales, porque se ha visto anteriormente que tanto en los circuitos serie, como en los circuitos paralelo, la potencia total es la suma de las potencias parciales:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$

EJERCICIOS DE APLICACIÓN CON CIRCUITOS MIXTOS

1. Averigua la R_t del siguiente circuito.



Examinando el circuito vemos que R2 y R3 están únicamente en serie, R5 con R6 y R7 con R8 están solamente en paralelo, de manera que podemos comenzar con cualesquiera de los tres. A manera de ejemplo sigamos un proceso.

Después de obtener las tres resistencias equivalentes, el circuito quedará como sigue:

$$R_{2-3} = 10\Omega + 15\Omega$$

$$R_{2-3} = 25\Omega$$

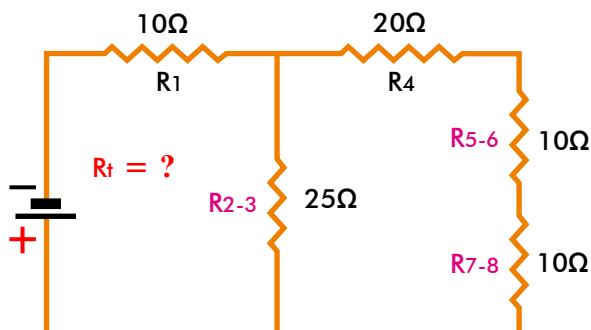
$$R_{5-6} = 30\Omega \times 15\Omega / (30\Omega + 15\Omega)$$

$$R_{5-6} = 450\Omega / 45\Omega$$

$$R_{5-6} = 10\Omega$$

$$R_{7-8} = 20\Omega / 2$$

$$R_{7-8} = 10\Omega$$

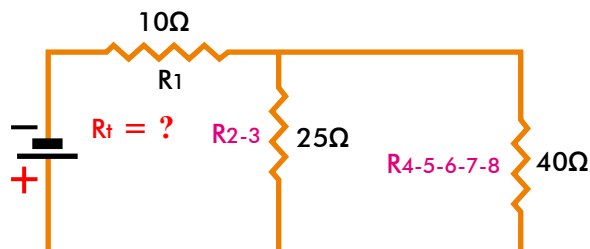


La resistencia equivalente de R4, R5-6 y R7-8:

$$R_{4-5-6-7-8} = 20\Omega + 10\Omega + 10\Omega$$

$$R_{4-5-6-7-8} = 40\Omega$$

El esquema del lado muestra el valor de la resistencia equivalente.

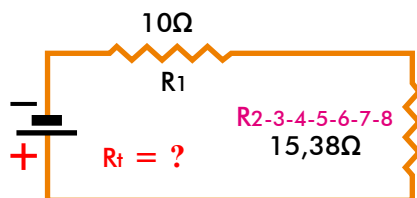


La resistencia equivalente de R2-3 y R4-5-6-7-8 será:

$$R_{2-3-4-5-6-7-8} = 25\Omega \times 40\Omega / (25\Omega + 40\Omega)$$

$$R_{2-3-4-5-6-7-8} = 1.000\Omega / 65\Omega$$

$$R_{2-3-4-5-6-7-8} = 15,38\Omega$$



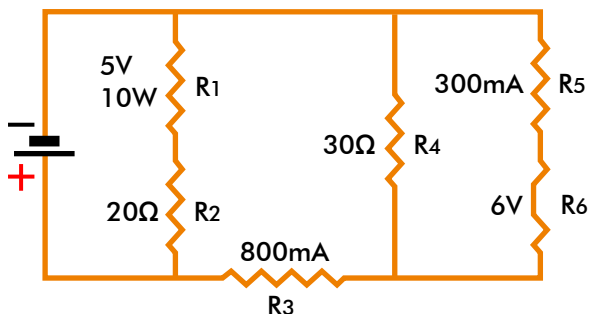
Finalmente la R_t del circuito será:

$$R_t = 10\Omega + 15,38\Omega$$

$$R_t = 25,38\Omega$$

2. Averigua la R_6 , I_2 , E_5 y P_3 en el siguiente circuito.

Con base en la información que se encuentra en el circuito, existen muchas formas de averiguar los datos solicitados. Lo importante es seguir un proceso lógico.



$$I_1 = P_1 / E_1$$

$$I_1 = 10W / 5V$$

$$I_1 = 2A$$

$$I_1 = I_2$$

$$I_2 = 2A$$

$$I_3 = I_4 + I_{5-6}$$

$$I_4 = I_3 - I_{5-6}$$

$$I_4 = 800mA - 300mA$$

$$I_4 = 500mA$$

$$E_4 = I_4 \times R_4$$

$$E_4 = 0,5A \times 30\Omega \quad E_4 = 15V$$

$$E_4 = E_{5-6}$$

$$E_{5-6} = 15V$$

$$E_{5-6} = E_5 + E_6$$

$$E_5 = E_{5-6} - E_6$$

$$E_5 = 15V - 6V$$

$$E_5 = 9V$$

$$R_6 = E_6 / I_6$$

$$R_6 = 6V / 0,3A$$

$$R_6 = 20\Omega \quad E_2 = I_2 \times R_2$$

$$E_2 = 2A \times 20\Omega \quad E_2 = 40V$$

$$E_{1-2} = E_1 + E_2$$

$$E_{1-2} = 5V + 40V$$

$$E_{1-2} = 45V$$

$$E_{1-2} = E_4 + E_3$$

$$E_3 = E_{1-2} - E_4$$

$$E_3 = 45V - 15V$$

$$E_3 = 30V$$

$$P_3 = I_3 \times E_3$$

$$P_3 = 0,8A \times 30V$$

$$P_3 = 24W$$

3. Averigua la E_t , R_4 , R_3 y R_1 teniendo los siguientes datos:

$$I_t = 0,5A$$

$$R_{2-3} = 60\Omega$$

$$I_2 = 100mA$$

$$I_4 = 250mA$$

$$P_5 = 1,25W$$

$$P_1 = 2,5W$$

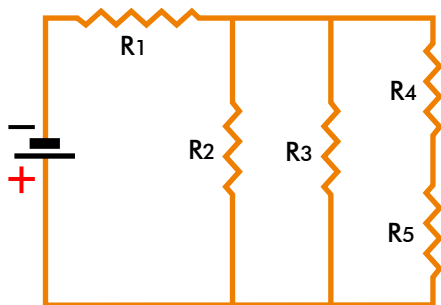
$$I_1 = I_t = 0,5A$$

$$R_1 = P_1 / (I_1)^2$$

$$R_1 = 2,5W / (0,5A)^2$$

$$R_1 = 2,5W / 0,25A^2$$

$$R_1 = 10\Omega$$



$$I_4 = I_5 = 0,25A$$

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_{4-5}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 - I_{4-5}$$

$$I_3 = 0,5A - 0,1A - 0,25A$$

$$I_3 = 0,15A$$

$$I_{2-3} = I_1 - I_{4-5}$$

$$E_{2-3} = I_{2-3} \times R_{2-3}$$

$$E_{2-3} = 0,25A \times 60\Omega \quad E_{2-3} = 15V$$

$$E_2 = E_3 = 15V$$

$$R_3 = E_3 / I_3$$

$$R_3 = 15V / 0,15A$$

$$R_3 = 100\Omega$$

$$E_5 = P_5 / I_5$$

$$E_5 = 1,25W / 0,25A$$

$$E_5 = 5V$$

$$E_{4-5} = E_{2-3} = 15V$$

$$E_{4-5} = E_4 + E_5$$

$$E_4 = E_{4-5} - E_5$$

$$E_4 = 15V - 5V$$

$$E_4 = 10V$$

$$R_4 = E_4 / I_4$$

$$R_4 = 10V / 0,25A$$

$$R_4 = 40\Omega$$

$$R_{4-5} = E_{4-5} / I_{4-5}$$

$$R_{4-5} = 15V / 0,25A$$

$$R_{4-5} = 60\Omega$$

$$R_{4-5} = R_{2-3} = 60\Omega$$

$$R_{2-3-4-5} = R_{2-3} / 2$$

$$R_{2-3-4-5} = 60\Omega / 2$$

$$R_{2-3-4-5} = 30\Omega$$

$$R_t = R_1 + R_{2-3-4-5}$$

$$R_t = 10\Omega + 30\Omega$$

$$R_t = 40\Omega$$

$$E_t = I_t \times R_t$$

$$E_t = 0,5A \times 40\Omega$$

$$E_t = 20V$$

4. Averigua la I_t , I_1 , I_2 , I_3 e I_4 si tenemos los siguientes datos:

$$R_1 = 10\Omega$$

$$R_2 = 15\Omega$$

$$R_3 = 30\Omega$$

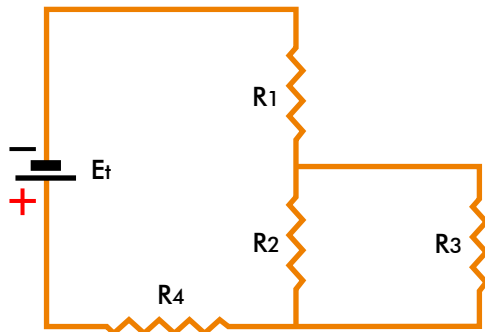
$$R_4 = 40\Omega$$

$$E_t = 120V$$

El presente circuito puede solucionarse mediante circuitos equivalentes y la ley de ohm, sin embargo resolvámoslo aplicando las leyes de Kirchhoff.

Establecemos las trayectorias:

- primera trayectoria compuesta por R_1 , R_2 y R_4
- segunda trayectoria compuesta por R_1 , R_3 y R_4



Formamos un sistema de ecuaciones:

$$E_t = R_1 \times I_1 + R_2 \times I_2 + R_4 \times I_4$$

$$E_t = R_1 \times I_1 + R_3 \times I_3 + R_4 \times I_4$$

Empleando la ley de las intensidades, establecemos algunas igualdades para reducir el número de incógnitas:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_4 = I_1$$

Sustituimos I_3 e I_4 en el sistema de ecuaciones:

$$E_t = R_1 \times I_1 + R_2 \times I_2 + R_4 \times I_1$$

$$E_t = R_1 \times I_1 + R_3 \times (I_1 - I_2) + R_4 \times I_1$$

Sustituimos el valor de las resistencias en las dos ecuaciones:

$$120V = 10\Omega I_1 + 15\Omega I_2 + 40\Omega I_1$$

$$120V = 10\Omega I_1 + 30\Omega (I_1 - I_2) + 40\Omega I_1$$

Resolvemos las operaciones y reducimos términos:

$$120V = 50\Omega I_1 + 15\Omega I_2$$

$$120V = 80\Omega I_1 - 30\Omega I_2$$

Resolvemos el sistema de ecuaciones por sumas y restas:

5. Averigua en el siguiente circuito la I_t , I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 e I_6 teniendo los siguientes datos:

$$R_1 = 40\Omega$$

$$R_2 = 20\Omega$$

$$R_3 = 15\Omega$$

$$R_4 = 20\Omega$$

$$R_5 = 30\Omega$$

$$R_6 = 20\Omega$$

$$E_t = 100V$$

Establecemos tres posibles trayectorias:

primera trayectoria: R_1 , R_2 y R_5

segunda trayectoria: R_1 , R_2 , R_4 y R_6

tercera trayectoria: R_1 , R_3 y R_6

Formamos un sistema de ecuaciones:

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_t$$

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 I_4 + R_6 I_6 = E_t$$

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 + R_6 I_6 = E_t$$

$$240V = 100\Omega I_1 + 30\Omega I_2$$

$$120V = 80\Omega I_1 - 30\Omega I_2$$

$$360V = 180\Omega I_1 \quad //$$

$$I_1 = 360V / 180\Omega$$

$$I_1 = 2A$$

Retomamos la primera ecuación:

$$120V = 50\Omega I_1 + 15\Omega I_2$$

$$120V = 50\Omega 2A + 15\Omega I_2$$

$$120V = 100V + 15\Omega I_2$$

$$15\Omega I_2 = 20V$$

$$I_2 = 20V / 15\Omega$$

$$I_2 = 1,33A$$

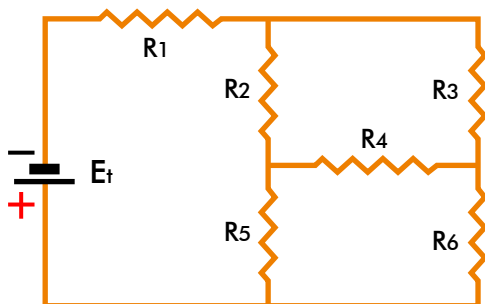
Con los valores hallados averiguamos las otras incógnitas:

$$I_1 = I_4 = I_t = 2A$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_3 = 2A - 1,33A$$

$$I_3 = 0,67A$$



Establecemos las igualdades para reducir el número de incógnitas:

$$I_t = I_1$$

$$I_t = I_5 + I_6$$

$$I_1 = I_5 + I_6$$

$$I_6 = I_1 - I_5$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_2 = I_4 + I_5$$

$$I_4 = I_2 - I_5$$

Sustituimos para reducir el número de incógnitas en el sistema de ecuaciones:

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_t$$

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 (I_2 - I_5) + R_6 (I_1 - I_5) = E_t$$

$$R_1 I_1 + R_3 (I_1 - I_2) + R_6 (I_1 - I_5) = E_t$$

Sustituimos con los valores conocidos en las ecuaciones:

$$40\Omega I_1 + 20\Omega I_2 + 30\Omega I_5 = 100V$$

$$40\Omega I_1 + 20\Omega I_2 + 20\Omega (I_2 - I_5) + 20\Omega (I_1 - I_5) = 100V$$

$$40\Omega I_1 + 15 (I_1 - I_2) + 20\Omega (I_1 - I_5) = 100V$$

Resolvemos las operaciones indicadas y simplificamos:

$$(1) \quad 40\Omega I_1 + 20\Omega I_2 + 30\Omega I_5 = 100V$$

$$(2) \quad 60\Omega I_1 + 40\Omega I_2 - 40\Omega I_5 = 100V$$

$$(3) \quad 75\Omega I_1 - 15\Omega I_2 - 20\Omega I_5 = 100V$$

Resolvemos el sistema de ecuaciones:

$$(1) \quad 40\Omega I_1 + 20\Omega I_2 + 30\Omega I_5 = 100V \quad (\times -2)$$

$$(2) \quad 60\Omega I_1 + 40\Omega I_2 - 40\Omega I_5 = 100V$$

$$(1a) \quad -80\Omega I_1 - 40\Omega I_2 - 60\Omega I_5 = -200V$$

$$(2) \quad 60\Omega I_1 + 40\Omega I_2 - 40\Omega I_5 = 100V$$

$$(4) \quad -20\Omega I_1 \quad // \quad -100\Omega I_5 = -100V$$

$$(2) \quad 60\Omega I_1 + 40\Omega I_2 - 40\Omega I_5 = 100V \quad (\times 3)$$

$$(3) \quad 75\Omega I_1 - 15\Omega I_2 - 20\Omega I_5 = 100V \quad (\times 8)$$

$$(2a) \quad 180\Omega I_1 + 120\Omega I_2 - 120\Omega I_5 = 300V$$

$$(3a) \quad 600\Omega I_1 - 120\Omega I_2 - 160\Omega I_5 = 800V$$

$$(5) \quad 780\Omega I_1 \quad // \quad -280\Omega I_5 = 1100V$$

$$(4) \quad -20\Omega I_1 - 100\Omega I_5 = -100V \quad (\times 14)$$

$$(5) \quad 780\Omega I_1 - 280\Omega I_5 = 1100V \quad (\times -5)$$

$$(4a) \quad -280\Omega I_1 - 1400\Omega I_5 = -1400V$$

$$(5a) \quad -3900\Omega I_1 + 1400\Omega I_5 = -5500V$$

$$-4180\Omega I_1 \quad // \quad = -6900V$$

$$4180\Omega I_1 = 6900V$$

$$I_1 = 6900V / 4180\Omega$$

$$I_1 = 1,65A$$

$$I_t = I_1 = 1,65A$$

$$(4) \quad -20\Omega I_1 - 100\Omega I_5 = -100V$$

Sustituyendo el valor de I_1 :

$$\begin{aligned} -20\Omega \times 1,65A - 100\Omega I_5 &= -100V \\ -33V - 100\Omega I_5 &= -100V \\ -100\Omega I_5 &= -67V \\ 100\Omega I_5 &= 67V \\ I_5 &= 67V / 100\Omega \\ I_5 &= 0,67A \end{aligned}$$

$$(1) \quad 40\Omega I_1 + 20\Omega I_2 + 30\Omega I_5 = 100V$$

Sustituyendo los valores de I_1 e I_5 :

$$\begin{aligned} 40\Omega \times 1,65A + 20\Omega I_2 + 30\Omega \times 0,67A &= 100V \\ 66V + 20\Omega I_2 + 20,1V &= 100V \\ 20\Omega I_2 &= 13,9V \\ I_2 &= 13,9V / 20\Omega \\ I_2 &= 0,695A \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores hallados en las igualdades establecidas, de acuerdo a la ley de las intensidades, podemos averiguar las intensidades faltantes:

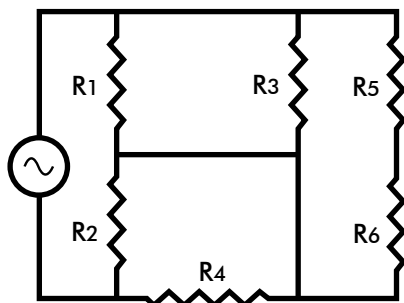
$$\begin{aligned} I_3 &= I_1 - I_2 \\ I_3 &= 1,65A - 0,695A \\ I_3 &= 0,955A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_4 &= I_2 - I_5 \\ I_4 &= 0,695A - 0,67A \\ I_4 &= 0,025A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_6 &= I_1 - I_5 \\ I_6 &= 1,65A - 0,67A \\ I_6 &= 0,98A \end{aligned}$$

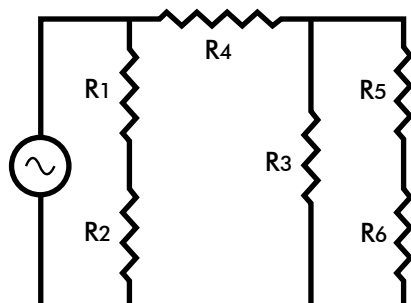
Tomando en cuenta lo visto hasta el momento resuelve los siguientes ejercicios, pero es recomendable que uses varios procesos y no uno sólo.

6. Averigua la I_2 , I_4 , E_1 , E_6 , P_3 , P_5 y P_t en el siguiente circuito.



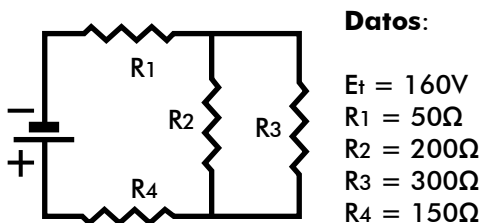
Datos:
 $R_4 = 300\Omega$
 $R_1 = 100\Omega$ $R_5 = 140\Omega$
 $R_2 = 150\Omega$ $R_6 = 60\Omega$
 $R_3 = 100\Omega$ $I_t = 1,5A$

7. Averigua la R_3 , R_4 , R_5 , P_2 , P_4 e I_t en el siguiente circuito.



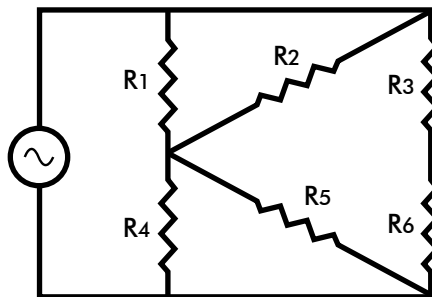
Datos:
 $R_6 = 500\Omega$
 $E_t = 120V$ $I_2 = 0,1A$
 $E_4 = 30V$ $I_3 = 500mA$
 $R_1 = 100\Omega$ $P_6 = 5W$

10. Averigua la I_1 , I_2 , I_3 , I_t , E_1 , E_2 , E_4 y P_4 en el siguiente circuito.



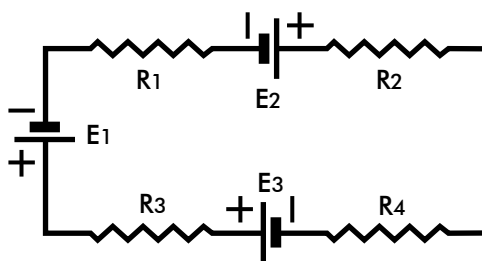
Datos:
 $E_t = 160V$
 $R_1 = 50\Omega$
 $R_2 = 200\Omega$
 $R_3 = 300\Omega$
 $R_4 = 150\Omega$

8. Averigua la R_1 , R_2 , R_6 , R_t , I_3 , I_4 , I_5 , y P_6 en el siguiente circuito.



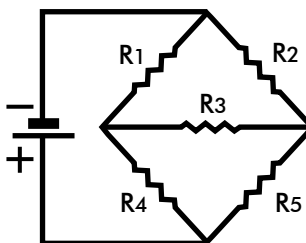
Datos:
 $E_t = 120V$ $R_5 = 150\Omega$
 $E_3 = 40V$ $I_1 = 800mA$
 $R_3 = 200\Omega$ $P_t = 180W$
 $R_4 = 350\Omega$ $P_{4-5} = 4,2W$

9. Averigua la P_2 , P_3 , P_t , I_t , E_1 y E_4 en el siguiente circuito.



Datos:
 $R_4 = 168\Omega$
 $R_1 = 138\Omega$ $E_1 = 110V$
 $R_2 = 158\Omega$ $E_2 = 50V$
 $R_3 = 136\Omega$ $E_3 = 30V$

11. Averigua la R_t , E_3 , P_4 , I_1 , I_2 , I_3 , I_4 e I_5 en el siguiente circuito.



Datos:
 $E_t = 130V$
 $R_1 = 50\Omega$
 $R_2 = 100\Omega$
 $R_3 = 200\Omega$
 $R_4 = 40\Omega$
 $R_5 = 200\Omega$

MAGNETISMO: es la propiedad que tienen ciertos cuerpos, llamados imanes, de atraer el hierro y algunos metales.

Imanes naturales: cuerpos que tienen propiedades magnéticas por su misma naturaleza (magnetita).

Imanes artificiales: metales que adquieren propiedades magnéticas por contacto con un imán o por acción de la corriente eléctrica.

- **Temporales:** si las propiedades magnéticas adquiridas duran poco tiempo, como en el caso del hierro dulce.
- **Permanentes:** si la propiedad magnética adquirida dura mucho tiempo, como en algunos aceros especiales.

Los imanes artificiales pueden desmagnetizarse por medio de golpes, calor o corriente alterna.

NATURALEZA DE LOS CUERPOS CON RELACIÓN A UN IMÁN

Ferromagnéticos: materiales que pueden adquirir propiedades magnéticas intensas, comparable con las que puede adquirir el hierro.

Paramagnéticos: materiales que pueden magnetizarse en forma muy débil.

Diamagnéticos: cuerpos que no pue-

den ser imanados, y que son impermeables al flujo magnético.

PARTES DEL IMÁN

Polos: partes extremas del imán.

NORTE: parte del imán que se orienta hacia el norte magnético terrestre.

SUR: parte que se orienta hacia el sur magnético terrestre.

ZONA NEUTRA: parte del imán que separa el polo norte del polo sur. Es una zona donde no se presenta ningún tipo de magnetismo.

Líneas de fuerza: líneas magnéticas invisibles que van del polo norte hacia el polo sur del imán, sin cruzarse, y que se van alejando progresivamente del mismo. De ellas depende la intensidad magnética de un imán.

Las líneas de fuerza pueden hacerse visibles empleando limaduras de hierro (espectro magnético).

Campo magnético: zona en la cual se producen las líneas de fuerza y que rodea el imán.

INTERACCIÓN QUE HAY ENTRE DOS CAMPOS MAGNÉTICOS

Como las líneas de fuerza no se cruzan y van del polo norte hacia el polo sur,

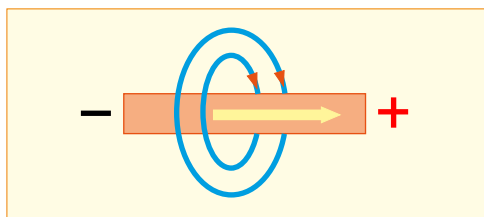
cuando se encuentran frente a frente dos **polos distintos se atraen**, debido a que las líneas de fuerza que siguen la misma dirección se atraen y finalmente se unen. Por el contrario, si se encuentran enfrentados dos **polos iguales se repelen**, porque las líneas de fuerza, al tener direcciones opuestas, se rechazan y no pueden fusionarse.

ELECTROMAGNETISMO: ciencia que estudia las relaciones entre el magnetismo y la corriente eléctrica.

CAMPO MAGNÉTICO ORIGINADO EN UN CONDUCTOR POR LA D.C.

En todo conductor, a través del cual circula corriente, se genera un campo magnético circular. La intensidad de este campo está dado por las líneas de fuerza que se producen, así como por la distancia que hay entre ellas.

El sentido de las líneas de fuerza se determina mediante la **regla de la mano izquierda**: si se cierra la mano izquierda alrededor de un conductor, de manera que el pulgar señale la dirección del flujo de la corriente continua, el campo magnético que se origine alrededor del conductor, tendrá la misma dirección que indican los dedos que rodean el conductor.

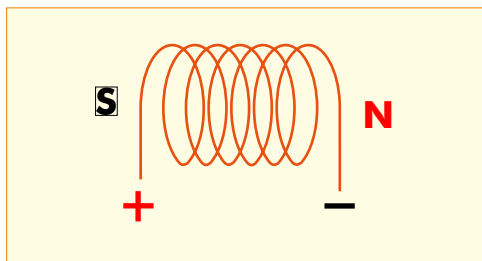


CAMPO MAGNÉTICO ORIGINADO EN UN SOLENOIDE POR LA D.C.

Solenoides: conductor arrollado en forma

de espiral. Al circular la corriente por él se genera un campo magnético similar al de un imán.

La polaridad de dicho campo se reconoce mediante la **regla de la mano izquierda**: si se cierra la mano izquierda alrededor del solenoide, de manera que los dedos que rodean el solenoide señalen la dirección de la corriente, el dedo pulgar señalará el polo norte.



CAMPO MAGNÉTICO ORIGINADO POR LA CORRIENTE ALTERNA

Como la corriente alterna varía constantemente en magnitud y sentido, también el campo magnético generado en el conductor y/o solenoide, por el cual circula ésta, cambiará constantemente en intensidad (magnitud) y sentido de las líneas de fuerza.

FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA o fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.)

Cuando se mueve un conductor a través de un campo magnético, se genera o induce una fuerza electromotriz (FEM) en el conductor. La dirección de ésta depende de la dirección del movimiento del conductor, respecto a la dirección del campo magnético, y se determina mediante la **regla de la mano derecha**: si se coloca el pulgar, el índice y el dedo medio formando ángulos rectos entre sí, de modo que el pulgar nos señale

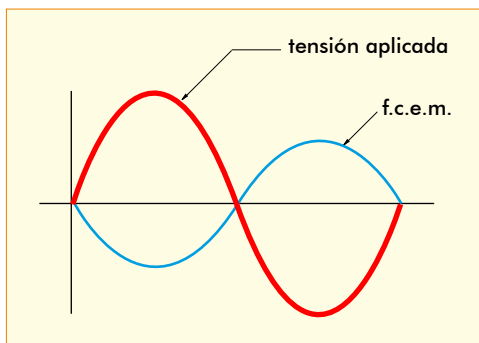
la dirección hacia donde se desplaza el conductor, y el índice la dirección de las líneas de fuerza, el dedo medio nos señalará el sentido en el cual fluye la fuerza electromotriz inducida.

La magnitud de la fuerza electromotriz inducida será:

- directamente proporcional a la intensidad del campo magnético;
- directamente proporcional a la longitud del conductor;
- directamente proporcional a la velocidad con que el conductor atraviesa el campo magnético;
- proporcional a la dirección hacia donde se mueve el conductor:
 - si el conductor se mueve formando ángulo recto con respecto a la dirección del campo, la tensión (FEM) es máxima;
 - si el conductor se mueve paralelamente a la dirección del campo, no se induce tensión.

De acuerdo con la ley de Lenz, un cambio en la corriente produce una tensión cuya dirección es tal que se opone al cambio de corriente, es decir, cuando una corriente está disminuyendo, la tensión inducida tiene la misma dirección de la corriente y trata de mantenerla en su valor sin que disminuya; y si está en aumento se produce un fenómeno similar, pero contrario, ya que la polaridad de la tensión inducida es opuesta a la dirección de la corriente, tratando de evitar que ésta aumente.

De allí que la E aplicada y la E inducida estarán siempre defasadas 180° , por lo cual la acción de la E inducida es opuesta a la acción aplicada, por la cual se llama fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.).



AUTOINDUCCIÓN

Debido a una variación constante que se produce en el campo magnético, el cual se genera alrededor de un conductor, cuando circula A.C. por él, puede considerarse que las líneas de fuerza cortan el conductor, produciéndose un efecto similar al originado cuando el conductor se mueve dentro de un campo magnético, de manera que se genera o induce una tensión en el mismo conductor, es decir que se produce una **autoinducción**.

La autoinducción es directamente proporcional a la frecuencia e intensidad.

INDUCCIÓN MUTUA

La inducción de la E en una bobina, por acción de las líneas de fuerza generadas por otra bobina, recibe el nombre de inducción mutua.

La bobina que genera las líneas de fuerza se llama **primario**, y aquella en la cual se induce la E se llama **secundario** (muy usado en los **transformadores**).

La magnitud de la tensión inducida depende de:

- posición relativa de las dos bobinas
- número de espiras que tengan las bobinas:

- si el secundario tiene menor número de espiras que el primario, la E inducida será menor;
- si el secundario tiene mayor número de espiras que el primario, la E inducida será mayor.

INDUCTANCIA (L): propiedad de un circuito eléctrico a oponerse a cualquier cambio de la corriente en él.

HENRIO (H): inductancia de un circuito cerrado en el que se induce una tensión de 1 voltio, cuando la corriente que circula por él, varía uniformemente a razón de un amperio por segundo.

BOBINA: arrollamiento de alambre, en forma de espiral, alrededor de un núcleo. Es el componente que presenta la mayor inductancia. Se compone de:

- **Conductor:** alambre sólido de cobre, revestido con un aislamiento esmaltado, a través del cual puede circular la corriente.
- **Núcleo:** elemento que se encuentra en la parte interna de la bobina. Puede ser de un material ferromagnético o de un material aislante (en cuyo caso solamente servirá como soporte o formaleta para enrollar el alambre sin adquirir propiedades magnéticas).

Si el núcleo puede moverse dentro de la bobina, se obtiene una inductancia variable (determinada por la posición del núcleo).

FACTORES QUE AFECTAN LA INDUCTANCIA DE UNA BOBINA

En el núcleo:

- **El material** del cual está hecho afecta la inductancia, porque si es un ele-

mento ferromagnético, se intensifica la inductancia por el reforzamiento o suma de las líneas de fuerza producidas por la bobina.

- **La sección transversal:** cuanto mayor es el área transversal, se tiene un mayor número de líneas de fuerza.
- **La longitud:** a mayor longitud le corresponde un flujo magnético menor.

En las espiras:

- Cuantas más espiras tiene una bobina, produce mayor inductancia.
- Así mismo, si las espiras están muy cercanas, la inductancia es mayor.

Las relaciones relativas al núcleo y a las espiras se expresan matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$L = \frac{0,4 \pi N^2 \mu A}{\ell}$$

L: inductancia de la bobina
 N: número de espiras
 μ : permeabilidad magnética
 A: área transversal del núcleo
 ℓ : longitud del núcleo

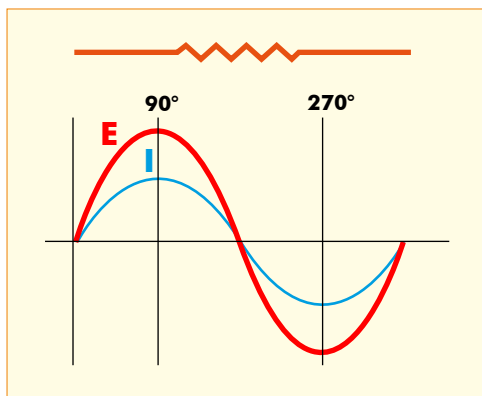
La intensidad de la corriente:

Cuanta más corriente circule por la bobina se obtendrá un campo magnético mucho más fuerte.

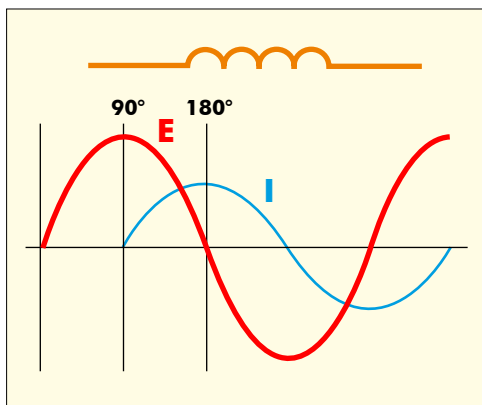
Si el flujo magnético del núcleo llega al límite máximo, se dice que el núcleo se ha saturado.

INDUCTANCIA PURA

Es aquella que se considera sólo como inductancia, sin ninguna resistencia.



En una resistencia la tensión y la intensidad están en fase (sus valores máximos se producen al mismo tiempo), mientras que el efecto inductivo que se produce en una bobina, considerada como una inductancia pura, provoca un **defasamiento de atraso de 90° de la corriente con respecto a la tensión**. La diferencia de fase máxima entre las dos magnitudes va disminuyendo a medida que aumenta la resistencia de la bobina.



REACTANCIA INDUCTIVA (X_L)

En un circuito de A.C. que sólo tiene inductancias, la cantidad de corriente que fluye, está determinada por la f.c.e.m., la cual contrarresta la tensión aplicada, comportándose como una resistencia,

al limitar el flujo de corriente. Por este motivo, la oposición que presenta una inductancia al paso de corriente alterna se llama **reactancia inductiva**, y se expresa en ohmios.

La X_L , expresada en ohmios, se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$X_L = 2\pi fL$$

$2\pi f$: rapidez de cambio de la corriente

L : inductancia expresada en henrios

Como el único factor que limita el flujo de corriente, en un circuito puramente inductivo, es la reactancia inductiva, se puede aplicar la ley de ohm:

$$I = E / X_L$$

Debemos tener presente que un determinado valor de reactancia inductiva se aplica únicamente para una frecuencia específica, de tal manera que **si se altera dicha frecuencia, también quedará alterada la reactancia inductiva**, razón por la cual un mismo circuito puede tener mayor o menor inductancia.

CAPACITANCIA (C): cuya unidad es el faradio, es la propiedad de un circuito eléctrico para almacenar energía eléctrica mediante un campo electrostático, para liberarlo posteriormente.

Faradio (F): capacidad que tienen dos placas separadas de almacenar una corriente de 1 coulombio, cuando se les aplica una tensión de 1 voltio.

Como el faradio representa una capacidad de almacenamiento muy grande, normalmente se usan submúltiplos

$$\text{microfaradio } (\mu F) = 0,000001 F \\ = 10^{-6} F$$

nanofaradio (nF) = 0,000000001 F
= 10^{-9} F

picofaradio (pF) = 0,000000000001 F
= 10^{-12} F

CONDENSADORES O CAPACITORES

Son elementos que introducen capacitancia en un circuito. Existirá un capacitor siempre que un material aislante, separe dos conductores que tengan una diferencia de potencial entre sí.

Los capacitores están conformados por dos placas y un material aislante o dieléctrico.

Según la aplicación y las condiciones del circuito, existen diferentes tipos de condensadores:

condensadores fijos: se fabrican en una gran variedad de materiales, formas, tamaños y dieléctricos. Los hay en forma de disco, cilíndricos, cerámicos, electrolíticos (son los de mayor capacidad y pueden obtenerse con capacidades hasta de miles de microfaradios), para D.C., para A.C., etc.

condensadores variables: generalmente de muy baja capacitancia, tienen placas móviles que permiten ir variando su capacitancia. Algunos de estos capacitores tienen como dieléctrico el aire, mientras otros usan mica.

Símbolos más usados



FACTORES QUE AFECTAN LOS VALORES DE CAPACITANCIA

Área de las placas (A): la superficie de las placas y la capacitancia son directamente proporcionales, es decir que a mayor área se produce mayor capacitancia.

Distancia entre placas (d): la intensidad de las líneas de fuerza electrostáticas, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre placas del capacitor.

Dieléctrico ó material aislante: puede ser aire, vidrio, papel, etc. El valor que tiene cada uno de estos materiales recibe el nombre de **constante dieléctrica (k)**.

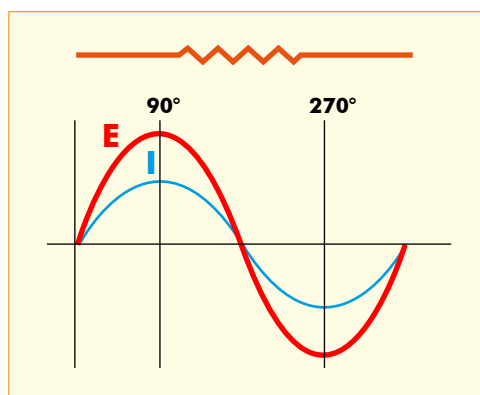
Estos tres factores se expresan mediante la siguiente ecuación:

$$C = k \frac{A}{d}$$

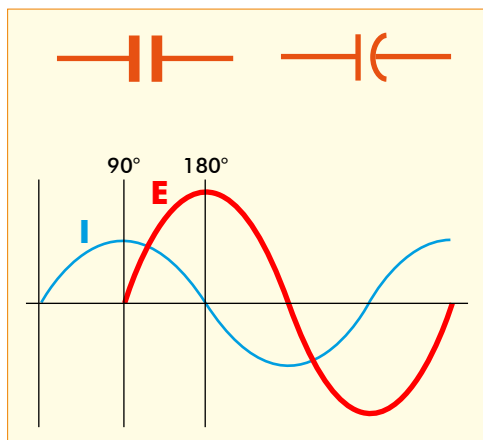
CAPACITANCIA PURA

Es aquella que se considera sólo como capacitancia, sin ninguna resistencia.

En una resistencia la tensión y la intensidad están en fase.



El efecto capacitivo que se produce en un condensador, considerado como capacitancia pura, provoca un **defasamiento de adelanto de 90° de la corriente con respecto a la tensión**. Este desfase máximo entre las dos magnitudes va disminuyendo a medida que aumenta la resistencia del capacitor.



REACTANCIA CAPACITIVA (Xc)

Es la oposición que presentan las capacitancias al paso de la corriente alterna.

La Xc se expresa en ohmios y se calcula con la siguiente expresión:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$2\pi f$: rapidez de cambio de la corriente
 C : capacitancia expresada en faradios

En un circuito capacitivo, al igual que en los circuitos inductivos, puede aplicarse la ley de ohm, con la correspondiente adecuación:

$$I = E / X_c$$

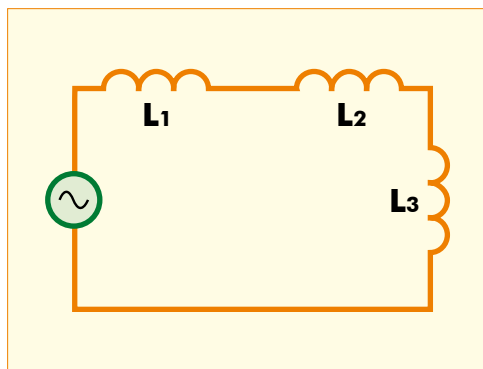
Como la Xc es inversamente proporcional a la frecuencia, **cuando ésta se altere, también se modificará la corriente en proporción directa**.

CIRCUITOS INDUCTIVOS Y CAPACITIVOS

CIRCUITOS PURAMENTE INDUCTIVOS

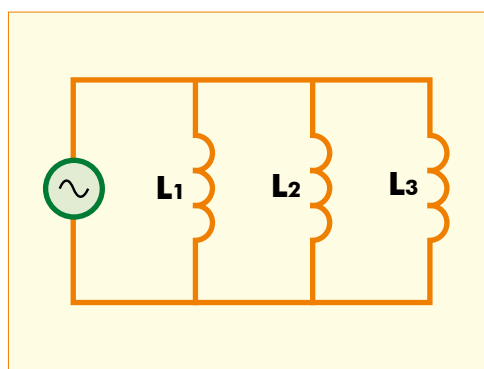
CIRCUITO EN SERIE

$$L_t = L_1 + L_2 + \dots L_n$$



CIRCUITO EN PARALELO

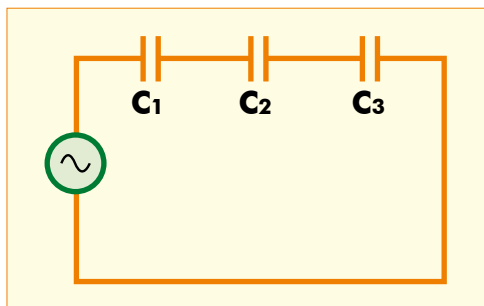
$$1/L_t = 1/L_1 + 1/L_2 + \dots 1/L_n$$



CIRCUITOS PURAMENTE CAPACITIVOS

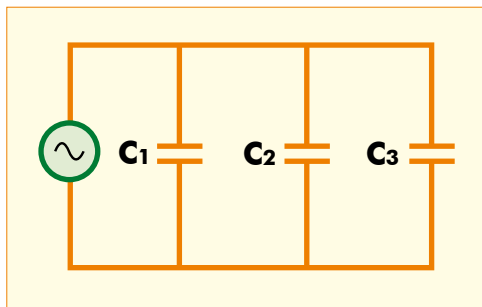
CIRCUITO EN SERIE

$$1/C_t = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots 1/C_n$$



CIRCUITO EN PARALELO

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots C_n$$



REQUISITOS MATEMÁTICOS PARA RESOLVER CIRCUITOS RL Y RC

En los circuitos con inductancias y capacitancias la intensidad y la tensión se encuentran defasadas, razón por la cual es necesario trabajar con vectores y funciones trigonométricas.

TEOREMA DE PITÁGORAS

Establece una relación entre los tres lados de un triángulo rectángulo.

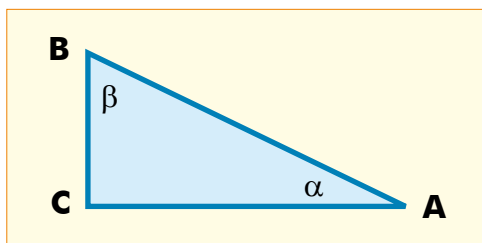
Se enuncia así: la hipotenusa (H) al cuadrado es igual a la suma de los cuadrados de los catetos (C y c).

Su expresión matemática es:

$$H^2 = C^2 + c^2$$

FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS

Función trigonométrica es la relación que se establece entre catetos, o entre un cateto y la hipotenusa, en función de los ángulos agudos de un triángulo rectángulo. Está dada por un valor numérico.



SENO: relación entre el cateto opuesto y la hipotenusa. Su valor numérico está entre 0 y 1.

$$\text{Sen } \alpha = \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} \quad \text{Sen } \beta = \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}}$$

COSENO: relación entre el cateto adyacente y la hipotenusa. Su valor numérico está entre 1 y 0. En la práctica es la que más se usa.

$$\text{Cos } \alpha = \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} \quad \text{Cos } \beta = \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}}$$

TANGENTE: relación entre el cateto opuesto y el cateto adyacente. Su valor numérico no tiene limitaciones.

$$\tan \alpha = \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} \quad \tan \beta = \frac{\overline{AC}}{\overline{BC}}$$

CIRCUITO RL: es el circuito que está compuesto por **resistencias e inductancias**.

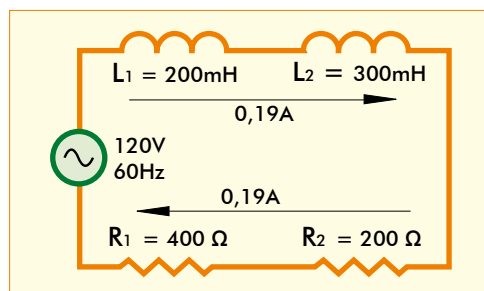
Las relaciones de fase (entre intensidad y tensión) en los componentes resistivos, será muy distinta a las que hay entre los elementos inductivos, afectando estas diferencias el funcionamiento general del circuito.

En estos circuitos, tanto la resistencia como la reactancia inductiva se oponen al flujo de corriente. El efecto combinado de ambas es lo que se denomina **impedancia** (Z) del circuito, que se mide en ohmios.

Cuando se aplica la ley de ohm es necesario ver si es una resistencia, una reactancia o una impedancia.

CIRCUITO RL EN SERIE

Estos circuitos pueden estar conformado por una o más resistencias y por una o más inductancias, por lo cual, primero hay que reducir todas las resistencias a una sola resistencia, y todas las inductancias también a una sola inductancia.

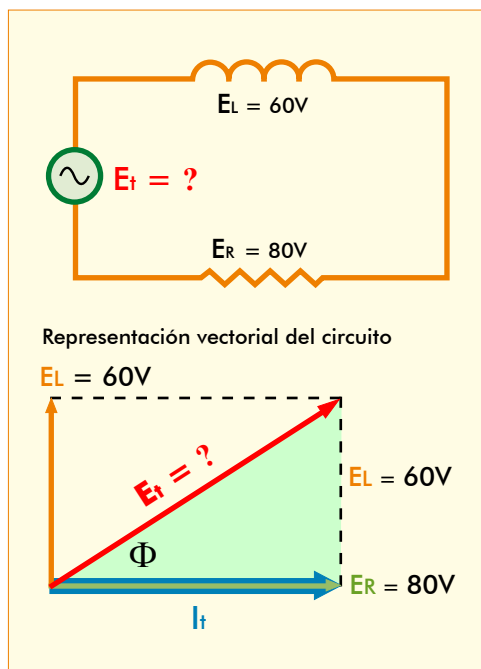


INTENSIDAD: Por ser un circuito serie, la intensidad será la misma en todo el

circuito, exactamente como si se tratara de un circuito puramente resistivo:

$$I_t = I_{L1} = I_{L2} = \dots I_{Ln} = I_{R1} = I_{R2} = \dots I_{Rn}$$

TENSIÓN: En un circuito puramente resistivo la tensión total es igual a la suma algebraica de las tensiones parciales. En cambio en un circuito RL en serie, la tensión total es igual a la suma vectorial de las tensiones parciales (E_R y E_L), representadas por vectores y defasadas entre sí 90° .



Como la tensión total es la hipotenusa del triángulo rectángulo, aplicamos el teorema de Pitágoras para averiguar su correspondiente valor:

$$\begin{aligned} E_t &= \sqrt{(E_L)^2 + (E_R)^2} \\ E_t &= \sqrt{(60V)^2 + (80V)^2} \\ E_t &= \sqrt{10.000V^2} \\ E_t &= 100V \end{aligned}$$

Así como la E_L y la E_R están defasadas 90° , también podemos averiguar el **ángulo de defasaje** entre la I_t y la E_t , porque la E_R y la I_t están en fase, y por consiguiente los dos vectores son coincidentes.

Aplicando las funciones vistas anteriormente tendremos:

$$\cos \Phi = \frac{\text{cateto adyacente } (E_R)}{\text{hipotenusa } (E_t)}$$

$$\cos \Phi = 80V / 100V$$

$$\cos \Phi = 0,8$$

$$\angle \Phi = 36,87^\circ = 36^\circ 52'$$

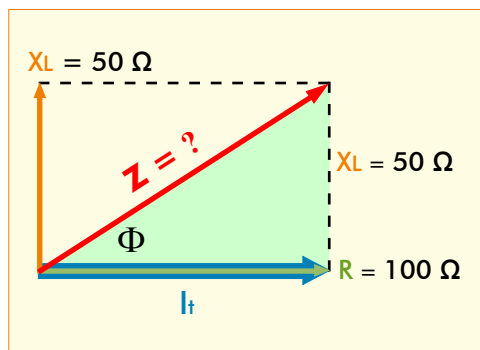
El defasaje entre la E_t y la I_t del circuito, que es igual a la intensidad total, es de $36^\circ 52'$.

IMPEDANCIA (Z): Es la oposición de todo el circuito (resistencias e inductancias) al flujo de corriente, equivalente a la R_t , en un circuito puramente resistivo.

En un circuito puramente resistivo, la resistencia es igual a la suma algebraica de las resistencias parciales.

En el circuito RL en serie, la I es la misma para la R y la L , mientras que la X_L está adelantada 90° con respecto a la E_R , por lo cual se asume que la X_L está adelantada 90° a la R .

Por consiguiente para calcular la Z se deben sumar vectorialmente los valores de la X_L y la R , tal como se hizo para averiguar la E_t .



$$Z = \sqrt{(X_L)^2 + R^2}$$

$$Z = \sqrt{(50\Omega)^2 + (100\Omega)^2}$$

$$Z = \sqrt{12.500 \Omega^2}$$

$$Z = 111,80\Omega$$

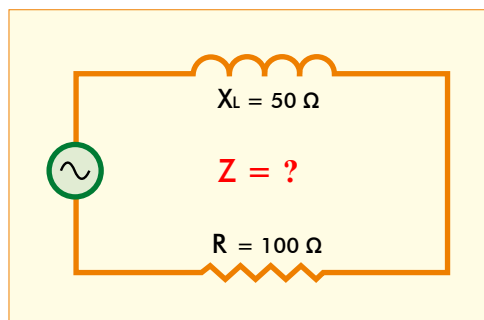
De la misma forma averiguamos el **ángulo de defasaje** o $\cos \Phi$.

$$\cos \Phi = \frac{\text{cateto adyacente } (R)}{\text{hipotenusa } (Z)}$$

$$\cos \Phi = 100 \Omega / 111,80 \Omega$$

$$\cos \Phi = 0,894454$$

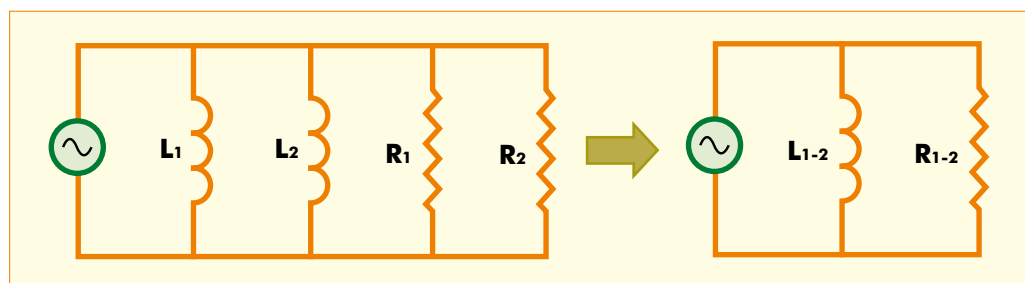
$$\angle \Phi = 26,56^\circ = 26^\circ 34'$$



Frecuencia (f): Como la X_L varía con la frecuencia, también el valor relativo de la Z se afecta, y un mismo circuito tendrá propiedades distintas, variando únicamente la frecuencia: cuanto más baja sea la frecuencia, el circuito se comporta como un circuito puramente resistivo, y cuanto más alta sea ésta, se comporta como un circuito puramente inductivo.

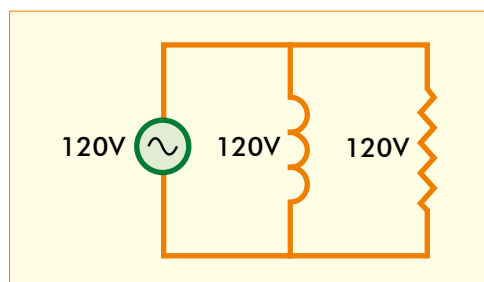
CIRCUITO RL EN PARALELO

Circuito en el cual se tienen una o más inductancias y una o más resistencias. Sin embargo antes de realizar cualquier cálculo, es necesario que se reduzca el circuito hasta obtener una sola inductancia y una sola resistencia.



TENSIÓN: como en los circuitos puramente resistivos, la tensión es la misma en la fuente y en cada una de las ramas, sean inductivas o resistivas :

$$E_t = E_{L1} = E_{L2} = \dots E_{Ln} = E_{R1} = E_{R2} = \dots E_{Rn}$$



Cuando se aplica la ley de ohm:

$$E_t = I_t Z$$

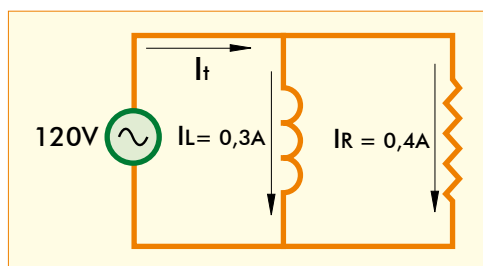
$$E_L = I_L X_L$$

$$E_R = I_R R$$

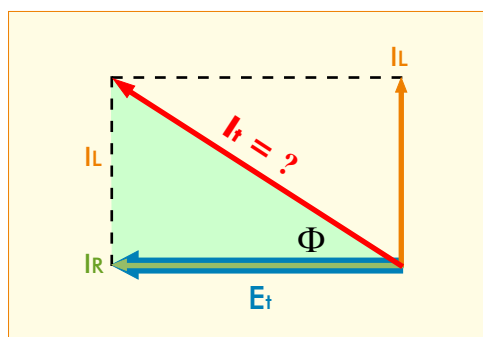
INTENSIDAD: por ser un circuito en paralelo, las intensidades parciales (I_L e I_R) que circulan por las ramas inductiva y resistiva son independientes, y pueden o no ser iguales, dependiendo de los valores que tengan la X_L y la R , según la ley de ohm.

$$I_L = E_L / X_L$$

$$I_R = E_R / R$$



La intensidad total (I_t) es igual a la suma vectorial de las intensidades parciales, por cuanto están defasadas 90° . Como la E es la misma en la fuente y en las ramas, la E_t estará en fase con la I_R y a su vez adelantada 90° a la I_L , porque la I_R está adelantada 90° a la I_L .



Aplicando el teorema de Pitágoras podemos averiguar la I_t :

$$I_t = \sqrt{(I_L)^2 + (I_R)^2}$$

$$I_t = \sqrt{(0,3A)^2 + (0,4A)^2}$$

$$I_t = \sqrt{0,25A^2}$$

$$I_t = 0,5A$$

La I_t también se puede averiguar aplicando la ley de ohm:

$$I_t = E_t / Z$$

El **ángulo de defasaje** entre la I_t y la E_t , en función de la I_R , se averigua mediante la función coseno:

$$\cos \Phi = \frac{\text{cateto adyacente } (I_R)}{\text{hipotenusa } (I_t)}$$

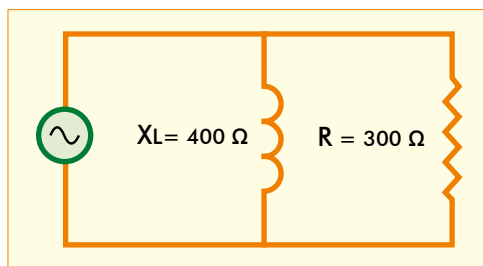
$$\cos \Phi = 0,4 A / 0,5 A$$

$$\cos \Phi = 0,8$$

$$\angle \Phi = 36,87^\circ = 36^\circ 52'$$

El ángulo de defasaje entre la I_t y la E_t estará entre 0° y 90° , dependiendo de cual de las ramas absorbe más corriente: si la corriente es mayor en la rama inductiva se acercará a 90° , de lo contrario a 0° . Sin embargo cuando una de las corrientes es 10 veces mayor que la otra, únicamente se toma en cuenta la mayor.

IMPEDANCIA (Z): es la oposición total que presentan al flujo de corriente las inductancias (X_L) y resistencias (R). Su



valor se calcula empleando procesos similares a los empleados en circuitos resistivos con sólo dos resistencias.

$$Z = \frac{X_L R}{(X_L + R)}$$

Pero como $X_L + R$ es una **suma vectorial**, al aplicar el teorema de pitágoras, se obtiene la siguiente expresión para averiguar la Z :

$$Z = \frac{X_L R}{\sqrt{(X_L + R)^2}}$$

$$Z = \frac{X_L R}{\sqrt{(X_L)^2 + R^2}}$$

$$Z = \frac{400\Omega + 300\Omega}{\sqrt{(400\Omega)^2 + (300\Omega)^2}}$$

$$Z = \frac{120.000\Omega^2}{\sqrt{160.000\Omega^2 + 90.000\Omega^2}}$$

$$Z = \frac{120.000\Omega^2}{\sqrt{250.000\Omega^2}}$$

$$Z = \frac{120.000\Omega^2}{500\Omega}$$

$$Z = 240\Omega$$

Para averiguar el **ángulo de defasaje** entre la intensidad y la tensión, en función de los componentes resistivos del circuito, se sigue el siguiente proceso:

Recordemos que:

$$I_R = E / R$$

$$I_t = E / Z$$

$$\cos \Phi = I_R / I_t$$

Sustituyendo en la función $\cos \Phi$:

$$\cos \Phi = \frac{E / R}{E / Z}$$

$$\cos \Phi = Z / R$$

$$\cos \Phi = 240\Omega / 300\Omega$$

$$\cos \Phi = 0,8$$

$$\angle \Phi = 36,87^\circ = 36^\circ 52'$$

Como se conocen las diferentes magnitudes, se puede aplicar la ley de ohm para averiguar la intensidad total y la impedancia:

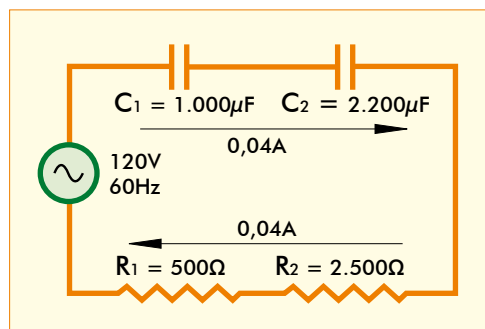
$$I_t = E_t / Z \quad Z = E_t / I_t$$

FRECUENCIA (f): Los efectos que produce el cambio de frecuencia en un circuito RL en paralelo, son diferentes a los efectos que se producen en un circuito RL en serie, ya que el aumento de la frecuencia produce un incremento en la X_L , haciendo más resistivo el circuito, y una disminución de la frecuencia lo hace más inductivo, de tal manera que a medida que aumenta la frecuencia disminuye el ángulo de defasaje.

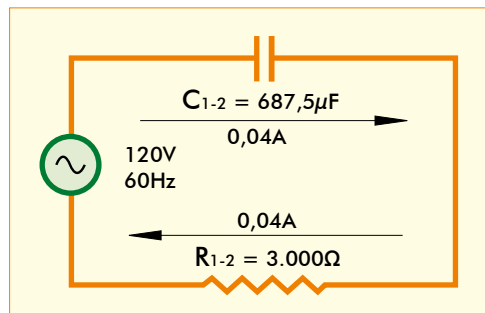
CIRCUITO RC: circuito compuesto por **resistencias y capacitancias**.

CIRCUITO RC EN SERIE

Un circuito RC en serie puede estar conformado por una o más resistencias y por una o más capacitancias.



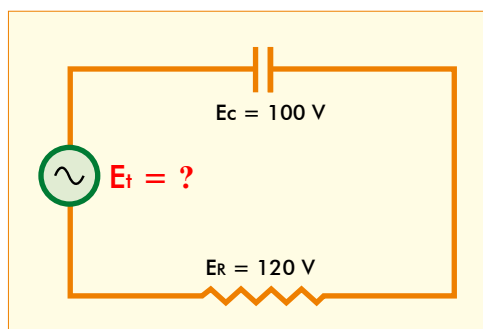
Primero se obtiene una sola capacitancia y una sola resistencia:



INTENSIDAD: Por ser un circuito serie, la intensidad es la misma en todo el circuito, exactamente como si se tratara de un circuito puramente resistivo, o un circuito RL en serie:

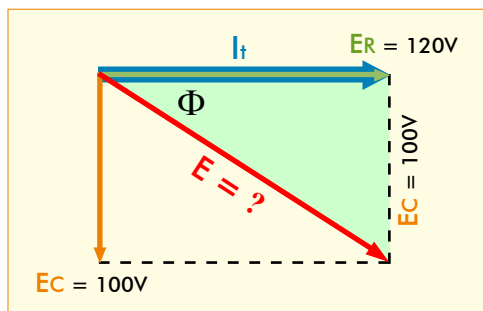
$$I_t = I_{C1} = I_{C2} = \dots I_{Cn} = I_{R1} = I_{R2} = \dots I_{Rn}$$

TENSIÓN: En un circuito RC en serie, la **tensión total** es igual a la **suma vectorial** de las tensiones parciales (E_R y E_C), representadas por vectores y defasadas entre sí 90° . En cambio **las tensiones parciales** se obtienen aplicando la ley de ohm: $E_R = I R$ y $E_C = I C X_C$.



Para averiguar la E_t primeramente se grafica vectorialmente el circuito:

Como la corriente es la misma en las resistencias y capacitancias, la E_R estará adelantada 90° a la E_C .



$$E_t = \sqrt{(E_C)^2 + (E_R)^2}$$

$$E_t = \sqrt{(100V)^2 + (120V)^2}$$

$$E_t = \sqrt{24.400V^2}$$

$$E_t = 156,20V$$

El procedimiento para averiguar el **ángulo de defasaje** entre la I_t y la E_t es exactamente igual al empleado en el circuito RL en serie:

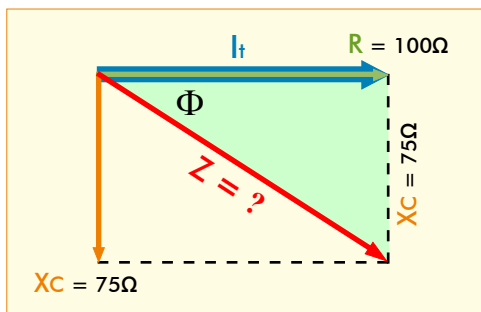
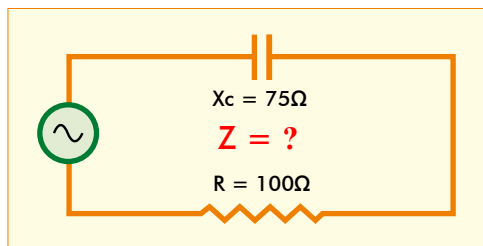
$$\cos \Phi = \frac{\text{cateto adyacente } (E_R)}{\text{hipotenusa } (E_t)}$$

$$\cos \Phi = 120V / 156,20V$$

$$\cos \Phi = 0,7682$$

$$\angle \Phi = 39,80^\circ = 39^\circ 48'$$

IMPEDANCIA: Por ser un circuito serie, la oposición total al flujo de corriente estará dado por la suma vectorial de la R y la X_C :



$$Z = \sqrt{(X_C)^2 + R^2}$$

$$Z = \sqrt{(75\Omega)^2 + (100\Omega)^2}$$

$$Z = \sqrt{15.625 \Omega^2}$$

$$Z = 125\Omega$$

El desfase entre la intensidad y la tensión total, en función de la impedancia y la resistencia, es igual a:

$$\cos \Phi = \frac{\text{cateto adyacente } (R)}{\text{hipotenusa } (Z)}$$

$$\cos \Phi = 75\Omega / 125\Omega$$

$$\cos \Phi = 0,6$$

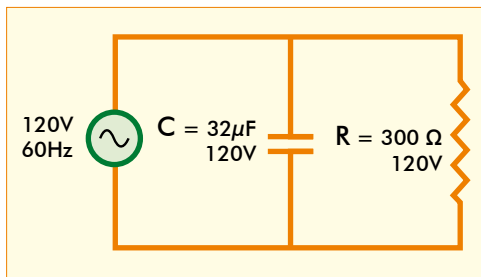
$$\angle \Phi = 53,13^\circ = 53^\circ 7'$$

CIRCUITO RC EN PARALELO

Un circuito RC en paralelo puede estar conformado por una o más resistencias y por una o más capacitancias. Sin embargo, como ya se dijo al tratar los circuitos RL en paralelo, antes de realizar cualquier cálculo, es necesario que todas las resistencias se reduzcan a una sola, y todas las capacitancias a una sola.

TENSIÓN: Por ser un circuito paralelo, la tensión será la misma tanto en la fuente como en las ramas capacitivas y resistivas:

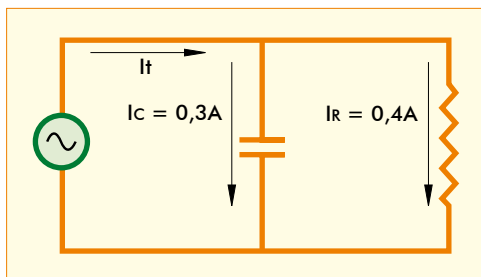
$$E_t = E_{C1} = E_{C2} = \dots E_{Cn} = E_{R1} = E_{R2} = \dots E_{Rn}$$



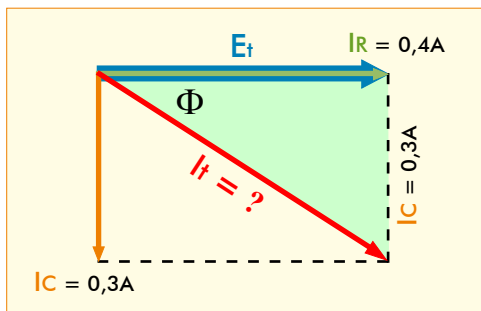
Intensidad: como la corriente en la rama resistiva está en fase con la E_t , mientras que la intensidad de la rama capacitiva está 90° adelantada a la E_t , se puede afirmar que la I_C está adelantada 90° a la I_R .

Las intensidades parciales se obtienen aplicando la ley de ohm:

$$I_R = E_R / R \quad I_C = E_C / X_C$$



La intensidad total es igual a la suma vectorial de las intensidades parciales (I_R e I_C), representadas por vectores y defasadas entre sí 90° :



$$I_t = \sqrt{(I_C)^2 + (I_R)^2}$$

$$I_t = \sqrt{(0,3A)^2 + (0,4A)^2}$$

$$I_t = \sqrt{0,25A^2}$$

$$I_t = 0,5A$$

El **ángulo de defasaje** entre la I_t y la E_t , en función de la I_R :

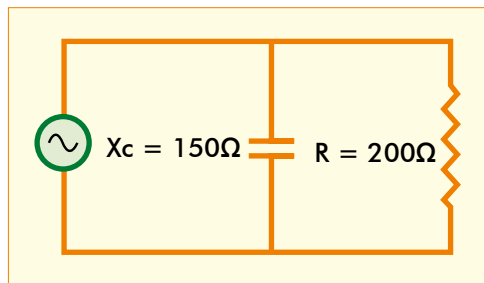
$$\cos \Phi = \frac{\text{cateto adyacente } (I_R)}{\text{hipotenusa } (I_t)}$$

$$\cos \Phi = 0,4A / 0,5A$$

$$\cos \Phi = 0,8$$

$$\angle \Phi = 36,87^\circ = 36^\circ 52'$$

IMPEDANCIA (Z): es la oposición total que presentan al flujo de corriente tanto la reactancia capacitiva (X_C) como la resistencia (R).



$$Z = \frac{X_C R}{\sqrt{(X_C + R)}}$$

$$Z = \frac{X_C R}{\sqrt{(X_C)^2 + R^2}}$$

$$Z = \frac{150\Omega \times 200\Omega}{\sqrt{(150\Omega)^2 + (200\Omega)^2}}$$

$$Z = \frac{30.000\Omega^2}{\sqrt{22.500\Omega^2 + 40.000\Omega^2}}$$

$$Z = \frac{30.000\Omega^2}{\sqrt{62.500\Omega^2}}$$

$$Z = \frac{30.000\Omega^2}{250\Omega}$$

$$Z = 120\Omega$$

El **ángulo de defasaje** entre la I y la E:

$$\cos \Phi = Z / R$$

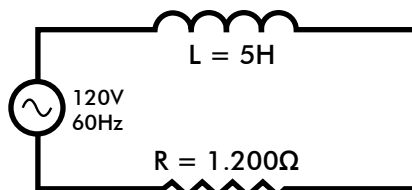
$$\cos \Phi = 120\Omega / 200\Omega$$

$$\cos \Phi = 0,6$$

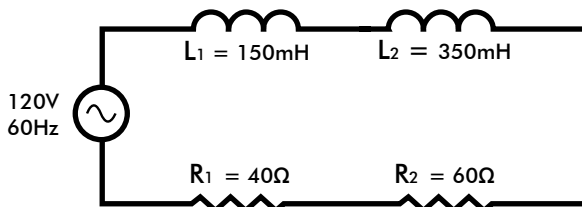
$$\angle \Phi = 53,13^\circ = 53^\circ 7'$$

EJERCICIOS DE APLICACIÓN CON CIRCUITOS RL Y RC

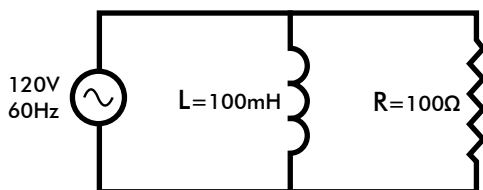
1. En el circuito adjunto averiguar la I_t , las tensiones parciales y el ángulo de defasaje entre la tensión total y la intensidad.



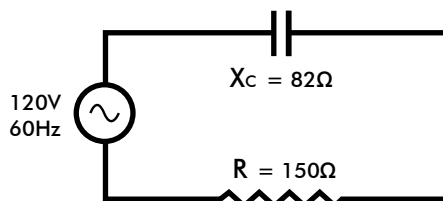
2. Averiguar la I_{R2} , la impedancia y la potencia efectiva del circuito.



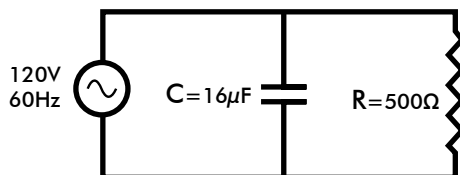
3. Averiguar la impedancia, la corriente de cada rama y la potencia efectiva del circuito.



4. Averiguar en el circuito adjunto el valor de la capacitancia, la intensidad y el ángulo de defasaje.



5. Averiguar la impedancia, la corriente de cada rama y la potencia efectiva del circuito.



Todas las normas citadas tienen como referente el RETIE y el código NTC2050.

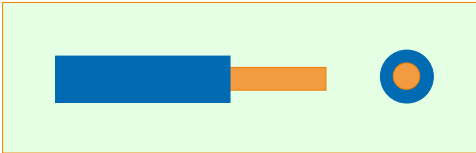
CONDUCTORES: son materiales, en forma de hilo sólido (alambre) o cable (compuesto por varios hilos muy delgados), a través de los cuales se desplaza fácilmente la corriente eléctrica.

Los conductores más usados son de cobre y deben tener baja resistencia eléctrica, ser mecánicamente fuertes y flexibles y llevar un aislamiento acorde al uso que se le va a dar.

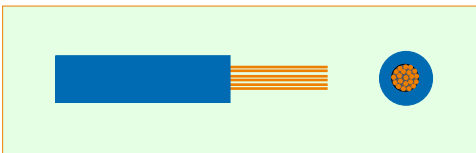
TIPOS DE CONDUCTORES

Los conductores más usados son:

Alambres: están formados solamente por un hilo sólido.

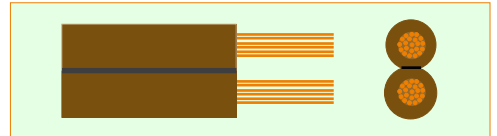


Cables: formados por varios hilos sólidos más delgados, para darle mayor flexibilidad.

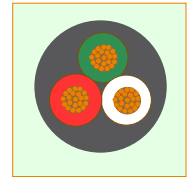


Cable paralelo o duplex: conformado por dos cables, los cuales se encuentran pegados únicamente por sus aislamen-

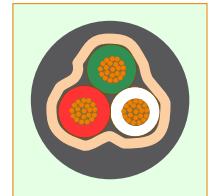
tos. Se usan para conectar electrodomésticos y lámparas.



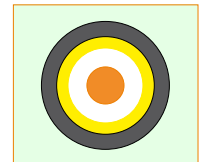
Cable encauchetaado: cuando dos o más cables o alambres aislados vienen dentro de otro aislamiento.



Cable concéntrico: cable parecido al encauchetaado, en el cual las fases, debidamente aisladas y trenzadas, están rodeadas por el neutro, en forma de malla helicoidal, y ésta, a su vez, está rodeada por otro aislamiento. Actualmente se usa en las acometidas.



Coaxial: cable especialmente fabricado para conectar las antenas de los televisores.



Desoxigenado: cable usado para garantizar la transmisión de señales de audio. Los dos conductores son diferentes. Se emplea para conectar los parlantes al equipo de sonido.

Telefónico: conductores de calibres muy pequeños (22, 24 y incluso 26) empleados para líneas telefónicas. Se parecen a los cables encauchetados, porque dentro de un aislamiento común se encuentran varios alambres, desde un par hasta muchos pares, convenientemente aislados y retorcidos en parejas.

Para redes y cableado estructurado: conductores parecidos al cable telefónico. Deben ser N° 24 AWG y compuesto por cuatro pares.

Polarizado: cable duplex en el cual uno debe estar identificado. Se usan para conectar parlantes.

Los cables y cordones flexibles usados en instalaciones eléctricas deben cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 400-4 de la sección 400 de la NTC 2050, siempre y cuando tales requisitos se refieran a la seguridad.

ROTULADO QUE DEBEN LLEVAR LOS CONDUCTORES

En el **artículo 17° numeral 17.1.1**, del **RETIE** encontramos:

g. Rotulado. Los cables o alambres aislados, deben ser rotulados en forma indeleble y legible, con la siguiente información:

- Calibre del conductor en kcmil, AWG o mm².
- Material del conductor, únicamente cuando es diferente al cobre.
- Razón social o marca registrada del fabricante o comercializador.
- Tensión nominal.
- Tipo de aislamiento.

Dicho rotulado deberá cumplir con las siguientes características:

- El rótulo se debe repetir a intervalos no mayores de 63 cm.
- El rótulo se acepta en alto relieve o impreso con tinta indeleble, también se acepta en bajo relieve siempre y cuando no se reduzca el espesor de aislamiento por debajo del mínimo establecido en este Reglamento.

CLASIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

En el **artículo 17° numeral 17.1.4**, del **RETIE** encontramos:

Los cableados son clasificados como:

- 1 Clase AA: Utilizado para conductores desnudos normalmente usados en líneas aéreas.
- 2 Clase A: Utilizado para conductores a ser recubiertos con materiales impermeables, retardantes al calor y para conductores desnudos donde se requiere mayor flexibilidad que la proporcionada por la clase AA.
- 3 Clase B: Utilizado para conductores que van a ser aislados con materiales tales como cauchos, papel, telas barnizadas y para conductores como los indicados en la clase A pero que requieren mayor flexibilidad que la proporcionada por el cableado clase A.
- 4 Clases C y D: Para conductores donde se requiere mayor flexibilidad que la proporcionada por la clase B

Nota: El cableado clase B es el más utilizado.

AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

El aislamiento de los conductores se fabrica con materiales plásticos o termoplásticos. Para usos especiales, en los cuales están sometidos a altas temperatura (como estufas, hornos, etc.) se fabrican con asbesto, naylon o silicona, para evitar que se dañen fácilmente.

Los aislamientos más usados en instalaciones residenciales son:

TW : resistente a la humedad

TH : resistente al calor

THW : resistente al calor (75°C) y a la humedad

THHN : resistente al calor (90°) y a la abrasión

En el **RETIE**, encontramos:

11.4. Código de colores para conductores aislados.

Con el objeto de evitar accidentes por errónea interpretación de los niveles de tensión y unificar los criterios para instalaciones eléctricas, se debe cumplir el código de colores para conductores establecido en la Tabla 13. Se tomará como válida para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o en su defecto, su marcación debe hacerse en las partes visibles con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito es también aplicable a los conductores desnudos, como los barrajes.

Nota del autor: en la siguiente tabla sólo consignamos lo que se usa normalmente en instalaciones residenciales.

SISTEMA	Φ	3 Φ Y
TENSIONES NOMINALES (voltios)	120	208/120
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	3 fases 4 hilos
FASES	Negro	Amarillo Azul Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo

Puesta a tierra: el conductor de puesta a tierra de los equipos se debe tener un aislamiento de color **verde continuo o un color verde continuo con una o más bandas amarillas.**

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES

Es la sección o área transversal que tienen los conductores. Tiene relación directa con la naturaleza y resistencia de los conductores.

De acuerdo a la AWG el calibre de los conductores se identifica mediante un número: los números más altos corresponden a los conductores de un calibre más delgado y los números más bajos a los conductores de un calibre más grueso.

En la siguiente tabla, que ha sido adaptada de las tablas 26, 27 y 31 del RETIE, encontramos los requisitos para cables de cobre suave, para cableados de clases A, B, C y D.

El diámetro y la sección corresponden al conductor desnudo.

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE COBRE Y ESPESOR DEL AISLAMIENTO

(Tabla adaptada según las tablas 26, 27 y 31 del RETIE)

N° AWG	diámetro en mm	sección en mm ²	espesor promedio del aislamiento		R a 20°C en Ω/Km	tipo de conductor
			TW-THW en mm	THHN en mm		
24	0,50	0,20			85,6	alambre y cable
22	0,64	0,32			53,8	alambre y cable
20	0,81	0,52			33,8	alambre y cable
18	1,02	0,82			21,4	alambre y cable
16	1,29	1,31			13,4	alambre y cable
14	1,63	2,08	0,76	0,38	8,46	alambre y cable
12	2,05	3,31	0,76	0,38	5,35	alambre y cable
10	2,59	5,26	0,76	0,51	3,35	alambre y cable
8	3,26	8,37	1,14	0,76	2,10	alambre y cable
6	4,11	13,30	1,52	0,76	1,32	cable
4	5,19	21,15	1,52	1,02	0,83	cable
3	5,83	26,70	1,52	1,02	0,66	cable
2	6,54	33,63	1,52	1,02	0,522	cable
1	7,33	42,41	2,03	1,27	0,417	cable
1/0	8,25	53,51	2,03	1,27	0,328	cable
2/0	9,27	67,44	2,03	1,27	0,261	cable
3/0	10,40	85,03	2,03	1,27	0,207	cable
4/0	11,68	107,22	2,03	1,27	0,164	cable

El diámetro y la sección dados es solamente del conductor, ya que el espesor del aislamiento se da aparte, como puede observarse en la siguiente tabla.

CONDUCTOR MAS AISLAMIENTO CONDUCTORES TW Y THW		
N° AWG	DIÁMETRO (en mm)	SECCIÓN (en mm ²)
14	3,15	7,80
12	3,57	10,00
10	4,11	13,30
8	5,54	24,10
6	7,15	40,20
4	8,23	53,20
2	9,58	72,00
1/0	12,31	119,00
2/0	13,33	140,00

Los conductores N° 10 AWG o menores que van por ducto son de alambre sólido, y los conductores N° 6 o mayores son del tipo cable. Cuando se usa el N° 8 puede ser cable o alambre.

El **calibre más pequeño** que se permite es el N° 14 AWG: los conductores de circuitos ramales que alimenten a cargas distintas de artefactos de cocina ... deben tener una capacidad suficiente para las cargas conectadas y una sección transversal no menor de 2,08 mm².

CORRIENTE QUE PUEDEN CONDUCIR LOS CONDUCTORES

La cantidad de corriente que puede pasar por un conductor depende de su calibre y de ciertas condiciones en su uso. La siguiente tabla sirve si pasan por el mismo ducto **hasta tres conductores**.

CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE EN LOS CONDUCTORES DE COBRE AISLADO expresada en A y de 0 a 2000 V, a temperatura normal (ver las tablas 310-16 y 310-17 de la NTC 2050)						
CALIBRE AWG	POR DUCTO			AL AIRE LIBRE		
	TW	THW	THHW	TW	THW	THHW
18			14			18
16			18			24
14	20	20	25	25	30	35
12	25	25	30	30	35	40
10	30	35	40	40	50	55
8	40	50	55	60	70	80
6	55	65	75	80	95	105
4	70	85	95	105	125	140
3	85	100	110	120	145	165
2	95	115	130	140	170	190
1	110	130	150	165	195	220
1/0	125	150	170	195	230	260
2/0	145	175	195	225	265	300
3/0	165	200	225	260	310	350
4/0	195	230	260	300	360	405

Si por el mismo ducto pasan **cuatro o más conductores**, la capacidad de conducción de los conductores disminuye (porque la temperatura interna en el tubo aumenta proporcionalmente al número de conductores), de acuerdo con los **factores de reducción** expresados en la tabla 310-19 de la NTC 2050, que vemos a la derecha.

NÚMERO DE CONDUCTORES	FACTOR DE REDUCCIÓN
4 - 6	0,80
7 - 9	0,70
10 - 20	0,50
21 - 30	0,45
31 - 40	0,40
43 y más	0,35

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURAS MAYORES DE 30°C (ver las tablas 310-16 y 310-17 de la NTC 2050)					
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TW	THW	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TW	THW
21 - 25	1,08	1,05	41 - 45	0,71	0,82
26 - 30	1,00	1,00	46 - 50	0,58	0,75
31 - 35	0,91	0,94	51 - 55	0,41	0,67
36 - 40	0,82	0,88	56 - 60		0,58

CAÍDA DE TENSIÓN (ΔE)

La caída de tensión es la disminución de la diferencia de potencial a lo largo de un conductor, por la resistencia que tiene todo conductor.

Al aumentar la longitud de un conductor se incrementa su resistencia, y por consiguiente también la caída de tensión, de manera que también la capacidad de conducción del conductor se verá disminuida (ley de ohm).

Veamos cómo se puede averiguar la caída de tensión de un conductor:

$$\Delta E = I \times R \quad (1)$$

Pero la R de un conductor es:

$$R = r L / 1.000m \quad (2)$$

r = coeficiente de la resistencia de un conductor de cobre en función de ρ y S , para 1 Km.

L = longitud del conductor

Sustituyendo (2) en (1) se obtiene:

$$\Delta E = I r L / 1.000m$$

Tabla para averiguar el **coeficiente r**

Resistencia (r) en Ω/Km a 20°C			
CALIBRE	COEFICIENTE	CALIBRE	COEFICIENTE
12	5,2110	2	0,5127
10	3,2770	1	0,4066
8	2,0610	1/0	0,3224
6	1,2960	2/0	0,2557
4	0,8152	3/0	0,2028
3	0,6465	4/0	0,1608

¿Qué caída de tensión se producirá en un conductor N° 10 AWG de 180 m de

longitud y por el cual circula una corriente de 25 A?

$$\Delta E = I r L / 1.000m$$

$$\Delta E = 25 \text{ A} \times 3,277 \times 180m/1000m$$

$$\Delta E = 14,75 \text{ A}$$

Tenemos un motor trifásico de 7 HP y 208 V, el cual para funcionar correctamente requiere mínimo 203 V. Si el punto más cercano donde puede conectarse está a 90m, ¿cuál debe ser el calibre mínimo del conductor de cobre usado?

Para saber el calibre del conductor que debe usarse es necesario averiguar el coeficiente r .

$$\Delta E \text{ máxima} = 208 \text{ V} - 203 \text{ V} = 5 \text{ V}$$

En primer lugar averiguamos la I :

$$I = P/(\sqrt{3} E \times 0,8)$$

$$P = 7 \text{ HP} \times 746 \text{ W}$$

$$P = 5.222 \text{ W}$$

$$I = 5.222 \text{ W} / (1,73 \times 208 \text{ V} \times 0,8)$$

$$I = 18,14 \text{ A}$$

Luego averiguamos la r :

$$\Delta E = I r L / 1.000m$$

$$r = \Delta E \times 1.000m / I L$$

$$r = 5 \text{ V} \times 1.000m / 18,14 \text{ A} \times 90 \text{ m}$$

$$r = 3,0626$$

El calibre del conductor, correspondiente al coeficiente 3,0626 es el N° 8 AWG (como el coeficiente hallado no figura en la tabla se elige el conductor correspondiente al coeficiente más cercano por debajo, que en este caso es 2,0610).

Como vemos claramente, si no se hubiera tenido en cuenta la caída de tensión, se habría seleccionado un conductor de un calibre mucho menor, que según tablas anteriores sería el N° 14 AWG.

CANALIZACIONES Y DUCTOS

CANALIZACIÓN: sistema diseñado y empleado para contener los conductores, utilizando ductos o tuberías.

DUCTO: cuerpo cilíndrico y cerrado, diseñado especialmente para que pasen por su interior los conductores.

TUBOS METÁLICOS RÍGIDOS

Más conocidos como tubos conduit.

En instalaciones de baja tensión su uso es cada vez más restringido, limitándose a casos en los cuales existe la posibilidad de daños mecánicos, o cuando esté expresamente indicado.

Los tubos metálicos tienen mayor resistencia mecánica, mejor conductividad eléctrica y mayor resistencia térmica.

Para usarlos es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La unión entre tubos y con las cajas, debe hacerse con las correspondientes uniones, terminales y contratueras, para que queden sólidamente unidos y se garantice una buena conductividad eléctrica, de modo que pueda servir como conductor de puesta a tierra.
- Los extremos de los tubos deben estar debidamente roscados, sin rebabas o filos que pueden dañar el aislamiento de los conductores.

TUBOS RÍGIDOS PVC

Tubos elaborados en material no metálico a base de policloruro de vinilo y deben ser de color **VERDE**. Actualmente muy usados en instalaciones residenciales.

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES

Peso liviano: más o menos seis veces inferior al peso del conduit metálico.

Fácil instalación: el corte y curvado de los tubos, en obra, es más fácil y no se necesita roscarlos.

Resistente a la corrosión: no se producen problemas de oxidación en ambientes húmedos, y además es resistente a los ácidos, productos alcalinos y al agua salada.

Resistente al impacto: se han logrado tubos que pueden soportar la caída de objetos de hasta seis kilogramos de peso, desde unos cuatro metros de altura, sin sufrir mayor daño.

Resistente al fuego: porque en su fabricación se deben emplear materiales autoextinguibles, los cuales impiden la propagación del fuego.

Fácil alambrado: por cuanto su superficie interior es totalmente lisa. Esto facilita la introducción de los conductores, al mismo tiempo que hay menos riesgo de dañar los conductores en el proceso de alambrado.

Seguridad: no sólo es un material no conductor, sino que además es un magnífico aislante contra posibles descargas eléctricas accidentales.

Economía: por los factores aludidos anteriormente, y los aspectos que ellos conllevan, en especial por el ahorro de tiempo en la instalación y el poco mantenimiento que requieren.

ELECCIÓN Y MANEJO DE LA TUBERÍA PVC

PVC liviano: se usa en lugares donde no hay riesgos de daño mecánico, especialmente en las paredes.

PVC pesado: se utiliza en placas de concreto o donde hay posibilidad de daño mecánico, como pueden ser los pisos.

Cuando se instalen en pisos hay que ubicarlos a unos 46 cm de profundidad, protegidos por una capa de concreto que tenga por lo menos 5 cm de espesor.

En instalaciones residenciales, los ductos deben ir incrustados o empotrados (salvo casos especiales), teniendo la precaución de que un tramo de canalización (espacio entre caja y caja) nunca tenga más de tres codos de 90°.

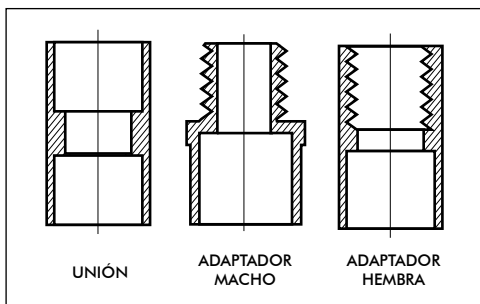
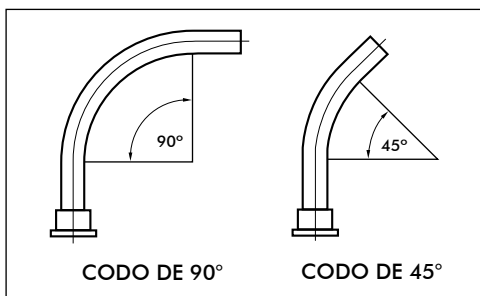
Cuando por alguna razón especial es necesario usar tuberías a la vista o sobrepuesta, se debe usar tubería conduit.

El diámetro de los tubos tiene que estar de acuerdo con el número de conductores que se introducirán en ellos.

Los ductos nunca deben tener un diámetro inferior a media pulgada.

Para telefonía, sonido, antenas de TV y timbres se permite el uso de tuberías menores de media pulgada, siempre y cuando los conductores no ocupen más del 40% del área total del ducto.

La tubería PVC debe emplearse con sus correspondientes accesorios: codos o curvas (se fabrican de 90° y 45° con su correspondiente campana y espigo), uniones, terminales, tuercas, adaptadores (hembra y macho), etc.



Como este tipo de tuberías no es conductor, debe instalarse dentro de ellas el conductor de puesta a tierra (es muy común usar un conductor desnudo, mínimo N° 14 AWG), que se conecta sólidamente a todas las cajas de salida, paso, distribución y también al tablero de distribución.

Las siguientes tablas nos ayudarán a elegir el tubo más correcto.

El diámetro interno de los tubos tiene que estar de acuerdo con el número de conductores que se introducirán en ellos, ya que como lo indica la tabla C9 de la NTC 2050 el espacio interno de ocupación en los ductos depende del número de conductores: si se introduce solamente un conductor, éste puede ocupar hasta el 53% del espacio interno del tubo; si se introducen dos conductores puede ocupar hasta el 31%; si se introducen tres o más conductores puede ocupar **hasta el 40%**.

NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES THW EN TUBOS PVC SCHEDULE 80 (Tabla C9 de la NTC 2050)								
CALIBRE AWG	DIÁMETRO DEL TUBO O DUCTO							
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
14	4	8	13	23	32	55	79	123
12	3	6	10	19	26	44	63	99
10	2	5	8	15	20	34	49	77
8	1	3	5	9	12	20	29	46
6	1	1	3	7	9	16	22	35
4	1	1	3	5	7	12	17	26
3		1	2	4	4	10	14	22
2		1	1	3	3	8	12	19
1		1	1	2	2	6	8	13
1/0		1	1	1	1	5	7	11
2/0		1	1	1	1	4	6	10
3/0			1	1	1	3	5	8
4/0				1	1	3	4	7

El espacio interno de ocupación de los ductos depende del número de conductores: si se introduce un conductor, puede ocupar hasta el 53% del espacio interno del tubo; si se introducen dos conductores hasta el 31%; si se introducen tres o más conductores, hasta el 40% (Tabla 1 del Capítulo 9 de la NTC 2050)

La tabla que se encuentra al lado ayudará a elegir el tubo correcto.

PARA DUCTOS DE PVC		
DIÁM. NOMIN. en pulgadas	DIÁMETRO INTERNO en mm	ÁREA INTERIOR en mm ²
1/2	18	254
3/4	23	415
1	30	707
1 1/4	38	1133
1 1/2	44	1519
2	55	2374
3	82	5278

UNIÓN DE LOS TUBOS PVC

Los tubos PVC deben unirse empleando una soldadura líquida.

Antes de aplicar la soldadura se debe probar la unión entre el tubo y el accesorio, para asegurarse que aquel entre en éste, pero sin quedar flojo.

Es necesario limpiar, con removedor limpiador, tanto el extremo del tubo como el interior de la campana del accesorio,

aún cuando aparenten estar limpios, y secarlos muy bien.

La soldadura es conveniente aplicarla con una brocha que tenga cerda natural, en forma abundante pero sin excesos, para no entorpecer el alambreado que se realice posteriormente.

Una vez introducido el tubo en el accesorio, es conveniente girar el tubo un cuarto de vuelta, a fin de distribuir uniformemente la soldadura.

DOBLADO DE LA TUBERÍA PVC

Cuando no es posible utilizar las curvas de 90° y 45°, sino que hay que curvar el tubo con un ángulo diferente, es necesario tener en cuenta:

- Calentar uniformemente el tubo pero sin aplicarle llama directamente. Para obtenerlo se recomienda insertar el tubo PVC dentro de un tubo metálico, con un diámetro mucho mayor, el cual se coloca sobre la fuente de calor y se gira constantemente.
- Hay que usar siempre un caucho doblatubos, que tenga un diámetro de acuerdo al tubo que se va a doblar.
- Cuando el tubo esté lo suficientemente caliente se procede a realizar la curva, valiéndose de una horma y tensionando los extremos. Una vez curvado, se enfría el tubo usando un trapo mojado en agua fría.
- Si no fuera posible conseguir el caucho, se puede rellenar el interior del tubo con arena, para evitar de esta manera arrugas, aplastamientos o reducción del diámetro interior.

PUESTA A TIERRA

El paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano supone grandes riesgos, desde una leve sensación de cosquilleo, hasta contracciones musculares, quemaduras e incluso la muerte, dependiendo de la intensidad de la corriente: hasta **10 mA** puede provocar contracciones musculares; entre **20 y 30 mA** es posible que ocasione un paro respiratorio; entre **70 y 100 mA** causa fibrilación ventricular; por encima de **1 A** normalmente se producirá paro cardíaco.

Por esta razón la puesta a tierra **nunca debe llevar fusibles**, y debe tener una resistencia máxima de 25Ω .

El RETIE hace mucho énfasis en la puesta a tierra, para garantizar la seguridad de las personas, minimizando los riesgos de origen eléctrico.

ARTÍCULO 15°. PUESTAS A TIERRA

Toda instalación eléctrica cubierta por el presente Reglamento, excepto donde se indique expresamente lo contrario, debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Se debe tener presente que el criterio fundamental para garantizar la seguridad de los seres humanos, es la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debida a las tensiones de paso, de contacto o transferidas y no el valor de resistencia de puesta a tierra tomado aisladamente. Sin embargo, un bajo valor de la resistencia de puesta a tierra es siempre deseable para disminuir la máxima elevación de potencial.

La máxima tensión de contacto aplicada al ser humano que se acepta, está dada en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla.

Tiempo de des-peje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (valores en rms c.a.)
Mayor a dos segundos	50 voltios
750 milisegundos	67 voltios
500 milisegundos	80 voltios
400 milisegundos	100 voltios
300 milisegundos	125 voltios
200 milisegundos	200 voltios
150 milisegundos	240 voltios
100 milisegundos	320 voltios
40 milisegundos	500 voltios

Los valores de la tabla se refieren a tensión de contacto aplicada a un ser humano en caso de falla a tierra, corresponden a valores máximos de soportabilidad del ser humano a la circulación de corriente y considera la resistencia promedio neta del cuerpo humano entre mano y pie, es decir, no considera el efecto de las resistencias externas adicionalmente involucradas entre la persona y la estructura puesta a tierra o entre la persona y la superficie del terreno natural.

15.2 Requisitos generales de las puestas a tierra

Las puestas a tierra deben cumplir los siguientes requisitos:

- Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas, no podrán ser incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra. Este requisito no excluye el hecho de que se deben conectar a tierra, en algunos casos.
- Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.

- Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puestas a tierra, deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector certificado para tal uso.
- Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial cumplan con el presente Reglamento, se deben dejar puntos de conexión y medición accesibles e inspeccionables.
- No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.
- En sistemas trifásicos de instalaciones de uso final con cargas no lineales, el conductor de neutro, debe ser dimensionado con por lo menos el 173% de la capacidad de corriente de la carga del diseño de las fases.
- A partir de la entrada en vigencia del presente Reglamento queda expresamente prohibido utilizar en las instalaciones eléctricas, el suelo o terreno como camino de retorno de la corriente en condiciones normales de funcionamiento.

15.3 Materiales de los sistemas de puesta a tierra

15.3.1 Electrodo de puesta a tierra.

Para efectos del presente Reglamento serán de obligatorio cumplimiento que los electrodos de puesta a tierra, cumplan los siguientes requisitos (sólo se consigna para electrodos de cobre):

Tipo de Electrodo	Diámetro mm	Área mm ²	Espesor mm
Varilla	12,7	20000	
Tubo	15		2
Placa			1,5

- Los fabricantes de electrodos de puesta a tierra deben garantizar que la resistencia a la corrosión de cada electrodo, sea de mínimo 15

años contados a partir de la fecha de instalación, e informar al usuario si existe algún procedimiento específico que debe ser tenido en cuenta para su instalación.

- d. El electrodo tipo varilla o tubo debe tener mínimo 2,4 m de longitud; además, debe estar identificado con la razón social o marca registrada del fabricante y sus dimensiones; esto debe hacerse dentro de los primero 30 cm desde la parte superior.
- f. Para la instalación de los electrodos se deben considerar los siguientes requisitos:
 - La unión entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra, debe hacerse con soldadura exotérmica o un conector certificado para este uso.
 - Atender las recomendaciones del fabricante.
 - Cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad.
 - El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la puesta a tierra debe ser accesible y la parte superior del electrodo enterrado debe quedar a mínimo 15 cm de la superficie.

15.3.2 Conductor del electrodo de puesta a tierra

El conductor para baja tensión, se debe seleccionar con base en la tabla 250-94 de la NTC 2050.

Conductor de acometida (AWG)	Conductor al electrodo (AWG)
2 o menor	8
1 o 1/0	6
2/0 o 3/0	4
4/0 o más	2

15.3.3 Conductor de puesta a tierra de equipos

El conductor de puesta a tierra de equipos debe cumplir los siguientes requisitos:

- a. El conductor para baja tensión, se debe seleccionar con base en la tabla 250-95 de la NTC 2050.

Corriente nominal del automático (A), antes del equipo	Conductor de puesta a tierra del equipo (AWG)
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8

- b. El conductor para media tensión debe seleccionarse de igual manera que se selecciona el conductor del electrodo de puesta a tierra.
- c. Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interruptores o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros por medio de soldadura o conectores certificados para tal uso.
- d. El conductor de puesta a tierra de equipos, debe acompañar los conductores activos durante todo su recorrido y por la misma canalización.
- e. Los conductores de los cableados de puesta a tierra que por disposición de la instalación se requieren aislar, deben ser de aislamiento color verde, verde con rayas amarillas o identificados con marcas verdes en los puntos de inspección y extremos.
- f. Antes de efectuar trabajos de conexión o desconexión en los conductores del sistema de puesta a tierra, se debe verificar que el valor de la corriente sea cero.

15.4 Valores de resistencia de puesta a tierra

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Neutro de acometida en baja tensión	25 Ω

Los **Reglamentos Técnicos** son de carácter obligatorio, y las **Normas Técnicas** son de carácter voluntario.

REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)

ANEXO GENERAL

En esta parte se transcribe literalmente algunos artículos del RETIE, parcial o totalmente, por la importancia y relación directa con lo tratado en el libro, pero **es fundamental e indispensable que tanto los ingenieros como los técnicos electricistas tengan el documento completo, como una fuente de consulta permanente**, y no queden satisfechos con los artículos que encuentran a continuación.

ARTÍCULO 1°. OBJETO

El objeto fundamental de este Reglamento es establecer medidas que garanticen la **seguridad** de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

Establece las exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad con base en el buen funcionamiento de las instalaciones, la confiabilidad, calidad y adecuada utilización de los productos, es decir, fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas.

ARTÍCULO 2°. CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento Técnico se aplicará a partir de su entrada en vigencia, a toda instalación eléctrica nueva, a toda ampliación de una instalación eléctrica y a toda remodelación de una instalación eléctrica... de conformidad con lo siguiente:

a. Se considera **instalación eléctrica nueva** aquella que entró en operación con posterioridad a mayo 1° de 2005, fecha de entrada en vigencia de la Resolución 180398 del 7 de abril de 2004 por la cual se adoptó el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, con las excepciones que se establecen más adelante.

b. Se entenderá como **ampliación de una instalación eléctrica**, la que implique solicitud de aumento de carga instalada o el montaje de nuevos dispositivos, equipos y conductores.

c. Se entenderá como **remodelación de instalación eléctrica** a los cambios de componentes de la instalación.

La instalación cuya ampliación o remodelación supere el 80%, deberá acondicionarse en su totalidad para que cumpla el presente reglamento.

Los requisitos y prescripciones técnicas de este Reglamento serán de obligatorio cumplimiento en Colombia, en todas las instalaciones nuevas, remodelaciones o ampliaciones,

ARTÍCULO 3°. DEFINICIONES

Para todos los efectos del presente Reglamento Técnico se tendrán en cuenta las definiciones generales que aparecen a continuación. Cuando un término no esté en estas normas, se recomienda consultar las normas IEC serie 50 ó IEEE 100.

En esta parte se consignan únicamente las definiciones que más se usan en este libro.

ACCESIBLE: Que está al alcance de una persona, sin valerse de medio alguno y sin barreras físicas de por medio.

ACCIDENTE: Evento no deseado, incluidos los descuidos y las fallas de equipos, que da por resultado la muerte, una lesión personal, un daño a la propiedad o deterioro ambiental.

ACOMETIDA: Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

ACTO INSEGURO: Violación de una norma de seguridad ya definida.

AISLAMIENTO FUNCIONAL: Es el necesario para el funcionamiento normal de un aparato y la protección contra contactos directos.

AISLADOR: Elemento aislante diseñado de tal forma que soporte un conductor y lo separe eléctricamente de otros conductores.

AISLANTE: Material que impide la propagación de algún fenómeno o agente físico. Material de tan baja conductivi-

dad eléctrica, que puede ser utilizado como no conductor.

ALAMBRE: Hilo o filamento de metal, trefilado o laminado, para conducir corriente eléctrica.

ALAMBRE DURO: Aquel que ha sido trefilado en frío hasta su tamaño final, de manera que se acerque a la máxima resistencia a la tracción obtenible.

ALAMBRE SUAVE O BLANDO: Aquel que ha sido trefilado o laminado hasta su tamaño final y que luego es recocido para aumentar la elongación.

ALTO RIESGO: Entiéndase como ALTO RIESGO aquel cuya frecuencia esperada de ocurrencia y gravedad de sus efectos puedan comprometer fisiológicamente el cuerpo humano, produciendo efectos como quemaduras, impactos, paro cardíaco, fibrilación; u otros efectos físicos que afectan el entorno de la instalación eléctrica, como contaminación, incendio o explosión. La condición de ALTO RIESGO se puede presentar por:

- Deficiencias en la instalación eléctrica.
- Práctica indebida de la electricidad.

ARCO ELÉCTRICO: Canal conductivo ocasionado por el paso de una gran carga eléctrica, que produce gas caliente de baja resistencia eléctrica y un haz luminoso.

BOMBILLA: Dispositivo eléctrico que suministra el flujo luminoso, por transformación de energía eléctrica. Puede ser incandescente si emite luz por calentamiento o luminiscente si hay paso de corriente a través de un gas.

CABLE: Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas.

CABLE APANTALLADO: Cable con una envoltura conductora alrededor del aislamiento que le sirve como protección electromecánica. Es lo mismo que cable blindado.

CARGA: La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

CAPACIDAD DE CORRIENTE: Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

CIRCUITO: Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos.

CLAVIJA: Dispositivo que por inserción en un tomacorriente establece una conexión eléctrica entre los conductores de un cordón flexible y los conductores conectados permanentemente al tomacorriente.

CONDICIÓN INSEGURA: Circunstancia potencialmente riesgosa que está presente en el ambiente de trabajo.

CONDUCTOR ACTIVO: Aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

CONDUCTOR ENERGIZADO: Todo aquel que no está conectado a tierra.

CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL: Conexión eléctrica entre dos o más pun-

tos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

CONFIABILIDAD: Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados. Equivale a fiabilidad.

CONTACTO DIRECTO: Es el contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

CONTACTO ELÉCTRICO: Acción de unión de dos elementos con el fin de cerrar un circuito. Puede ser de frotamiento, de rodillo, líquido o de presión.

CONTACTO INDIRECTO: Es el contacto de personas o animales con elementos puestos accidentalmente bajo tensión o el contacto con cualquier parte activa a través de un medio conductor.

CORRIENTE ELÉCTRICA: Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro. Es un transporte de energía.

CORRIENTE DE CONTACTO: Corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión.

CORTOCIRCUITO: Fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o mas puntos de diferente potencial de un mismo circuito.

DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES: Dispositivo para protección de equipos eléctricos, el cual limita el nivel de la sobretensión, mediante la absorción de la mayor parte de la energía transitoria,

minimizando la transmitida a los equipos y reflejando la otra parte hacia la red. No es correcto llamarlo pararrayos.

DOBLE AISLAMIENTO: Aislamiento que comprende a la vez un aislamiento funcional y un aislamiento suplementario.

DPS: Sigla del dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias o descargador de sobretensiones.

ELECTRICIDAD ESTÁTICA: Una forma de energía eléctrica o el estudio de cargas eléctricas en reposo.

ELECTRICIDAD: El conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio. El suministro de electricidad al usuario debe entenderse como un servicio de transporte de energía, con una componente técnica y otra comercial.

ELÉCTRICO: Aquello que tiene o funciona con electricidad.

ELECTROCUCIÓN: Paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano.

ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA: Es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

ELECTRÓNICA: Parte de la electricidad que maneja las técnicas fundamentales en la utilización de haces de electrones en vacío, en gases o en semiconductores.

ELECTROTECNIA: Estudio de las aplicaciones técnicas de la electricidad.

EMPALME: Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para ga-

rantizar continuidad eléctrica y mecánica.

EQUIPOTENCIALIZAR: Es el proceso, práctica o acción de conectar partes conductivas de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados.

FASE: Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

FIBRILACIÓN VENTRICULAR: Contracción espontánea e incontrolada de las fibras del músculo cardíaco, causada entre otros, por una electrocución.

FUEGO CLASE C: El originado en equipos eléctricos energizados.

FUENTE DE ENERGÍA: Todo equipo o sistema que suministre energía eléctrica.

FUENTE DE RESPALDO: Uno o más grupos electrógenos (motor - generador o baterías) cuyo objetivo es proveer energía durante la interrupción del servicio eléctrico normal.

FUSIBLE: Aparato cuya función es abrir, por la fusión de uno o varios de sus componentes, el circuito en el cual está insertado.

ILUMINANCIA: Es el flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad, el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

INDUCCIÓN: Fenómeno en el que un cuerpo energizado, transmite por medio de su campo eléctrico o magnético,

energía a otro cuerpo, a pesar de estar separados por un dieléctrico.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA: Conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO: Dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada.

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO AJUSTABLE: Calificativo que indica que el interruptor automático se puede ajustar para que se dispare a distintas corrientes, tiempos o ambos, dentro de un margen predeterminado.

INTERRUPTOR DE FALLA A TIERRA: Interruptor diferencial accionado por corrientes de fuga a tierra, cuya función es interrumpir la corriente hacia la carga cuando se excede algún valor determinado por la soportabilidad de las personas.

INTERRUPTOR DE USO GENERAL: Dispositivo para abrir y cerrar o para conmutar la conexión de un circuito, diseñado para ser operado manualmente. Su capacidad se establece en amperios y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión nominal. Cumple funciones de control y no de protección.

LÍNEA ELÉCTRICA: Conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica.

LÍNEA MUERTA: Término aplicado a una línea sin tensión o desenergizada.

LÍNEA VIVA: Término aplicado a una línea con tensión o línea energizada.

LUGAR O LOCAL HÚMEDO: Sitios exteriores parcialmente protegidos o interiores sometidos a un grado moderado de humedad, cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentáneamente o permanentemente bajo la forma de condensación.

LUGAR O LOCAL MOJADO: Instalación expuesta a saturación de agua u otros líquidos, así sea temporalmente o durante largos períodos. Las instalaciones eléctricas a la intemperie deben ser consideradas como locales mojados, así como el área de cuidado de pacientes que está sujeta normalmente a exposición de líquidos mientras ellos están presentes. No se incluyen los procedimientos de limpieza rutinarios o el derrame accidental de líquidos.

LUGAR (CLASIFICADO) PELIGROSO: Aquella zona donde están o pueden estar presentes gases o vapores inflamables, polvos combustibles o partículas volátiles de fácil inflamación.

LUMINANCIA: Es el flujo reflejado por los cuerpos, o el flujo emitido si un objeto se considera fuente de luz. También llamado brillo fotométrico. Su unidad es la candela o lúmenes por metro cuadrado.

LUMINARIA: Componente mecánico principal de un sistema de alumbrado que proyecta, filtra y distribuye los rayos luminosos, además de alojar y proteger los elementos requeridos para la iluminación.

MANTENIMIENTO: conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un

estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

MASA: Conjunto de partes metálicas de un equipo, que en condiciones normales, están aisladas de las partes activas y se toma como referencia para las señales y tensiones de un circuito electrónico. Las masas pueden estar o no estar conectadas a tierra.

NEUTRO: Conductor activo conectado intencionalmente a una puesta a tierra, bien sólidamente o a través de una impedancia limitadora.

NODO: Parte de un circuito en el cual dos o más elementos tienen una conexión común.

NOMINAL: Término aplicado a una característica de operación, indica los límites de diseño de esa característica para los cuales presenta las mejores condiciones de operación. Los límites siempre están asociados a una norma técnica.

NORMA: Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

NORMA DE SEGURIDAD: Toda acción encaminada a evitar un accidente.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC): Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

OPERADOR DE RED: Empresa de Servicios Públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inver-

siones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional o un Sistema de Distribución local.

PARARRAYOS: Elemento metálico resistente a la corrosión, cuya función es interceptar los rayos que podría impactar directamente sobre la instalación a proteger. Más técnicamente se denomina terminal de captación.

PERSONA CALIFICADA: Persona natural que en virtud de certificados expedidos por entidades competentes, títulos académicos o experiencia, demuestra su formación profesional en electrotecnia y riesgos asociados a la electricidad, y además cuenta con matrícula profesional vigente que lo acredite para el ejercicio de la profesión.

PLANO: Representación a escala en una superficie.

PUESTA A TIERRA: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

PUNTO CALIENTE: Punto de conexión que esté trabajando a una temperatura por encima de la normal, generando pérdidas de energía y a veces, riesgo de incendio.

PUNTO NEUTRO: Es el nodo o punto de un sistema eléctrico, que para las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial con relación a cada una de las fases.

RECEPTOR: Todo equipo o máquina

que utiliza la electricidad para un fin particular.

RED EQUIPOTENCIAL: Conjunto de conductores del SPT que no están en contacto con el suelo o terreno y que conectan sistemas eléctricos, equipos o instalaciones con la puesta a tierra.

RED INTERNA: Es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere.

REGLAMENTO TÉCNICO: Documento en el que se establecen las características de un producto, servicio o los procesos y métodos de producción, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables y cuya observancia es obligatoria.

REQUISITO: Precepto, condición o prescripción que debe ser cumplida, es decir que su cumplimiento es obligatorio.

RETIE o Retie: Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia.

RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA: Es la relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir, respecto a una tierra remota y la corriente que fluye entre esos puntos.

SECCIONADOR: Dispositivo destinado a hacer un corte visible en un circuito eléctrico y está diseñado para que se manipule después de que el circuito se ha abierto por otros medios.

SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE

ENERGÍA ELÉCTRICA: Es el transporte de energía eléctrica desde las redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición.

SÍMBOLO: Imagen o signo que describe una unidad, magnitud o situación determinada y que se utiliza como una forma convencional de entendimiento colectivo.

SISTEMA: Conjunto de componentes interrelacionados e interactuantes para llevar a cabo una misión conjunta. Admite ciertos elementos de entrada y produce ciertos elementos de salida en un proceso organizado.

SISTEMA DE EMERGENCIA: Un sistema de potencia destinado a suministrar energía de respaldo a un número limitado de funciones vitales, dirigidas a la protección de la vida humana y la seguridad.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT): Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN: conjunto de conexión, enclavamiento, canalización, cable y clavija que se acoplan a un equipo eléctrico, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE SERVICIO: Es la que pertenece al circuito de corriente; sirve tanto para condicio-

nes de funcionamiento normal como de falla.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA TEMPORAL: Dispositivo de puesta en corto-circuito y a tierra, para protección del personal que interviene en redes energizadas.

SISTEMA ININTERRUMPIDO DE POTENCIA (UPS): Sistema que provee energía a cargas críticas unos milisegundos después del corte de la alimentación normal. Durante ese tiempo, normalmente no debe salir de servicio ninguno de los equipos que alimenta.

SOBRECARGA: Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

SOBRETENSIÓN: Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

TÉCNICA: Conjunto de procedimientos y recursos que se derivan de aplicaciones prácticas de una o varias ciencias.

TENSIÓN: La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de "voltaje".

TENSIÓN A TIERRA: Para circuitos puestos a tierra, la tensión entre un conductor dado y el conductor del circuito puesto a tierra o a la puesta a tierra; para circuitos no puestos a tierra, la mayor tensión entre un conductor dado y algún otro conductor del circuito.

TENSIÓN DE CONTACTO: Diferencia

de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender el brazo.

TENSIÓN MÁXIMA PARA UN EQUIPO: Tensión máxima para la cual está especificado, sin rebasar el margen de seguridad, en lo que respecta a su aislamiento o a otras características propias del equipo. Debe especificarse para equipos que operen con tensión superior a 1000 V.

TENSIÓN MÁXIMA DE UN SISTEMA: Valor de tensión máxima en un punto de un sistema eléctrico, durante un tiempo, bajo condiciones de operación normal.

TENSIÓN NOMINAL: Valor convencional de la tensión con el cual se designa un sistema, instalación o equipo y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para el caso de sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases.

TIERRA (Ground o earth): Para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término "masa" sólo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los carros.

TIERRA REDUNDANTE: Conexión especial de conductores de puesta a tierra, para tomacorrientes y equipo eléctrico fijo en áreas de cuidado de pacientes, que interconecta tanto la tubería metá-

lica como el conductor de tierra aislado, con el fin de asegurar la protección de los pacientes contra las corrientes de fuga.

TOMACORRIENTE: Dispositivo con contactos hembra, diseñado para instalación fija en una estructura o parte de un equipo, cuyo propósito es establecer una conexión eléctrica con una clavija.

UMBRAL DE PERCEPCIÓN: Valor mínimo de corriente a partir de la cual es percibida por el 99,5% de los seres humanos. Se estima en 1,1 miliamperios para los hombres en corriente alterna a 60 Hz.

UMBRAL DE REACCIÓN: Valor mínimo de corriente que causa contracción muscular involuntaria.

UMBRAL DE SOLTAR O CORRIENTE LÍMITE: es el valor máximo de corriente que permite la separación voluntaria de un 99,5% de las personas, cuando sujetando un electrodo bajo tensión con las manos, conserva la posibilidad de soltarlo, mediante la utilización de los mismos músculos que están siendo estimulados por la corriente. Se considera como la máxima corriente segura y se estima en 10 mA para hombres, en corriente alterna.

ARTÍCULO 5°. ANÁLISIS DE RIESGOS ELÉCTRICOS

En general la utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado cada vez más. El número de accidentes sigue al avance de electrificación de un país. La mayor parte de los accidentes con origen eléctrico se presentan en los procesos de distribución y utilización.

A medida que el uso de la electricidad se extiende se requiere ser más exigentes en cuanto a la normalización y reglamentación. El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico.

Algunos estudios, principalmente los de Dalziel, han establecido niveles de corte de corriente de los dispositivos de protección que evitan la muerte por electrocución de cero al ciento por ciento. En la siguiente tabla aparece un resumen de estos niveles.

Corriente de disparo	6 mA (rms)	10 mA (rms)	20 mA (rms)	30 mA (rms)
Hombres	100%	98,5%	7,5%	0%
Mujeres	99,5%	60%	0%	0%
Niños	92,5%	7,5%	0%	0%

Porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo.

En estudios recientes el Ing. Biegelmeier estableció la relación entre el $I^2.t$ y los efectos fisiológicos, tal como aparece en la siguiente tabla:

Energía específica $A^2.s.(10^{-6})$	Percepciones y reacciones fisiológicas
4 a 8	Sensaciones leves en dedos y en tendones de los pies
10 a 30	Rigidez muscular suave en dedos, muñecas y codos
15 a 45	Rigidez muscular en dedos, muñecas, codos y hombros. Sensación en las piernas
40 a 80	Rigidez muscular y dolor en brazos y piernas
70 a 1230	Rigidez muscular, dolor y ardor en brazos, hombros y piernas

Relación entre energía específica y efectos fisiológicos

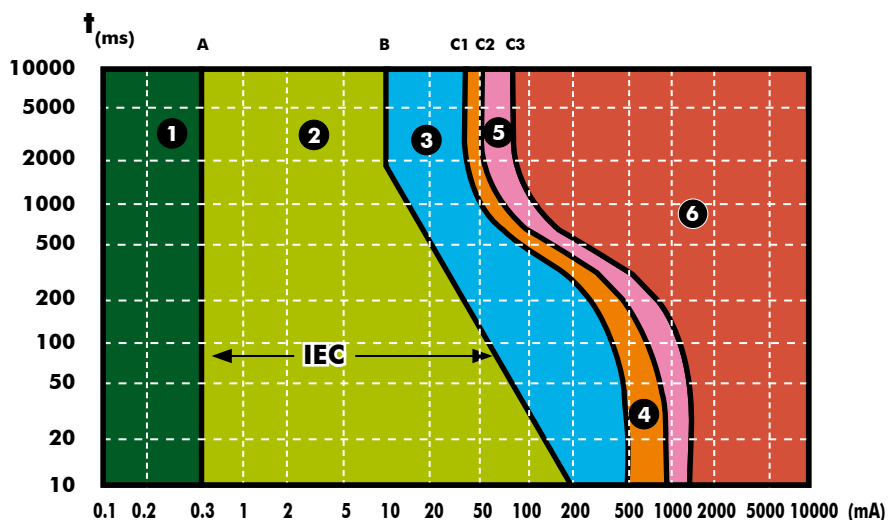
Esta parte informativa del RETIE tiene como principal objetivo crear una conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad. Se espera que el personal calificado la aplique en función de las características de una actividad, un proceso o una situación en donde se presente el riesgo.

5.1 Evaluación del nivel de riesgo

Hoy en día, en las normas se han fijado criterios claros sobre soportabilidad de seres humanos y animales, como se ve en la siguiente gráfica tomada de la NTC 4120, con referente IEC 60479-2, que muestra las zonas de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz.

El umbral de fibrilación ventricular depende de parámetros fisiológicos y eléctricos, por ello se ha tomado la curva C1 como límite para diseño de equipos de protección. Los valores umbrales de corriente de menos de **0,2 segundos** se aplican solamente durante el período vulnerable del ciclo cardíaco.

Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 Hz a 100 Hz



ZONA 1	Habitualmente ninguna reacción
ZONA 2	Habitualmente ningún efecto fisiopatológico peligroso
ZONA 3	Habitualmente ningún riesgo de fibrilación
ZONA 4	Riesgo de fibrilación (hasta aproximadamente un 5%)
ZONA 5	Riesgo de fibrilación (hasta aproximadamente un 50%)
ZONA 6	Paro cardíaco, paro respiratorio y quemaduras severas Riesgo de fibrilación (por encima de un 50%)

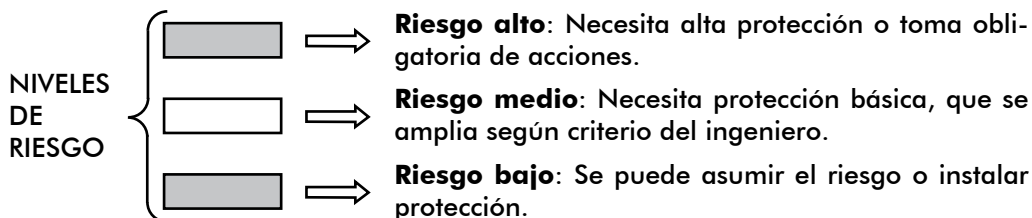
Debido a que los umbrales de soportabilidad de los seres humanos, tales como el de paso de corriente (1,1 mA), de reacción a soltarse (10 mA) y de rigidez muscular o de fibrilación (25 mA) son valores de corriente muy bajos; la superación de dichos valores puede ocasionar accidentes como la muerte o la pérdida de algún miembro o función del cuerpo humano.

Adicionalmente, al considerar el uso masivo de instalaciones y que la continuidad en su utilización es casi permanente a nivel residencial, comercial, industrial y oficial, la frecuencia de exposición al riesgo podría alcanzar niveles altos, si no se adoptan las medidas adecuadas.

Con el fin de evaluar el grado de los riesgos de tipo eléctrico que el reglamento busca minimizar o eliminar, se puede aplicar la siguiente Matriz de Análisis de Riesgo.

MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS

FRECUENCIA \ GRAVEDAD	FRECUENTE	POSIBLE	OCASIONAL	REMOTO	IMPROBABLE
SEVERA					
ALTA					
MODERADA					
BAJA					



Matriz de riesgo

Para determinar la existencia del alto riesgo, la situación debe ser evaluada por una persona calificada en electrotecnia teniendo en cuenta los siguientes criterios orientadores:

- a. **Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables**, tales como instalaciones que carezcan de medidas preventivas específicas contra el riesgo eléctrico, condiciones ambientales de lluvia, tormentas eléctricas, y contaminación; equipos, productos o conexiones defectuosas de la instalación eléctrica.
- b. **Que el peligro tenga un carácter inminente**, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.
- c. **Que la gravedad sea máxima**, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes cercanos a la instalación.

5.2 Riesgos eléctricos más comunes

Un riesgo es una condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

ARCOS ELÉCTRICOS.

POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, apertura de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.

AUSENCIA DE ELECTRICIDAD.

POSIBLES CAUSAS: Apagón, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.

CONTACTO DIRECTO.

POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.

CONTACTO INDIRECTO.

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.

CORTOCIRCUITO.

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

ELECTRICIDAD ESTÁTICA

POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.

EQUIPO DEFECTUOSO

POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.

RAYOS

POSIBLES CAUSAS: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.

SOBRECARGA

POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento adecuado de conductores y equipos.

TENSIÓN DE CONTACTO

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancia de seguridad.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

TENSIÓN DE PASO

POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

CAPÍTULO II

REQUISITOS TÉCNICOS ESENCIALES

Para efectos del presente Reglamento los requisitos contenidos en este capítulo, por ser de aplicación obligatoria en todos los niveles de tensión y en todos los procesos, deben ser cumplidos según la situación particular en las instalaciones eléctricas objeto del presente reglamento.

Toda instalación eléctrica cubierta por el presente Reglamento, deberá contar con un diseño, el cual como mínimo tendrá las memorias de cálculo de conductores y protecciones, los diagramas unifilares, cálculo de transformador (si se requiere), cálculo del sistema de puesta a tierra (si se requiere), distancias de seguridad, cálculo mecánico de estructuras (cuando se requiera), evaluación del nivel de riesgo por rayos y planos de construcción; tales documentos deben ser firmados por el profesional o profesionales competentes de acuerdo con sus matrículas profesionales que los facuten para el diseño.

Se exceptúan de la exigencia del diseño, las instalaciones de uso final de la electricidad destinadas a vivienda unifamiliar, pequeños comercios o industrias, con capacidad o potencia instalable no superior a 10 kVA, siempre y cuando no tenga ambientes o equipos especiales y que no haga parte de edificaciones multifamiliares o construcciones consecutivas. Cuando se haga uso de la excepción, la persona calificada responsable de la construcción de la instalación eléctrica, deberá basarse en especificaciones predefinidas y deberá entregar al propietario de la instalación un esquema o plano del alcance de la construcción, donde se evidencie la localización de interruptores, tomacorrientes, número y calibre de conductores, diámetro de tuberías, capacidad de las protecciones de sobrecorriente (cuadro de carga), localización de puesta a tierra, tablero de circuitos, contador y diagrama unifilar de los circuitos. Estos documentos serán suscritos por el constructor de la instalación eléctrica con su nombre, apellidos, número de cédula de ciudadanía y número de matrícula profesional, certificado de inscripción profesional o certificado de matrícula, según corresponda de conformidad con la ley.

Para toda instalación eléctrica cubierta por el presente Reglamento, será obligatorio que actividades tales como las de diseño, dirección, construcción, supervisión, recepción, operación, mantenimiento e inspección sean realizadas por personal calificado con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional o certificado de matrícula, que lo faculte para ejercer dicha actividad.

La competencia para realizar dichas actividades corresponderá a las personas calificadas, tales como ingenieros electricistas, electromecánicos, de distribución y redes eléctricas, tecnólogos en electricidad, tecnólogos en electromecánica o técnicos electricistas, con matrícula profesional, certificado de inscripción profesional o certificado de matrícula, vigentes, teniendo en cuenta lo dispuesto en las leyes y normas reglamentarias que regulan el ejercicio de estas profesiones.

Los organismos de certificación no deben expedir la certificación de conformidad con el RETIE a instalaciones eléctricas diseñadas, construidas o supervisadas por personas que según la legislación vigente no tengan la competencia legal para el ejercicio profesional de dichas actividades; en consecuencia, el Operador de Red no debe dar servicio a estas instalaciones.

ARTÍCULO 8°. CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN EN CORRIENTE ALTERNA

Para efectos del presente Reglamento Técnico, se fijan los siguientes niveles de tensión, establecidos en la norma NTC 1340, así:

- **Extra alta tensión (EAT):** Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
- **Alta tensión (AT):** Corresponde a tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
- **Media tensión (MT):** los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
- **Baja tensión (BT):** los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
- **Muy baja tensión (MBT):** tensiones menores de 25 V.

Toda instalación eléctrica, objeto del presente Reglamento, debe asociarse a uno de los anteriores niveles. Si en la instalación existen circuitos o elementos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto del sistema se clasificará para efectos prácticos, en el grupo correspondiente al valor de la tensión nominal más elevada.

ARTÍCULO 9°. SISTEMA DE UNIDADES

Para efectos del presente Reglamento, se debe aplicar en el sector eléctrico el Sistema Internacional de Unidades (SI), aprobado por Resolución N° 1823 de 1991 de la Superintendencia de Industria y Comercio. Por tanto, los siguientes símbolos y nombres tanto de magnitudes como de unidades se declaran de obligatorio cumplimiento, en todas las actividades que se desarrollen en el sector eléctrico y deben expresarse en todos los documentos públicos y privados.

Nombre de la magnitud	Símbolo de la magnitud	Nombre de unidad	Símbolo de la unidad SI
Capacitancia	C	faradio	F
Corriente eléctrica	I	amperio	A
Energía activa	W	vatio hora	Wh
Factor de potencia	FP	uno	1
frecuencia	f	hertz	Hz
Fuerza electromotriz	E	voltio	V
Iluminancia	E _v	lux	lx
Impedancia	Z	ohmio	Ω
Inductancia	L	henrio	H
Intensidad luminosa	I _v	candela	cd
Potencia activa	P	vatio	W
Potencia aparente	P _s	voltamperio	VA
Potencia reactiva	P _Q	voltamperio reactivo	VA _r
Reactancia	X	ohmio	Ω
Resistencia	R	ohmio	Ω
Resistividad	ρ	ohmio metro	Ωm
Tensión o potencial eléctrico	V	voltio	V

Reglas para el uso de símbolos y unidades:

- 1 No debe confundirse magnitud con unidad.
- 2 El símbolo de la unidad será el mismo para el singular que para el plural.
- 3 Cuando se va a escribir o pronunciar el plural del nombre de una unidad, se usarán las reglas de la gramática española.
- 4 Cada unidad y cada prefijo tiene un solo símbolo y este no debe ser cambiado. No se deben usar abreviaturas.
- 5 Los símbolos de las unidades se denotan con letras minúsculas, con la excepción del ohmio (Ω) letra mayúscula omega del alfabeto griego. Aquellos que provienen del nombre de personas se escriben con mayúscula.
- 6 El nombre completo de las unidades se debe escribir con letra minúscula, con la única excepción del grado Celsius, salvo en el caso de comenzar la frase o luego de un punto.
- 7 Las unidades sólo podrán designarse por sus nombres completos o por sus símbolos correspondientes reconocidos internacionalmente.
- 8 Entre el prefijo y símbolo no se deja espacio.
- 9 El producto de símbolos se indica por medio de un punto.

10 No se colocarán signos de puntuación luego de los símbolos de las unidades, sus múltiplos o submúltiplos, salvo por regla de puntuación gramatical, dejando un espacio de separación entre el símbolo y el signo de puntuación.

ARTÍCULO 10°. SIMBOLOGÍA GENERAL

En un plazo no mayor a dos años contados a partir de la publicación del presente Reglamento deberán utilizar los símbolos gráficos contemplados en la siguiente tabla, tomados de las normas unificadas IEC 60617, ANSI Y32, CSA Z99 e IEEE 315, los cuales guardan mayor relación con la seguridad eléctrica. Cuando se requieran otros símbolos se pueden tomar de las normas precitadas.

					
Caja de empalme	Corriente continua	Central hidráulica en servicio	Central térmica en servicio	Conductores de fase	Conductor neutro
					
Conductor de puesta a tierra	Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
					
Descargador de sobretensiones	Detector Automático de incendio	Dispositivo de protección contra sobretensiones-DPS	DPS tipo varistor	Doble aislamiento	Empalme
					
Equipotencialidad	Extintor para equipo eléctrico	Fusible	Generador	Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire
					
Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre limitado	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos vías	Interruptor seccionador para AT
					
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Subestación
					
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general

Tomacorriente en el piso	Tomacorriente monofásico	Tomacorriente trifásico	Transformador símbolo general	Transformador de aislamiento	Transformador de seguridad

Principales símbolos gráficos

Cuando por razones técnicas, las instalaciones no pueden acogerse a estos símbolos, se deberá justificar mediante documento escrito avalado por un ingeniero electricista con matrícula profesional vigente; dicho documento deberá acompañar el dictamen de inspección que repose en la instalación.

ARTÍCULO 11°. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD

11.1 Objetivo

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.

Para efectos del presente Reglamento los siguientes requisitos de señalización, tomados de la NTC 1461 y de la ISO 3461, son de obligatoria aplicación y la entidad propietaria de la instalación será responsable de su utilización. Su escritura debe ser en idioma castellano y deberán localizarse en los sitios visibles que permitan cumplir su objetivo.

El uso de las señales de riesgo será de obligatorio cumplimiento, a menos que alguna norma de mayor jerarquía legal determine otra cosa, en tal caso las empresas justificarán la razón del no uso.

11.2 Clasificación de las Señales de Seguridad

Las señales de Seguridad se clasifican en informativas (rectangulares), de peligro (triangulares) y de obligación o prohibición (circulares) y siempre llevan pictogramas en su interior.

Colores de las señales y su significado

SEÑAL DE RIESGO ELÉCTRICO



Color de la señal	Significado	Color de contraste
Rojo	Peligro, parada, prohibición e información sobre incendios	Blanco
Amarillo	Riesgo, advertencia, peligro no inmediato	Negro
Verde	Seguridad o ausencia de peligro	Blanco
Azul	Obligación o Información	Blanco

CAPÍTULO VII

REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA INSTALACIONES DE USO FINAL

Este capítulo del Reglamento Técnico es aplicable a la instalaciones eléctricas destinadas a la conexión de equipos o aparatos para el uso final de la electricidad y en todo tipo de construcciones, ya sean de carácter público o privado. Como en los otros apartes del Reglamento, los requisitos establecidos se aplican a condiciones normales y nominales de la instalación.

En general comprende los sistemas eléctricos que van desde la acometida de servicio hacia el interior de la edificación o al punto de conexión de los equipos o elementos de consumo. En los casos de instalaciones de propiedad distinta al OR, que contemplen subestación, la acometida y la subestación se considerarán como parte de la instalación de uso final, sin perjuicio del cumplimiento de los requisitos para el proceso de transformación que le apliquen.

ARTÍCULO 40°. REQUISITOS DE INSTALACIONES PARA USO FINAL DE LA ELECTRICIDAD

Las instalaciones para uso final de la electricidad, denominadas comúnmente como instalaciones interiores, o instalaciones domiciliarias o receptoras, son las que están alimentadas por una red de distribución o por una fuente de energía propia y tienen como objeto permitir la entrega de la energía eléctrica para su uso final. Dentro de ese concepto hay que incluir cualquier instalación receptora aunque toda ella o alguna de sus partes esté situada a la intemperie.

Si en una instalación eléctrica de baja tensión están integrados circuitos o elementos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para la baja tensión y para los cuales este Capítulo no señala un requisito específico, se deben cumplir en ella las prescripciones técnicas y de seguridad de los apartes de media o alta tensión.

Para efectos del presente Reglamento los requisitos contenidos en este Capítulo, deben ser tomados como complementarios de los requisitos de los demás Capítulos.

40.1 Aplicación de normas técnicas

Debido a que el contenido de la NTC 2050 Primera Actualización, (Código Eléctrico Colombiano), del 25 de noviembre de 1998, que está basada en la norma técnica NFPA 70, encaja dentro del enfoque que debe tener un reglamento técnico y considerando que tiene plena aplicación en el proceso de utilización de la energía eléctrica, se declaran de obligatorio cumplimiento los primeros siete capítulos (publicados en el Diario Oficial N° 45.592 del 27 de junio de 2004) que en forma resumida comprenden:

Cap. 1. Definiciones y requisitos generales para instalaciones eléctricas.

- Cap. 2. Los requisitos de alambrado y protecciones.
- Cap. 3. los métodos y materiales de las instalaciones.
- Cap. 4. Los requisitos de instalación para equipos y elementos de uso general.
- Cap. 5. Los requisitos para ambientes especiales.
- Cap. 6. Los requisitos para equipos especiales.
- Cap. 7. Las condiciones especiales de las instalaciones.

Para la adecuada aplicación de estos Capítulos deberán tenerse en cuenta las consideraciones establecidas en la Sección 90 (Introducción); el personal calificado que utilice la norma deberá tener en cuenta todas las consideraciones y excepciones aplicables a cada caso.

En el evento en que se presenten diferencias entre el Anexo General y la NTC 2050 Primera Actualización, primará lo establecido en el Anexo General del RETIE y la autoridad para dirimir las es el Ministerio de Minas y Energía.

40.2 Clasificación de las instalaciones

Para efecto del presente Reglamento las instalaciones para uso final de la electricidad se clasificarán en instalaciones especiales, básicas y provisionales.

40.2.1 Instalaciones eléctricas especiales

Aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos o alimentar equipos o sistemas complejos, presentan mayor probabilidad de riesgo que una instalación básica y por tanto requieren de medidas especiales, para mitigar o eliminar tales riesgos. Para efectos del RETIE se consideran instalaciones especiales las siguientes:

- b. Sistemas de emergencia y sistemas de alarma contra incendio.
- c. Instalaciones de ambientes especiales, contemplados en el Capítulo 5 del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050, Primera Actualización) clasificadas como peligrosas por el alto riesgo de explosión debida a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables; polvos, fibras o partículas combustibles.
- d. Instalaciones eléctricas para sistemas de transporte de personal como ascensores, grúas, escalera eléctricas, montacargas o teleféricos.
- e. Instalaciones eléctricas en lugares con alta concentración de personas, tales como: sitios de reuniones, entidades públicas, teatros, áreas de audiencias, grandes supermercados, ferias y espectáculos a que hacen referencia las secciones 518, 520, 525 del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050, Primera Actualización).

40.2.2 Instalaciones eléctricas básicas: Las instalaciones que se ciñen a los cuatro primeros capítulos de la NTC 2050 Primera Actualización y redes de baja tensión para uso particular o destinadas a la prestación del servicio público de electricidad.

40.2.3 Instalaciones provisionales: Para efectos del RETIE, se entenderá como instalación provisional aquella que se hace para suministrar el servicio de energía a un proyecto en construcción, o que tendrá una utilización no mayor de seis meses (prorrogables según el criterio del OR que preste el servicio), la cual deberá cumplir con lo especificado en la sección 305 del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050 Primera Actualización).

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050

DEL INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC

Aquí se consignan únicamente algunas de las normas que tienen mayor relación con los temas expuestos.

SECCIÓN 100 - DEFINICIONES

Acometida: derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble.

Acometida aérea: los conductores aéreos de acometida que van desde el último poste o soporte aéreo, hasta los conductores de entrada de acometida de la edificación.

Acometida subterránea: conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, o tablero de medidores.

Activo, energizado, con tensión: conectado eléctricamente a una fuente con diferencia de potencial.

Alimentador: todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

Automático: que actúa por sí mismo, sin intervención personal.

Canalización: canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, ex-

presamente diseñados para contener alambres o cables. Hay canalizaciones de conductos de tuberías eléctricas metálicas y no metálicas.

Capacidad de corriente: corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor sin superar su temperatura nominal de servicio.

Circuito ramal: conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas.

Circuito ramal de uso general: circuito ramal que alimenta diversas salidas para alumbrado y artefactos.

Circuito ramal especial de conexión de artefactos eléctricos: circuito ramal que alimenta a una o más salidas a las que se pueden conectar los artefactos; tales circuitos no deben contener elementos de iluminación conectados permanentemente que no formen parte de un artefacto.

Circuito ramal multiconductor: circuito ramal que consta de dos o más conductores no puestos a tierra y entre los cuales hay una diferencia de potencial, y un conductor puesto a tierra con la misma diferencia de potencial entre él y cada uno de los otros conductores del circuito, que está conectado al neutro o al conductor puesto a tierra de la instalación.

Clavija, enchufe: dispositivo para introducir o retirar manualmente de un tomacorriente, el cual posee pa-

tas (contactos macho) que entran en contacto con los contactos hembra del tomacorriente.

Conductor de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

Conductor puesto a tierra, neutro: conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra. Generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.

Conexión equipotencial: unión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora, que asegura la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente que pudiera pasar.

Edificio o edificación: construcción cuyo uso primordial es la habitación u ocupación por seres humanos.

Electrodo de puesta a tierra: elemento metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo.

Factor de demanda: relación entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y la carga total conectada a la instalación o parte de la instalación considerada.

Factor de potencia: relación entre potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) del mismo sistema eléctrico o parte de él.

Interruptor automático (breaker): dispositivo que puede abrir o cerrar un circuito manualmente, y puede abrir un circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente.

Interruptor de circuito contra fallas a tierra: dispositivo diseñado para la protección de las personas, que funciona cortando el paso de corriente por un circuito o parte del mismo dentro de determinado lapso, cuando la corriente a tierra supera un valor predeterminado, menor que el necesario para que funcione el dispositivo protector contra sobrecorriente del circuito de suministro.

Puesto a tierra: conectado a tierra o a cualquier conductor que pueda actuar como tierra.

Salida: punto de una instalación del que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización.

Sobrecarga: funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga.

SECCIÓN 110 - REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

110-5. Conductores

Los conductores normalmente utilizados para transportar corriente deben ser de cobre, a no ser que en este código se indique otra cosa. Si no se especifica el material conductor, el material y los calibres que se den en este código se deben aplicar como si fueran conductores de cobre.

110-6. Calibre de los conductores

Los calibres de los conductores se expresan en milímetros cuadrados (mm²), seguidos por su equivalente entre pa-

réntesis en AWG.

110-14. Conexiones eléctricas.

b) Empalmes. Los conductores se deben empalmar o unir con medios de empalme identificados para su uso... Todos los empalmes y uniones y los extremos libres de los conductores se deben cubrir con un aislante equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante identificado para ese fin...

SECCIÓN 200 - USO E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA

200-7. Uso del color blanco o gris natural. Un forro continuo blanco o gris natural en un conductor o una marca de color blanco o gris natural en un extremo sólo se debe usar para identificar el conductor puesto a tierra.

200-10. Identificación de los terminales.

b) Clavijas, tomacorrientes y conectores. En los tomacorrientes, clavijas de artefactos con polaridad, se debe identificar el terminal destinado para su conexión al conductor puesto a tierra (blanco). La identificación se debe hacer por un metal o recubrimiento metálico de color fundamentalmente blanco o con la palabra "blanco" o la palabra "white" situada cerca del terminal identificado.

c) Casquillos roscados. En los artefactos con casquillos roscados, el terminal del conductor puesto a tierra debe ser el que se conecte al casquillo.

SECCIÓN 210 - CIRCUITOS RAMALES

210-3. Clasificación por capacidad de corriente. Los circuitos ramales de los

que trata este Artículo se deben clasificar según la capacidad de corriente máxima o según el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. La clasificación de los circuitos ramales que no sean individuales debe ser de 15, 20, 30, 40 y 50 A. Cuando se usen, por cualquier razón, conductores de mayor capacidad de corriente, la clasificación del circuito debe estar determinada por la corriente nominal o por el valor de ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

210-4. Circuitos ramales multiconductores.

b) Unidades de vivienda. En las unidades de vivienda donde exista un circuito ramal multiconductor que suministre electricidad a más de un dispositivo o equipo en el mismo cuerpo de tomacorriente, se debe disponer de un medio para desconectar simultáneamente todos los conductores no puestos a tierra en el panel de distribución desde donde arranque el circuito ramal.

c) Carga de la línea a neutro. Los circuitos ramales multiconductores sólo deben alimentar cargas de línea a neutro.

210-5. Códigos de color de los circuitos ramales.

a) Conductor puesto a tierra. El conductor puesto a tierra de un circuito ramal se debe identificar mediante un color continuo blanco o gris natural.

b) Conductor de puesta a tierra de los equipos. El conductor de puesta a tierra de equipos de un circuito ramal se debe identificar por un color verde continuo o un color verde continuo con una o más rayas amarillas, excepto si está desnudo.

210-6. Limitaciones de tensión de los circuitos ramales.

a) Limitaciones por razón de la ocupación. En las unidades de vivienda y las habitaciones de huéspedes de los hoteles, moteles y establecimientos similares, la tensión no debe superar los 120 V nominales entre los conductores que den suministro a los terminales de:

- 1) Elementos de alumbrado.
- 2) Cargas de 1.440 VA nominales o menos, o de menos de 1/4 HP, conectados con cordón y clavija.

210-7. Tomacorrientes y conectores para cordones.

a) Con polo a tierra. Los tomacorrientes instalados en circuitos ramales de 15 y 20 A deben tener polo a tierra. Los tomacorrientes con polo a tierra se deben instalar sólo en circuitos de la tensión y capacidad de corriente para las que estén destinados.

b) Para conectar a tierra. Los tomacorrientes y conectores para cordones que tengan contactos para polo a tierra, deben tener esos contactos puestos a tierra eficazmente.

c) Métodos de puesta a tierra. Los contactos de puesta a tierra de los tomacorrientes y conectores para cordones se deben poner a tierra conectándolos con el conductor de puesta a tierra de los equipos del circuito que alimenta al tomacorrientes o al conector del cordón.

210-8. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra.

a) Unidades de vivienda. Todos los tomacorrientes monofásicos de 15A y 20A

125 V, instalados en los lugares que se especifican a continuación, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra:

- 1) Adyacente a los lavamanos, estén o no en un cuarto de baño.

c) Duchas eléctricas. En instalaciones que requieran el uso de una ducha eléctrica, ésta deberá ser alimentada con un circuito exclusivo de capacidad de corriente adecuada, con protección personal mediante un interruptor de circuito contra falla a tierra y su conexión deberá ser a prueba de agua.

210-19. Conductores: capacidad de corriente y sección transversal mínima.

a) Generalidades. Los conductores de los circuitos ramales deben tener una capacidad de corriente no menor a la carga que van a alimentar. Además, los conductores de circuitos ramales con varias salidas para alimentar tomacorrientes para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de corriente no menor a la corriente nominal del circuito ramal.

Nota 4) Los conductores de circuitos ramales, con una sección que evite una caída de tensión superior al 3% en las salidas más lejanas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramal hasta la salida más lejana no supere el 5%, ofrecen una eficacia razonable de funcionamiento.

b) Estufas y artefactos de cocina domésticos. Los conductores de los circuitos ramales que alimentan estufas

domésticas, hornos montados en la pared, estufas de sobreponer y otros artefactos de cocina domésticos, deben tener una capacidad de corriente no menor a la corriente nominal del circuito ramal y no menor a la carga máxima que deben alimentar.

c) Otras cargas. Los conductores de circuitos ramales que alimenten a cargas distintas de artefactos de cocina, deben tener una capacidad de corriente suficiente para las cargas conectadas y una sección no menor a 2,08 mm² (14 AWG).

210-20. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos ramales y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad de corriente nominal o ajuste...

210-21. Dispositivos de salida.

b) Tomacorrientes.

1) Un tomacorriente sencillo instalado en un circuito ramal individual, debe tener una capacidad de corriente no menor a la de dicho circuito.

2) Cuando esté conectado a un circuito ramal que suministra corriente a dos o más tomacorrientes o salidas, el tomacorriente no debe alimentar a una carga total conectada con cordón y clavija que supere el máximo establecido en la siguiente tabla:

CORRIENTE NOMINAL CIRCUITO (A)	CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL TOMACORRIENTE (A)	CARGA MÁXIMA (A)
15 ó 20	15	12
20	20	16
30	30	24

3) Cuando estén conectados a un circuito ramal que alimente a dos o más salidas o tomacorrientes, la capacidad de corriente de los tomacorrientes debe corresponder a los valores de la siguiente tabla o, si es de más de 50 A, la capacidad de corriente del tomacorriente no debe ser menor a la corriente del circuito ramal.

CORRIENTE NOMINAL DEL CIRCUITO (A)	CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL TOMACORRIENTE (A)
15	No más de 15
20	15 ó 20
30	30
40	40 ó 50
50	50

210-23. Cargas permisibles.

En ningún caso la carga debe exceder a la corriente nominal del circuito ramal.

a) Circuitos ramales de 15 y 20 A. Se debe permitir que un circuito ramal de 15 ó 20 A suministre corriente a unidades de alumbrado, a otros equipos de utilización o a una combinación de ambos. La corriente nominal de cualquier equipo de utilización conectado mediante cordón y clavija no debe superar el 80% de la corriente nominal del circuito ramal. La capacidad total del equipo de utilización fijo en su lugar no debe superar el 50% de la capacidad de corriente del circuito ramal cuando se alimenten unidades de alumbrado o equipos de utilización conectados con cordón y clavija no fijos en sitio, o a ambos a la vez.

210-52. Salidas de tomacorrientes en unidades de vivienda.

a) Disposiciones generales. En comedores, cuartos de estar, salas, salones,

bibliotecas, cuartos de estudio, solares, dormitorios, cuartos de recreo, habitaciones o zonas similares en unidades de vivienda, se deben instalar salidas de tomacorrientes de modo que ningún punto a lo largo de la línea del suelo en ninguna pared esté a más de 1,80 m de un tomacorrientes en ese espacio, medidos horizontalmente, incluyendo cualquier pared de 0,6 m o más de ancho y el espacio de pared ocupado por paneles fijos en los muros exteriores, pero excluyendo los paneles corredizos en los muros exteriores. En la medida de los 1,80 m se debe incluir el espacio de paredes que permita las divisiones fijas de las habitaciones, tales como mostradores autoestables de tipo barra o barandillas.

Se considera “espacio de pared” una pared continua a lo largo de la línea del suelo sin aberturas como puertas, chimeneas y similares. Cada espacio de pared de 0,6 m de ancho o más, debe ser considerado individual e independientemente de los demás espacios de pared dentro de la habitación. Está permitido que un espacio de pared incluya dos o más paredes de una habitación (a un lado y otro de los rincones), si la línea del suelo es continua. No se consideran espacios de pared los que quedan contra las puertas abiertas a 90°, los espacios ocupados o limitados por armarios fijos o los espacios que correspondan a áreas de acceso o circulación permanente donde no sea posible instalar artefactos eléctricos.

Siempre que sea posible, las salidas de tomacorrientes deben estar a la misma distancia. Si no están a menos de 0,5 m de la pared, las salidas de tomacorrientes en el piso no se deben contar como parte del número exigido de salidas.

b) Pequeños artefactos.

1) En la cocina, despensa o comedor auxiliar de una unidad de vivienda, el circuito o circuitos ramales de 20 A para pequeños artefactos deben alimentar todas las salidas de tomacorrientes y las salidas de tomacorrientes para refrigeradores.

d) Cuartos de baño. En los cuartos de baño de las unidades de vivienda, se debe instalar por lo menos un tomacorrientes en la pared adyacente a cada lavamanos, estén o no en un cuarto de baño. Las salidas de tomacorrientes en los cuartos de baño deben estar alimentados por lo menos por un circuito ramal de 20 A.

f) Zonas de lavandería y planchado. En las unidades de vivienda se debe instalar como mínimo un tomacorrientes para lavadora y plancha.

210-70. Salidas necesarias para alumbrado.

a) Unidad o unidades de vivienda. En cada cuarto habitable se debe instalar al menos una salida para alumbrado con un interruptor en la pared, así como en los cuartos de baño, recibidores, escaleras, garajes y en el exterior de las entradas o salidas al exterior. No se considera entrada o salida exterior la puerta para vehículos de un garaje, a menos que este se tenga como acceso obligatorio al interior de la vivienda.

Cuando se instalen salidas para alumbrado en escaleras interiores, debe haber en cada planta un interruptor de pared que permita encender y apagar la luz, siempre que la diferencia entre dos plantas sea de seis escalones o más.

SECCIÓN 215. - ALIMENTADORES

215-1. Alcance. Esta sección trata de los requisitos de instalación, de la capacidad de corriente y del calibre mínimo de los conductores de los alimentadores que suministran corriente a los circuitos ramales.

215-2. Capacidad de corriente y calibres mínimos. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor a la necesaria para alimentar las cargas calculadas.

215-3. Protección contra sobrecorriente. Los alimentadores deben estar protegidos contra sobrecorriente.

SECCIÓN 220 - CÁLCULOS DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES, RAMALES Y ACOMETIDAS

220-1. Alcance. Esta sección trata de los requisitos para establecer el número de circuitos ramales necesarios y para calcular las cargas del alimentador, de los circuitos ramales y de las acometidas.

220-2. Tensiones. Si no se especifican otras tensiones para el cálculo de cargas del alimentador y los circuitos ramales, se deben aplicar las tensiones nominales 120, 120/240, 208Y/120, 220Y/127. Los valores de tensión de 220Y/127 son valores existentes en algunos sistemas, pero se recomienda que no se utilicen en la construcción futura de instalaciones nuevas.

220-3. Cálculo de los circuitos ramales.

b) Cargas de alumbrado para ocupaciones listadas. La carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, no debe ser menor a la especificada en la tabla 220 3.b)

Según esta tabla, la carga unitaria para unidades de vivienda y colegios es de 32 VA/m².

220-19. Estufas eléctricas y otros artefactos de cocina en unidades de vivienda.

En esta parte se encuentran las normas y tablas del factor de demanda.

220-32. Cálculos opcionales en viviendas multifamiliares. En esta parte se encuentran las normas y tabla del factor de demanda.

SECCIÓN 230 - ACOMETIDAS

230-1. Alcance. Esta sección trata de los conductores y equipos de acometida para el control y protección de las acometidas y sus requisitos de instalación.

230-2. Número de acometidas.

a) Número. Un edificio u otra estructura a la que llegue la corriente eléctrica, debe tener sólo una acometida.

230-23. Calibre y capacidad de corriente.

a) Generalidades. Los conductores deben tener una capacidad de corriente suficiente para transportar la corriente para la que se ha calculado la carga, y deben poseer una resistencia mecánica adecuada.

b) Calibre mínimo. Los conductores no deben tener una sección transversal menor a 8,36 mm² (8AWG).

Exepciones:

1) Para pequeñas unidades de vivienda que no superen una superficie

de planta de 53 m², cuya carga total corresponda exclusivamente a carga de alumbrado general y tenga sustitutos de la electricidad para calefacción y cocción, los conductores no deben ser de sección transversal inferior a 5,25 mm² (10 AWG).

230-46. Conductores sin empalmar. Los conductores de entrada acometida no deben presentar empalmes.

230-90. Cuándo es necesario (protección contra sobrecorriente). Todos los conductores de acometida no puestos a tierra deben tener protección contra sobrecarga.

a) Conductor no puesto a tierra. Dicha protección debe consistir en un dispositivo contra sobrecorriente en serie con cada conductor de acometida no puesto a tierra que tenga una capacidad de corriente nominal o ajuste no superior a la del conductor.

b) No en un conductor puesto a tierra. En un conductor de acometida puesto a tierra no se debe intercalar ningún dispositivo de protección contra sobrecorriente, excepto un interruptor automático de circuitos que abra simultáneamente todos los conductores del circuito.

230-91. Ubicación de la protección contra sobrecorriente.

a) Generalidades. El dispositivo de protección contra sobrecorriente debe formar parte integral del medio de desconexión de la acometida o estar situado inmediatamente al lado del mismo.

SECCIÓN 240 - PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

240-6. Corrientes nominales normalizadas.

a) Fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Las capacidades de corriente nominales estándar de los fusibles e interruptores automáticos de circuito de tiempo inverso son: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60... A. Además se tienen valores nominales de 16, 63... A.

240-24. Ubicación en los predios.

a) Fácilmente accesibles. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben ser fácilmente accesibles.

b) Fácil acceso de los ocupantes. En una edificación, los ocupantes deben tener fácil acceso a todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los conductores que alimentan esa ocupación.

240-33. Posición vertical. Los enclavamientos de dispositivos de protección contra sobrecorriente se deben montar en posición vertical.

SECCIÓN 250 - PUESTA A TIERRA

250-43. Equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente. Casos específicos. Independientemente de su tensión nominal, se deben poner a tierra las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente, lo mismo que las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos:

a) Marcos y estructuras de los cuadros de distribución

c) Carcasas de motores

j) Elementos de alumbrado

250-45. Equipos conectados con cordón y clavija.

c) En ocupaciones residenciales. En las edificaciones residenciales: 1) los refrigeradores, congeladores y artefactos de aire acondicionado; 2) las lavadoras y secadoras de ropa, lavavajillas, trituradores de residuos de cocina, bombas de sumideros y equipos eléctricos de acuarios; 3) las herramientas manuales a motor; 5) las lámparas de mano portátiles.

250-81. Instalación del electrodo de puesta a tierra del sistema.

- a) Tuberías metálicas subterráneas de agua.
- b) Estructura metálica de la edificación.
- c) Electrodo empotrado en concreto.
- d) Anillo de puesta a tierra.

250-83. Electrodos fabricados y otros electrodos. Cuando sea posible, los electrodos fabricados se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente (nivel freático). Los electrodos fabricados deben estar libres de recubrimientos no conductores como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para la instalación de puesta a tierra, ninguno de ellos (incluidos los que se utilicen como barras de pararrayos) debe estar a menos de 1,80 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra.

c) Electrodos de barras y tuberías. Los electrodos de barras y tuberías no deben tener menos de 2,40 m de longitud, deben ser de los materiales que se especifican a continuación y estar instalados del siguiente modo:

1) Los electrodos consistentes en tuberías o conductos no deben tener una sección

transversal menor al tamaño comercial de 19 mm (3/4") y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

2) Los electrodos de barras de hierro o acero deben tener como mínimo un diámetro de 15,87 mm (5/8 de pulgada). Las barras de metales no ferrosos o sus equivalentes, deben estar certificadas y tener un diámetro no menor de 12,7 mm (1/2 pulgada).

3) El electrodo se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo como mínimo 2,40 m de su longitud. Se debe clavar a una profundidad no menor de 2,40 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar con un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical o enterrarse horizontalmente en una zanja que tenga como mínimo 0,75 m de profundidad. El extremo superior del electrodo debe quedar al nivel del suelo o por debajo, excepto si el extremo superior del electrodo que quede por encima del suelo y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daños físicos.

d) Electrodos de placa. Los electrodos de placa deben tener un área mínima de 0,2 m² que esté en contacto directo con el suelo. Los electrodos de placas de hierro o acero deben tener un espesor mínimo de 6 mm. Los electrodos de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,5 mm.

250-84. Resistencia de los electrodos fabricados. Un electrodo único que consiste en una barra o varilla, tubo o placa y que no tenga una resisten-

cia a tierra de 25 ohmios o menos, se debe complementar con un electrodo adicional. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tuberías o placas para cumplir con esta resistencia, deben tener entre sí una separación mínima de 1,80 m.

250-91. **Materiales.**

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra. El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre,... El material elegido debe ser resistente a la corrosión.

250-95. Calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos. El calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos, de cobre, no debe ser menor al especificado en las tablas 250-94 y 250-95.

CONDUCTOR DE ACOMETIDA (AWG)	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA (AWG)
2 o menor	8
1 ó 1/0	6
2/0 ó 3/0	4
4/0	2

CORRIENTE DEL CONDUCTOR ACTIVO (A)	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA AWG
15	14
20	12
30-60	10
100	8
200	6

CONEXIONES DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA.

250-112. Con el electrodo de puesta a tierra. La conexión de un conductor del electrodo de puesta a tierra con el

electrodo de puesta a tierra debe ser accesible y estar hecha de tal manera que garantice una puesta a tierra eficaz y permanente.

250-113. Con los conductores y equipos. Los conductores de puesta a tierra y los cables de conexiones equipotenciales se deben conectar mediante soldadura exotérmica, conectores a presión certificados, abrazaderas u otros medios también certificados. No se deben utilizar dispositivos o accesorios de conexión que dependen exclusivamente de soldadura. Para conectar los conductores de puesta a tierra a los armarios o encerramientos no se deben usar tornillos para lámina metálica (golosos o autorroscantes).

250-114. Continuidad y conexión de los conectores de puesta a tierra de los equipos a las cajas. Cuando entren en una caja dos o más conductores de puesta a tierra de equipos, todos esos conductores se deben empalmar o unir dentro de la caja o unir a la caja con herrajes adecuados para ese uso.

a) Cajas metálicas. Se debe hacer una conexión entre el conductor o conductores de puesta a tierra de equipos y la caja metálica por medio de un tornillo de puesta a tierra, al que no se debe dar ningún otro uso, o de un dispositivo de puesta a tierra certificado.

SECCIÓN 300 - MÉTODOS DE ALAMBRADO

300-14. Longitud de los conductores libres en las salidas, uniones y puntos de conmutación. En todos los puntos de salidas, uniones y de interruptores, debe quedar como mínimo una longitud de 15 cm libre en los conductores para empalmes o conexiones de elementos o dispositivos eléctricos.

300-17. Número y tamaño de los conductores en una canalización. El número y tamaño de los conductores en cualquier canalización no debe ser mayor de lo que permita la disipación de calor y la facilidad de instalación o desmontaje sencillo de los conductores sin perjudicar a otros conductores o a su aislamiento.

300-18. Instalación de las canalizaciones. Las canalizaciones se deben instalar completas entre las salidas, conexiones o puntos de empalme, antes de instalar los conductores.

300-20. Corrientes inducidas en encerramientos o canalizaciones metálicas. Cuando se instalen en encerramientos o canalizaciones metálicas conductores de corriente alterna, deben instalarse de modo que se evite el calentamiento del encerramiento por inducción. Para ello se deben agrupar todos los conductores de fase, el conductor puesto a tierra, cuando lo haya, y todos los conductores de puesta a tierra de los equipos.

SECCIÓN 310 - CONDUCTORES PARA INSTALACIONES EN GENERAL.

310-12. Identificación de los conductores.

c) Conductores no puestos a tierra. Los conductores que estén diseñados para usarlos como conductores no puestos a tierra, si se usan como conductores sencillos o en cables multiconductores, deben estar acabados de modo que se distingan claramente de los conductores puestos a tierra y los de puesta a tierra.

SECCIÓN 347 - TUBO (CONDUIT) RÍGIDO NO METÁLICO.

347-10. Tamaño

a) Mínimo. No se debe utilizar tubo rígido no metálico de tamaño comercial inferior a 21 mm (1/2 pulgada).

b) Máximo. No se debe utilizar tubo rígido no metálico de tamaño comercial superior a 168 mm (6 pulgadas).

347-13. Curvas. Cómo se hacen.

Las curvas de los tubos conduit rígidos no metálicos se deben hacer de modo que el tubo no sufra daños y que su diámetro interno no se reduzca sustancialmente. Cuando se hagan en obra se debe utilizar únicamente un equipo de doblar identificado para ese uso.

347-14. Curvas. Número de curvas en un tramo.

Entre dos puntos de sujeción, p. ej., entre conduletas y cajas, no debe haber más del equivalente a cuatro curvas de un cuadrante (360° en total).

SECCIÓN 370 - CAJAS DE SALIDA, DE DISPOSITIVOS, DE PASO Y DE EMPALMES, CONDULETAS Y SUS ACCESORIOS

370-1. Alcance.

Esta sección trata de la instalación y uso de todas las cajas y conduletas utilizadas para salidas, uniones o cajas de paso, dependiendo de su uso.

Nota. Conduleta o cuerpo de conduit: parte independiente de un sistema de conductos o tuberías que permite acceder, a través de tapa o tapas removibles, al interior del sistema en un punto de unión de dos o más secciones del sistema o en un terminal del mismo (Sección 100 - definiciones).

370-4. Cajas metálicas. Todas las cajas

metálicas deben estar puestas a tierra.

370-16. Número de conductores en las cajas de salida, de dispositivos y de empalmes y en las conduletas.

Las cajas y conduletas deben ser de tamaño suficiente para que quede espacio libre para todos los conductores instalados. En ningún caso el volumen de la caja.

Tabla 370-16a) Cajas metálicas

Dimensiones de la caja en mm y pulgadas	Número máximo de conductores		
	14 AWG	12 AWG	10 AWG
101,6 x 38,1 mm 4 x 1½" - redonda u octogonal	7	6	6
101,6 x 38,1 mm 4 x 1½" - cuadrada	10	9	8
101,6 x 53,9 x 53,9 mm 4 x 2⅛ x 2⅛" - de dispositivos	7	6	5

370-25. **Tapas y cubiertas.** En las instalaciones una vez terminadas, todas las cajas deben tener una tapa, una placa de cierre o una cubierta.

370-25. Cajas de salida.

a) Cajas en las salidas para artefactos de alumbrado. Las cajas utilizadas en las salidas para artefactos de alumbrado deben estar diseñadas para este fin. En todas las salidas utilizada únicamente para alumbrado, la caja debe estar diseñada o instalada de modo que se le pueda conectar el artefacto de alumbrado.

SECCIÓN 373 - ARMARIOS, CAJAS DE CORTE Y TABLEROS DE MEDIDORES Y ENCHUFABLES

373-1. **Alcance.** Esta Sección trata de los requisitos de instalación y construcción de los armarios, cajas de corte y tableros de medidores enchufables.

SECCIÓN 380 - INTERRUPTORES

380-1. **Alcance.** Las disposiciones de

esta Sección se aplican a todos los interruptores y a los dispositivos de interrupción e interruptores automáticos que se utilicen como interruptores.

380-2. Conexiones de los interruptores.

b) Conductores puestos a tierra. Los interruptores o interruptores automáticos no deben desconectar el conductor puesto a tierra de un circuito.

SECCIÓN 384 - CUADROS DE DISTRIBUCIÓN Y PANELES DE DISTRIBUCIÓN

384-1. **Alcance.** Esta Sección se refiere a: 1) todos los cuadros de distribución y paneles de distribución instalados para el control de circuitos de alumbrado y fuerza.

SECCIÓN 410 - APARATOS DE ALUMBRADO, PORTABOMBILLAS, BOMBILLAS Y TOMACORRIENTES.

410-1. **Alcance.** Esta sección trata de los aparatos de alumbrado, portabombillas, colgantes, tomacorrientes, bombillas

incandescentes de filamento, bombillas de arco, bombillas de descarga y del alambrado y equipos que forman parte de dichas bombillas, aparatos e instalaciones de alumbrado.

Nota. El término internacional de un aparato de alumbrado es "luminaria", que se define como una unidad completa de alumbrado consistente en una o varias bombillas junto con las piezas diseñadas para distribuir la luz, para colocar y proteger las bombillas y para conectarlas a la fuente de alimentación.

410-23. Polarización de los aparatos. Los aparatos de alumbrado deben estar instalados de manera que los casquillos roscados de los portabombillas estén conectados al mismo conductor del circuito o terminal del aparato. Cuando esté conectado al casquillo de un portabombilla, el conductor de puesta a tierra se debe conectar a la parte roscada del casquillo.

410-24. Conductores.

b) Sección transversal de los conductores. Los conductores para aparatos de alumbrado no deben tener una sección transversal menor de 0,82 mm² (18 AWG).

410-47. Portabombillas de casquillo roscado. Los portabombillas de casquillo roscado se deben utilizar exclusivamente como portabombillas. Cuando estén alimentados por un circuito que tenga un conductor puesto a tierra, este conductor se debe conectar al casquillo roscado.

L. Tomacorrientes, conectores de cordón y clavijas de conexión.

410-56. Capacidad nominal y tipo.

a) Tomacorrientes. Los tomacorrientes instalados para conectar cordones de

artefactos portátiles, deben tener una capacidad nominal no menor de 15 A y 125 V ó 15 A y 250 V y deben ser de un tipo que no permita utilizarlos como portabombillas.

f) Clavijas. Todas las clavijas y conectores de 15 y 20 A deben estar contruidos de modo que no queden expuestas partes portadoras de corriente que no sean los terminales cilíndricos o planos de la clavija.

410-57. Tomacorrientes en lugares húmedos o mojados.

c) En bañeras y duchas. No se deben instalar tomacorrientes en los espacios próximos a las bañeras y duchas.

410-58. Tomacorrientes, adaptadores, conectores y clavijas con polo a tierra.

a) Polos de puesta a tierra. Los tomacorrientes, conectores y clavijas con polo a tierra, deben llevar un polo de tierra fijo, además de los polos normales del circuito.

b) Identificación del polo a tierra. Los tomacorrientes, adaptadores, conectores y clavijas con polo a tierra deben disponer de un medio para conectar al polo de tierra un conductor de puesta a tierra.

1) Mediante un tornillo terminal de color verde, de unas características tales que garanticen que durante su instalación no se presenten daños, como rotura del tornillo o deterioro de las hendiduras, de las cabezas o de la rosca que perjudiquen la operación posterior de los terminales.

4) Si no es visible el terminal del con-

ductor de puesta a tierra de los equipos, hay que rotular el orificio por donde entre el conductor con la palabra "verde" ("green"), "tierra" ("ground") o las letras correspondientes, o el símbolo de puesta a tierra, o de algún otro modo para que el color verde quede bien visible. Si el terminal para el conductor de puesta a tierra de los equipos se puede desmontar fácilmente, hay que rotular del mismo modo la zona adyacente.

c) Uso del terminal de puesta a tierra. Un terminal de puesta a tierra o un dispositivo del tipo con polo a tierra no se debe utilizar para otros fines.

d) Requisitos para los polos a tierra. Las clavijas, conectores de cordón y tomacorrientes del tipo con polo a tierra, deben estar diseñados de modo que la conexión con la puesta a tierra se haga antes que el resto de conexiones. Los dispositivos del tipo con polo a tierra deben estar diseñados de modo que los polos de puesta a tierra de las clavijas no puedan entrar en contacto con las partes portadoras de corriente energizadas de los tomacorrientes o de los conectores de cordón.

e) Uso. Las clavijas del tipo con polo a tierra sólo se deben utilizar con cordones que tengan conductor de puesta a tierra de equipos.

SECCIÓN 422 - ARTEFACTOS ELÉCTRICOS

422-1. Alcance. Esta Sección trata de los artefactos eléctricos (electrodomésticos) utilizados en cualquier tipo de ocupación.

422-13. Planchas eléctricas. Las planchas eléctricas deben ir equipadas con un medio identificado de limitación de temperatura.

422-14. Calentadores de agua.

a) Con tanque de almacenamiento e instantáneos. Todos los calentadores de agua con tanque de almacenamiento o de tipo instantáneo deben ir equipados con un medio para limitar la temperatura, además de su termostato de control, que permita desconectar todos los conductores no puestos a tierra.

422-17. Hornos de pared y cocinas montadas en mostradores.

a) Se permiten conexiones mediante cordón y clavija o permanente. Se permiten que los hornos de pared y las cocinas montadas en mostradores, completos con sus accesorios para montarlos y para hacer las conexiones eléctricas, estén permanentemente conectados o sólo con cordón y clavija, para facilitar su instalación o servicio.

SECCIÓN 430

MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y CONTROLADORES

430-1. Alcance.

Esta sección trata de los motores, de los conductores de los alimentadores y circuitos ramales y de su protección, de la protección de los motores contra sobrecargas, de los circuitos de control de motores, de los controladores de motores y de los centros de control de motores.

Por brevedad no incluimos más normas, pero todo técnico debería consultar con frecuencia el Reglamento (RETIE) y el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050.