

# TÉCNICA

## INTRODUCCIÓN

Estos apuntes pretenden ayudar al aspirante a radioaficionado a dar sus primeros pasos en el camino de la radiotécnica. Están orientados a aquellas personas que sus conocimientos técnicos son muy escasos y por ello, se tratará de explicar los fenómenos radioeléctricos de una manera simple y didáctica.

La materia es muy amplia y para aquellos aspirantes que deseen conocer “**algo más**”, diré que hay literatura muy completa que tratan los temas de manera más profunda.

Al final de cada capítulo se da un listado con algunos libros que se pueden consultar.

OSVALDO D. PERALTA  
LU3MAM (L33M)

CUYO  
RADIO  
CLUB

# TEMA: 1

## TEORÍA ATÓMICA

Si bien en el banco de preguntas técnicas que hoy existe, no se exige este tema, considero que el aspirante debe tener una clara idea de esta teoría puesto que allí nacen los fenómenos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos.

Comenzaremos diciendo que todo lo que nos rodea está formado por pequeñas partículas llamadas **ÁTOMOS**. Para entender esto, supondremos que tomamos un trozo de hierro y lo dividimos sucesivamente hasta obtener una última partícula tal que si la divido deja de ser hierro, es decir se altera su naturaleza. Esa última partícula que no ha perdido sus características originales se llama **ÁTOMO**.

Ahora bien, supongamos que tenemos un grano de sal, cuyo nombre en química es **CLORURO de SODIO** y su fórmula es **CINa** y hacemos la misma experiencia anterior. La última partícula que obtendremos de sal no será un átomo de sal sino que, por tratarse de una sustancia compuesta, será una **MOLÉCULA** de CLORURO de SODIO. Si ahora por algún medio químico separamos esta molécula obtendremos un átomo de CLORO y un átomo de SODIO. Vemos entonces que las moléculas son partículas formadas por dos o más átomos de distintos elementos.

Otro ejemplo es la molécula de agua, que está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Existen en la naturaleza **107 elementos químicos** que conforman este mundo maravilloso de los cuales 90 se encuentran en la naturaleza, mientras que el resto han sido obtenidos en forma artificial en laboratorios. Sus distintas y variadas combinaciones han permitido distinguir alrededor de medio millón de sustancias compuestas. A modo de ejemplo citamos algunos elementos: oxígeno, carbono, mercurio, oro, plata, calcio, yodo, azufre, cloro, etc.

Ya desde la antigüedad se conocía la existencia del átomo. Su nombre proviene del griego y significa “**indivisible**” puesto que se creía que era imposible dividirlo. El sabio **Tales de Mileto** (600 a.c.) sabía que algunos materiales tratados de cierta manera tenían propiedades extrañas que no podían ser explicadas en esos tiempos. Es el caso del ámbar, una resina de color amarillo que se extraía de las coníferas. Si una barra de ámbar se frotaba con una piel de gato, la barra de ámbar luego atraía objetos livianos como por ejemplo cabellos. Se decía que la barra había adquirido “algo” que le daba la propiedad de atraer objetos.

Esta propiedad del ámbar le dio origen a la palabra electricidad ya que ámbar, en griego se dice “Elektron”. Se decía que la barra estaba “electrificada”. Fue el físico danés **Neils Bohr** quien en 1913 publicó su teoría atómica y es la que consideraremos para nuestro estudio.

En ella decía que todos los cuerpos están formados por átomos. Que los átomos están constituidos por un **NÚCLEO** central en el que reside casi toda la masa del átomo y su carga positiva, rodeado de los **ELECTRONES** que poseen carga negativa y están situados a distancia relativamente grandes del núcleo. Los electrones no son atraídos por el núcleo puesto que giran a gran velocidad alrededor del núcleo, de tal manera que la fuerza centrífuga, producida por éste giro, contrarresta la fuerza de atracción ejercida por el núcleo. Se podría comparar éste modelo atómico con un sistema solar en el que el sol sería el núcleo y los planetas representarían a los electrones. El camino que siguen los electrones alrededor del núcleo se denomina **ÓRBITA**.

Debemos decir también que en el núcleo se hallan dos partículas, una denominada **NEUTRÓN** que no posee carga y otra denominada **PROTÓN** que es la que le da carga positiva al núcleo. Todos los electrones tienen la misma carga negativa; todos los protones tienen exactamente la misma carga positiva. Además cualquier átomo normal, que contiene igual número de protones que de electrones, no presenta carga en exceso. Esto conduce a la conclusión de que las cargas de un protón y un electrón, aunque de signo opuesto, son de igual valor. El átomo más simple que se conoce es el de Hidrógeno que posee un protón y un electrón.

El hierro posee 26 protones y 26 electrones, el cobre posee 29 protones y 29 electrones. Los electrones están agrupados en distintas órbitas, así el átomo de cobre tiene 4 órbitas al igual que el átomo de hierro, lo que varía es la cantidad de electrones que hay en la última órbita.

### Electricidad

Los átomos de una sustancia cualquiera, como ya se ha dicho, contiene un número igual de protones y electrones. Por consiguiente, la materia no presenta efectos eléctricos y se dice que es eléctricamente **NEUTRA** o que está descargada. Si alteramos por algún procedimiento el equilibrio que existe entre protones y electrones, esto es, que un cuerpo tenga exceso de electrones o defecto de electrones se dice que dicho cuerpo está **CARGADO**, o dicho más técnicamente: se ha **IONIZADO**. Hay muchas maneras de alterar dicho equilibrio.

El más antiguo es el fenómeno de electrificación por frotamiento. En realidad el nombre adecuado sería electrificación por contacto puesto que lo que se hace es poner en contacto íntimo los cuerpos. Si se frota una barra de ebonita con una piel de gato y se aproxima a una bolita de médula de saco suspendida por un hilo de seda, la bolita es atraída en un principio por la ebonita y luego del contacto es repelida.

Dos bolitas de médula de saco que se han tratado de la misma manera se repelen mutuamente. Por otra parte, cada bolita es atraída por la piel de gato. ¿Qué ha ocurrido? Al frotar la ebonita con la piel de gato hay una transmisión

espontánea de electrones de la piel de gato a la ebonita. Es decir que la ebonita tendrá un exceso de electrones o dicho de otra forma se ha cargado negativamente y la piel de gato ha perdido electrones es decir que ha quedado cargada positivamente.

Al acercar la barra de ebonita con carga negativa a la bolita que tiene todos sus átomos equilibrados, se produce una atracción debido a que los electrones de la bolita son repelidos y quedan sobre la superficie enfrentada con la ebonita los protones de los átomos de la bolita. Por ello, al tratarse de cargas de distinto signo, se produce la atracción. Cuando entran en contacto, algunos electrones en exceso de la barra de ebonita pasan a la bolita y quedan sobre la superficie de la bolita. Ahora hay electrones sobre las dos superficies y se produce la separación. De los experimentos realizados con la ebonita al frotarla con la piel de gato se deduce que la carga adquirida por uno de ellos es exactamente igual a la perdida por el otro, es decir que no hay creación de carga eléctrica sino una transmisión de carga de un cuerpo a otro.

Supongamos ahora que tenemos dos cuerpos, uno ionizado positivamente es decir con defecto de electrones y otro ionizado negativamente es decir con exceso de electrones. Si unimos ambos cuerpos con un alambre de cobre, ¿qué ocurrirá? La respuesta es que el cuerpo cargado positivamente tomará electrones del alambre de cobre hasta quedar neutralizado. Pero el alambre de cobre ha quedado ahora con un defecto de electrones, es decir ha quedado con carga positiva. El alambre tomará electrones del cuerpo cargado negativamente hasta neutralizarse. Vemos que ha habido un movimiento de electrones desde el cuerpo cargado negativamente hacia el cuerpo cargado positivamente. Este movimiento es, como dijimos, exclusivamente de electrones y de allí deriva la palabra **ELECTRICIDAD**.

Otra forma de expresar lo sucedido es diciendo que hubo una **CORRIENTE** de electrones o una **CORRIENTE ELÉCTRICA**. Podemos concluir también que por el hecho que se produzcan movimientos de electrones, éstos desarrollan una fuerza determinada que es la Fuerza electrónica en movimiento y que se la denomina universalmente con el nombre de **FUERZA ELECTROMOTRIZ** y que se debe precisamente a la fuerza desarrollada por los electrones, de manera que cuanta más cantidad de ellos exista en un cuerpo, mayor fuerza electromotriz podrá desarrollar al entregar electrones a otro cuerpo que posea muy pocos.

## Resistencia

Imaginemos el mismo caso anterior pero en lugar de unir los cuerpos cargados con un alambre de cobre, utilizamos un hilo de seda o una cinta de goma. Ocurrirá que no habrá circulación de electrones y se dice que estos elementos son malos conductores, **DIELÉCTRICOS** o **AISLADORES**. A los elementos que permiten la circulación fácilmente de electrones se los llama **CONDUCTORES**.

Que un material sea conductor o aislador depende de la cantidad de electrones que posea en la última órbita de sus átomos.

Si en el ejemplo anterior unimos los cuerpos cargados con un alambre de aluminio parecería que no hay diferencia con el alambre de cobre, pero en realidad el restablecimiento de cargas "**tarda más tiempo**". Esto se debe a que la cantidad de electrones que posee en la última órbita el cobre es distinta a la del aluminio.

Ésta es la causa por la que un material es más conductor que otro y a esta característica se la llama **RESISTENCIA ELÉCTRICA**.

Hubo un notable físico alemán llamado **GEORGE SIMON OHM** (1789-1854) que estudió la relación que hay entre la Fuerza Electromotriz (**FEM**), la Corriente eléctrica y la Resistencia eléctrica de los materiales. La ley que rige esta relación se conoce como **LEY DE OHM**.



## TEMA: 2

### LEY DE OHM

Como habíamos dicho, la relación que existe entre la Corriente Eléctrica, la Fuerza Electromotriz (o también llamada Diferencia de Potencial o Tensión) y la Resistencia Eléctrica, fue hallada por **G.S.OHM** y dicha relación se conoce con el nombre de **LEY DE OHM**.

La demostración de ésta ley la haremos de una forma sencilla y haciendo analogía con fenómenos que son vistos por nosotros diariamente. Vale decir también que esta ley tiene una demostración matemática que puede ser consultada en cualquier libro de Física o electricidad.

Consideremos un tanque con agua que está a cierta altura del nivel del piso y que de él sale una cañería de un diámetro determinado. Mientras más elevado esté el tanque con más fuerza saldrá el chorro de agua por la cañería y viceversa, cuanto más cerca esté del piso el tanque, tendremos menos caudal de agua o dicho de otra manera habrá menor corriente de agua. Hay una relación directa entre la altura del tanque y el caudal de agua. Son directamente proporcionales.

Veamos ahora un circuito eléctrico formado por un generador de corriente continua (o pila, o batería) que llamaremos **V**, unido por un conductor a una resistencia que llamaremos **R**. Por el circuito, debido a la diferencia de potencial que existe entre los extremos de la pila, circulará una corriente eléctrica desde el polo negativo de la pila hacia el polo positivo, que llamaremos **I**. Haciendo la analogía con el tanque de agua, comparamos la altura del tanque con la diferencia de potencial entre los bornes de la pila.

A mayor diferencia de potencial, tendremos mayor corriente eléctrica en el circuito y a menor diferencia de potencial tendremos menor circulación de corriente en el circuito de nuestro ejemplo. Es decir que: **LA INTENSIDAD DE CORRIENTE ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA DIFERENCIA DE POTENCIAL**. Que sea directamente proporcional significa que si un valor aumenta el otro también aumenta en forma proporcional y si uno disminuye, el otro también disminuye proporcionalmente.

Ahora volvamos al ejemplo del tanque. Dejaremos la altura invariable y, de alguna manera, imaginemos que estrangulamos un poco la cañería de agua. ¿Qué ocurre con la corriente de agua? Disminuye. Y si lo estrangulamos aún más, menor es la corriente de agua que sale por el extremo del caño.

Lo que hacemos al estrangular la cañería, es impedir que circule agua o dicho de otra manera le ofrecemos resistencia al paso del agua. Podemos decir entonces que a mayor resistencia tenemos menor corriente de agua. Son inversamente proporcionales. Traslademos este fenómeno a nuestro circuito. Si aumentamos el valor de la resistencia eléctrica, disminuirá la intensidad de corriente eléctrica que circula por el circuito. Si disminuimos la resistencia eléctrica, la intensidad de corriente aumentará. Decimos entonces que: **LA INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL CIRCUITO**.

Las conclusiones halladas anteriormente se pueden expresar matemáticamente por la siguiente fórmula:

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

Que es la expresión de la **LEY de OHM** y dice que:

**LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE LOS EXTREMOS DEL CONDUCTOR E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A SU RESISTENCIA ELÉCTRICA.**

### Unidades

Así como la distancia se mide en metros, la masa en gramos y el tiempo en segundos, hay un conjunto de unidades que identifican a la diferencia de potencial, la intensidad de corriente y la resistencia eléctrica.

**DIFERENCIA DE POTENCIAL:** también llamada fuerza electromotriz o tensión, se la representa generalmente con la letra **V** y su unidad de medida es el **VOLT** ó **VOLTIO** en honor al físico italiano **ALESSANDRO VOLTA** que fue el inventor de la pila voltaica.

**INTENSIDAD DE CORRIENTE:** se la representa con letra **I**, siendo su unidad de medida el **AMPERE** ó **AMPERIO**, en homenaje a **ANDRÉ MARIE AMPERE**, notable físico francés que introdujo muchos de los conceptos de electricidad y magnetismo.

**RESISTENCIA ELÉCTRICA:** normalmente representada por la letra **R** y se mide en **OHM** en honor a **G. S. OHM** como hemos dicho anteriormente. A esta unidad se le suele simplificar usando la letra griega omega ( $\Omega$ ).

## Múltiplos y Submúltiplos

Cuando hablamos de grandes distancias, generalmente no usamos el metro, sino que las expresamos en kilómetros, al igual que si hablamos de un cuerpo muy pesado lo hacemos en kilogramos o en toneladas. Si la distancia es pequeña hablamos de centímetros o milímetros. Todo esto se hace por una cuestión de práctica y conveniencia. Lo mismo ocurre con las unidades de tensión, intensidad de corriente y resistencia eléctrica.

A continuación presentaremos una tabla con los múltiplos y submúltiplos más utilizados en la práctica:

AMPERE (A)	{	MÚLTIPLO	Kilo Ampere	(KA)	$10^3$ A
		SUBMÚLTIPLO	miliampere	(mA)	$10^{-3}$ A
			Microampere	( $\mu$ A)	$10^{-6}$ A
			Nanoampere	(nA)	$10^{-9}$ A
			Picoampere	(pA)	$10^{-12}$ A
VOLT (V)	{	MÚLTIPLO	KiloVolt	(KV)	$10^3$ V
		SUBMÚLTIPLO	milivolt	(mV)	$10^{-3}$ V
			Microvolt	( $\mu$ V)	$10^{-6}$ V
			Nanovolt	(nV)	$10^{-9}$ V
			Picovolt	(pV)	$10^{-12}$ V
OHM ( $\Omega$ )	{	MÚLTIPLO	Kilohm	(k $\Omega$ )	$10^3$ $\Omega$
			Megaohm	(M $\Omega$ )	$10^6$ $\Omega$
		SUBMÚLTIPLO	miliohm	(m $\Omega$ )	$10^{-3}$ $\Omega$
			Microhm	( $\mu$ $\Omega$ )	$10^{-6}$ $\Omega$

Diremos también que la tensión se mide con un instrumento denominado **VOLTÍMETRO** y que se conecta en **PARALELO** con el elemento a medir. La corriente eléctrica se mide con un instrumento denominado **AMPERÍMETRO** y se conecta en **SERIE** con el circuito donde se realizará la medición y la resistencia se mide con un **OHMÍMETRO**. Estos tres instrumentos pueden conseguirse por separado o vienen los tres en un solo instrumento denominado: **MULTÍMETRO**, **TESTER** o **POLÍMETRO**.

## Características físicas de una resistencia

En un circuito electrónico podemos identificar rápidamente las resistencias ya que se tratan de pequeños cilindros de color marrón en donde se han pintado tres o cuatro franjas de color que nos indican su valor en ohms y la tolerancia. Tienen, además, terminales de alambre en sus extremos.

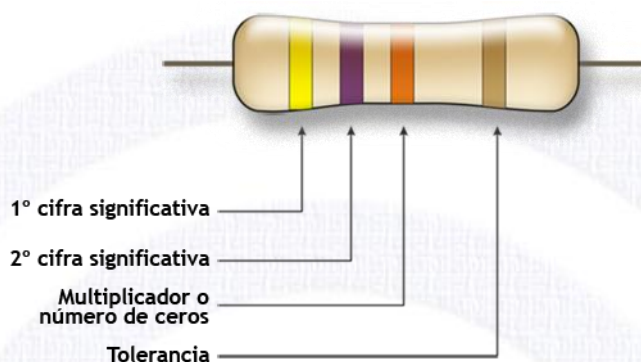
Es un componente imprescindible en la construcción de cualquier equipo electrónico, ya que permite distribuir adecuadamente la tensión y la corriente en todos los puntos necesarios.

Se utilizan materiales con resistividades altas para la fabricación de resistencias de los cuales mencionaremos los más utilizados: **Carbón**, **Alambre de Nícrón** y **Metal depositado**.

En cuanto a la tolerancia de una resistencia diremos que este término aparece como consecuencia de la imposibilidad de obtener un valor óhmico totalmente exacto en la fabricación de la misma. Se hace necesario, entonces, establecer los extremos máximos y mínimos entre los que estará comprendida la resistencia. Estos valores, normalmente se expresan como un porcentaje del valor en ohms asignado teóricamente. Existen resistencias de gran precisión en su valor, lo que implica valores de tolerancias muy bajos, pero habrá que tener en cuenta que su precio aumentará considerablemente y sólo serán necesarias en aplicaciones muy especiales. Normalmente las tolerancias estandarizadas son las de  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\pm 20\%$ , aunque esta última está desapareciendo del mercado debido a su poca utilización y a que los procesos de fabricación han mejorado progresivamente.

## Código de colores

Para identificar el valor de una resistencia se utiliza un sistema por medio de colores que permite obtener toda la gama de valores comerciales. A este sistema se lo llama código de colores y consiste en pintar alrededor de la resistencia y en un extremo, cuatro anillos de colores determinados, correspondiendo los dos primeros a los números indicativos del valor de la tabla, el tercero es el número de ceros (o multiplicador) que es necesario agregar y el cuarto, la tolerancia.



### Tabla

La tabla de los colores se da a continuación:

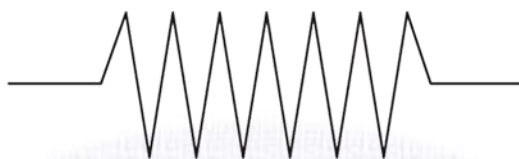
	COLOR	1° CIFRA	2° CIFRA	MULTIPLICADOR	TOLERANCIA
	<b>Negro</b>	0	0	x 1	-
	<b>Marrón</b>	1	1	x 10	±1 %
	<b>Rojo</b>	2	2	x 100	±2 %
	<b>Naranja</b>	3	3	x 1.000	---
	<b>Amarillo</b>	4	4	x 10.000	---
	<b>Verde</b>	5	5	x 100.000	---
	<b>Azul</b>	6	6	x 1.000.000	---
	<b>Violeta</b>	7	7	-----	---
	<b>Gris</b>	8	8	-----	---
	<b>Blanco</b>	9	9	-----	---
	<b>Dorado</b>	--	-	x 0,1	±5 %
	<b>Plateado</b>	-	-	x 0,01	±10 %

Para el dibujo en donde la primera franja es **AMARILLO**, la segunda franja es **VIOLETA** y la tercera es **ROJO**, el valor será de 4 7 0 0 OHMS y es de una tolerancia de ± 5% ya que la cuarta franja es **DORADO**.

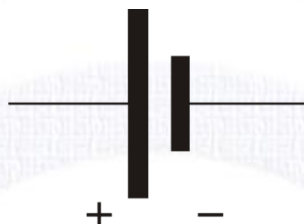
El aspirante se irá familiarizando con la identificación de los valores de resistencia a través de la práctica y llegará a determinar su valor por simple observación.

## Símbolo de la resistencia

Como todos los componentes reales de un circuito, las **resistencias** se representan mediante un símbolo. El símbolo para la resistencia eléctrica es:



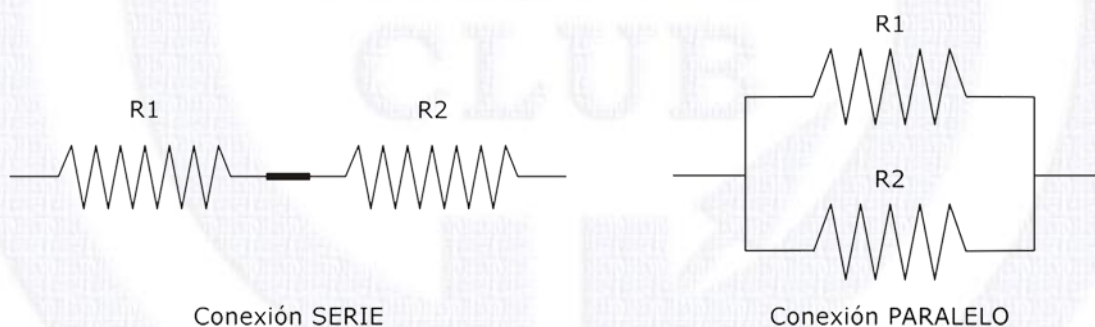
También el **generador de corriente continua, pila o batería** tiene su símbolo, y es:



En el que la barra más larga representa el polo o borne positivo. En la medida que se estudien otros componentes veremos su simbología.

## Asociación de resistencias

Si observamos un circuito electrónico veremos que hay más de una resistencia interconectada en el mismo. En la gran mayoría de los casos, estas resistencias eléctricas se encuentran conectadas de una de las siguientes dos formas:



En ambos casos, siempre es posible encontrar un único valor de resistencia que sea equivalente al conjunto de resistencias que forman el circuito.

Esa resistencia se llama precisamente **RESISTENCIA EQUIVALENTE** y se puede demostrar matemáticamente que la resistencia equivalente en un circuito con resistencias en serie es igual a la suma de las resistencias que forman dicho circuito. Expresado en forma matemática diremos que:

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

En el caso de tener resistencias en paralelo, la inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de las resistencias que forman el circuito. Esto es:

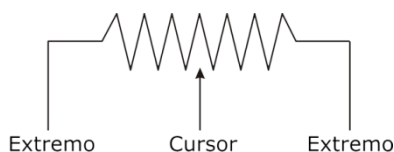
$$\frac{1}{R_e} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

El valor  $1/R_e$  se le denomina **CONDUCTANCIA ELÉCTRICA**, ya que es la inversa de la resistencia eléctrica y su unidad es el **MHO** o **SIEMENS**.

Con frecuencia es necesario disponer de una resistencia cuyo valor óhmico pueda variarse mediante un control mecánico. Esta función es la que realizan los **POTENCIÓMETROS** (o resistencias variables) y se trata simplemente de



una resistencia que posee un tercer terminal conectado a un punto intermedio entre sus bornes, la posición de este terminal se ajusta por la rotación de un eje. La figura muestra el símbolo eléctrico del potenciómetro.



En un potenciómetro la resistencia medida entre sus extremos no varía con el desplazamiento del cursor y este valor es el dato de adquisición del dispositivo. Como ejemplo diremos que cuando compramos un potenciómetro de 10 kohm, la resistencia medida entre sus extremos será de 10 kohm (10.000 ohms), independientemente de la posición que se encuentre el eje que gobierna el cursor. Pero la resistencia medida entre cualquiera de los extremos y el cursor, se podrá variar a voluntad girando el eje. Obteniéndose valores que van desde 0 (cero) ohm hasta 10.000 ohms.

## Potencia eléctrica

Cuando una resistencia eléctrica es atravesada por una corriente eléctrica, la energía eléctrica suministrada a la misma se transforma en energía térmica, es decir se genera calor. Este efecto se utiliza en la construcción de calentadores, estufas, planchas, etc. La energía térmica así generada se denomina **POTENCIA ELÉCTRICA**, se representa normalmente con la letra **P** y su unidad de medida es el **WATT** o **VATIO (W)** y queda determinada numéricamente por el producto entre la corriente eléctrica que atraviesa el elemento a considerar y la diferencia de potencial que aparece entre sus bornes.

$$P = I \times V \text{ (Watt)}$$

Si bien el proceso de calentamiento es utilizable en muchos casos (estufa, etc.) cuando se trata de componentes eléctricos, que han de colocarse en un circuito, una elevación de temperatura resulta perjudicial y hasta puede llegar a destruir al mismo. Mientras más grande sea físicamente el elemento, mayor será la capacidad que tenga para disipar el calor generado y podrá soportar mayores corrientes.

Es importante entonces tener en cuenta qué potencia va a disipar una resistencia porque hay que dar ese dato al comerciante a la hora de adquirir el elemento.

La potencia eléctrica se mide con un instrumento llamado **WATÍMETRO** o **VATÍMETRO**.

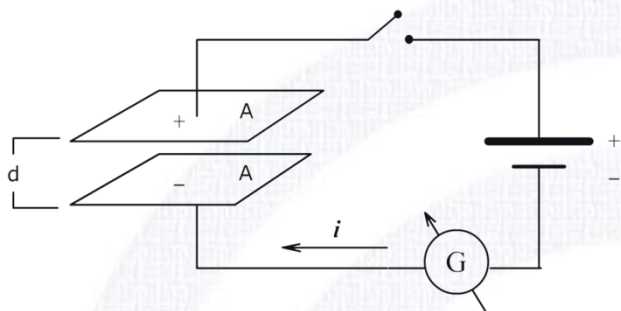


## TEMA: 3

### EL CAPACITOR

Otro de los componentes más utilizados en la construcción de equipos electrónicos, son los condensadores o también llamados **CAPACITORES**. Comenzaremos explicando la filosofía de funcionamiento de estos componentes de una manera sencilla para el aspirante.

Supongamos que tenemos dos placas conductoras de área  $A$ , paralelas, enfrentadas y separadas una distancia  $d$ . Conectadas a los extremos de un generador de corriente continua, como indica la figura.



Las dos placas no se tocan, están separadas por aire. El aire es un mal conductor de la corriente eléctrica es decir es un **DIELECTRICO** o  **AISLANTE**.

En el instante de cerrar el interruptor vemos que la aguja del instrumento se ha movido rápidamente y ha vuelto, luego, a su posición de equilibrio. El movimiento de la aguja nos dice que ha habido una circulación de corriente en el circuito.

Pero ¿cómo es esto posible, si el circuito está interrumpido por el aire que hay entre las placas metálicas? Recordemos rápidamente la teoría electrónica que vimos en el **TEMA 1**.

Pues bien, el aire está formado por átomos, que a su vez están formados por protones y electrones. Los electrones se mueven a gran velocidad alrededor del núcleo. Vimos además que la diferencia entre un buen conductor y un mal conductor es la cantidad de electrones que hay en la última órbita. Es decir que un buen conductor tiene más electrones disponibles que un mal conductor. Cuando cerramos el interruptor, los electrones disponibles en la placa metálica, son atraídos por el borne positivo de la batería, y llegan a la otra placa metálica pasando por el instrumento y la batería.



Pero, al llegar aquí no pueden seguir su camino puesto que se encuentran con el circuito abierto (está el dieléctrico) y por ello la corriente eléctrica cesa inmediatamente y el instrumento deja de indicar. La placa conectada al borne positivo de la batería ha quedado con un defecto de electrones es decir con carga positiva y la placa conectada al borne negativo de la batería ha quedado con un exceso de electrones es decir que ha quedado con carga negativa.

Las dos placas cargadas producen un campo eléctrico y el aire está sometido a ese campo eléctrico.

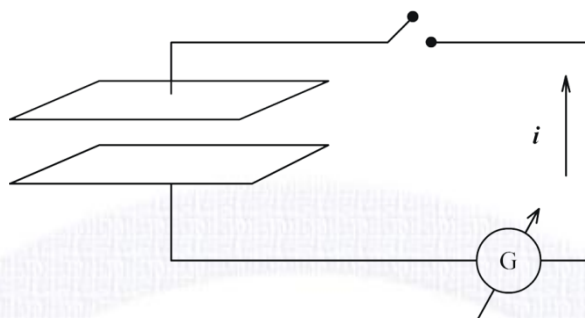
Cuando un cuerpo descargado (conductor o dieléctrico) se coloca dentro de un campo eléctrico como el formado por las dos placas metálicas se produce una redistribución de las cargas del cuerpo.

Estudiaremos especialmente lo que ocurre con un dieléctrico dentro de un campo eléctrico.

Los electrones y los protones de las moléculas del aire que separa las dos placas (dieléctrico), se desplazan por la acción del campo eléctrico formado por las placas metálicas cargadas, y ciertas regiones adquieren un exceso de carga positiva o negativa.

Cuando desconectamos la batería, el campo eléctrico cesa, pero el dieléctrico queda polarizado como indica la figura.

Si ahora conectamos este dispositivo “cargado” en un circuito como el de la figura, veremos que cuando cerramos el interruptor, la aguja del instrumento indica por un instante pasaje de corriente pero en sentido contrario al anterior, es decir cuando estaba la batería conectada.



Podemos concluir que el dispositivo formado por las dos placas metálicas (o conductoras) paralelas enfrentadas y separadas por un material dieléctrico, que en este caso es aire, ha sido capaz de retener carga eléctrica (**electrones**), o dicho de otra manera, es capaz de almacenar energía eléctrica. Tal dispositivo recibe el nombre de **CAPACITOR PLANO** o simplemente **CAPACITOR**.

La carga o cantidad de electricidad **Q** que puede almacenar un capacitor es proporcional a la tensión aplicada **V** y a la **CAPACIDAD** o **CAPACITANCIA C** del capacitor.

$$Q = V C$$

Por lo que podemos decir que la **CAPACIDAD** es:

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

Donde **Q** es la carga almacenada medida en **COULOMB** y **V** es la tensión aplicada medida en **VOLT**.

Como todos los factores que intervienen en la electricidad (resistencia, inductancia, etc.) se miden de acuerdo a unidades de comparación bien establecidas; la capacidad tiene también su unidad de medida que se llama unidad de capacidad o **CAPACITANCIA** y recibe el nombre de **FARADIO** en memoria al físico **MICHAEL FARADAY**, que estudió los fenómenos inherentes a los capacitores.

El Faradio se define de la siguiente manera: se dice que un capacitor tiene una capacidad de un Faradio cuando al aplicar una diferencia de potencial de un Volt, se almacena una carga eléctrica de un Coulomb. El Faradio es una unidad muy grande que en la práctica no tiene mayor aplicación, por esta razón se utilizan submúltiplos del Faradio.

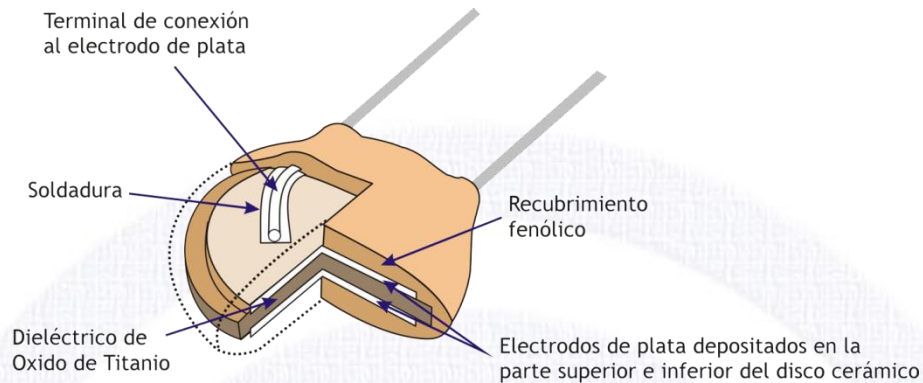
SUBMÚLTIPLOS	{	MICROFARADIOS	(μF)	10 <sup>-6</sup> FARADIOS
		NANOFARADIOS	(nF)	10 <sup>-9</sup> FARADIOS
		PICOFARADIOS	(pF)	10 <sup>-12</sup> FARADIOS

La capacidad “**C**” de un capacitor o condensador dependerá del tamaño del área “**A**” de las placas enfrentadas, de la distancia “**d**” que separa las placas y del tipo de aislante utilizado en la construcción. Lo dicho podemos expresarlo matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{K \times \epsilon_0 \times A}{d}$$

Donde **ε<sub>0</sub>** es una constante y **K** es un coeficiente que nos permite comparar la calidad del aislante utilizado en la fabricación del capacitor, con respecto al vacío y se llama coeficiente dieléctrico. Para el vacío **K** es igual a 1 (uno). A continuación se listan algunos materiales usados en la fabricación de capacitores y su correspondiente coeficiente dieléctrico.

VACÍO: 1,0  
 POLIESTIRENO: 2,5  
 MICA: 6,8  
 CERÁMICOS: 6 a 20



De acuerdo con la fórmula, la capacidad de un capacitor será mayor, cuanto mayor sea su área, menor sea su distancia entre placas y mejor la calidad del dieléctrico utilizado. Así, por ejemplo, dos capacitores que tengan igual área e igual distancia entre placas, pero están contruidos con distintos materiales dieléctricos, tendrán capacidades distintas.

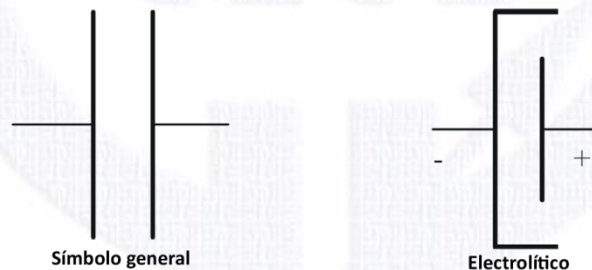


El tipo de dieléctrico utilizado en la construcción de capacitores sirve para clasificarlos. Es por eso que encontramos capacitores de políester, cerámicos, mica, de papel, etc.

Otro tipo de capacitores que encontramos son los capacitores electrolíticos, cuya característica más sobresaliente es el elevado valor de capacidad que pueden tener en un reducido volumen. Están formados por dos electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora o electrolítica. Deben conectarse con la polaridad indicada en el envase para que se forme sobre los electrodos una película aislante que es el dieléctrico.



El símbolo eléctrico de un capacitor es:



Hasta ahora hemos hablado de capacitores fijos de aplicación general, pero a veces es necesario poder variar la capacidad y es por ello que existen los **CAPACITORES VARIABLES**. Ellos permiten variar el valor de la capacidad dentro de ciertos límites.

Están contruidos por dos conjuntos de placas metálicas entrelazadas, uno de los conjuntos es fijo llamado vulgarmente “**chapas fijas**” y el otro móvil, llamado “**chapas móviles**” solidario a un eje alrededor del cual pueden girar. Al girar el eje varía el área enfrentada de las chapas y por lo tanto varía la capacidad.

La mayoría de estos tipos de capacitores son de dieléctrico de aire.

El control de sintonía de un receptor de radio, es un capacitor de este tipo.

Otro tipo de capacitor ajustable son los llamados **TRIMMER**, pero se los utiliza en circuitos donde se los ha de ajustar una sola vez para poner a punto el circuito. Son de tamaño más reducido y el dieléctrico generalmente es mica o políester.

## Asociación de capacitores

Los capacitores pueden conectarse, al igual que las resistencias, en **SERIE** y en **PARALELO**. Cuando asociamos dos o más condensadores en paralelo, podemos encontrar el valor de la capacidad equivalente de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Al poner dos o más capacitores en paralelo lo que hacemos es incrementar el área “A” enfrentada y por ello la capacidad aumenta.

Cuando asociamos capacitores en serie la capacidad equivalente se encuentra de acuerdo con:

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Al poner dos o más capacitores en serie lo que hacemos es incrementar la distancia “d” entre placas y por lo tanto disminuye la capacidad.

La asociación de capacitores es exactamente a la inversa de la asociación de resistencias.

Si tenemos dos capacitores de igual valor conectados en serie, la capacidad equivalente será igual a la mitad del valor de uno de ellos. Si tenemos dos capacitores de igual valor conectados en paralelo, la capacidad equivalente será igual al doble de la capacidad de uno de ellos.

## Tensión de ruptura

Cuando se aplica tensión a las placas de un capacitor, se ejerce una fuerza considerable sobre los electrones y protones de los átomos del dieléctrico. Como se trata de un aislador, los electrones no se desprenden de los átomos como lo hacen en los materiales conductores. Sin embargo, si la tensión aplicada es demasiado grande la fuerza sobre los electrones también lo será y el dieléctrico será “roto”, se perforará y permitirá el paso de corriente. Ese valor de tensión se lo conoce como **TENSIÓN DE RUPTURA** y depende del tipo de dieléctrico y del espesor del mismo.

Es un dato que debe tenerse en cuenta y normalmente está indicado por el fabricante sobre el componente. Por ejemplo, si un condensador lleva impreso: 22  $\mu$ F - 35 Volt, indica que es un capacitor de 22  $\mu$ F y que soporta como máximo una tensión de 35 Volt. Superado este valor, se perforará el dieléctrico y el componente quedará inutilizado. Vulgarmente se dice que se “pincha”.

## Aplicaciones

Las aplicaciones de los capacitores son muchas y las iremos viendo a medida que avance el curso, pero ya estamos en condiciones de decir que los capacitores bloquean el paso de una corriente continua entre dos puntos de un circuito.



## TEMA: 4

### MAGNETISMO

#### Introducción

El estudio del magnetismo tiene especial importancia en la radiotécnica, puesto que el conocimiento de sus fenómenos nos permite entender las leyes del electromagnetismo.

Todos los equipos de radio tienen que trabajar bajo la influencia de los campos magnéticos. Sin ir más lejos las ondas de radio que se emiten en una antena, son ondas electromagnéticas. Los generadores de energía eléctrica que nos brindan la electricidad para nuestras casas y para la industria tienen su origen en el magnetismo.

Como sucede con la electricidad, no podemos ver el magnetismo, pero podemos estudiar los numerosos fenómenos magnéticos que se presentan en la vida diaria, medirlos y por lo tanto compararlos.

El fenómeno del magnetismo fue conocido por la humanidad en épocas muy remotas, en distintos lugares y en diferentes épocas. Hace muchos siglos el hombre descubrió que suspendiendo de un hilo un trozo de cierta clase de mineral de hierro, de manera que pudiera moverse libremente, éstos señalaban invariablemente la estrella polar (que daba la dirección del polo norte). Este dispositivo (**llamado brújula**) fue usado por los navegantes escandinavos y por los chinos en el año 218 de nuestra era.

Este mineral de hierro es **óxido de hierro** ( $\text{Fe}_3 \text{O}_4$ ) se lo llama **magnetita** y es el denominado "**IMÁN NATURAL**". El nombre de magnetita se debe a que las mejores muestras de óxido de hierro se encontraron originariamente en la ciudad de Magnesia en el Asia Menor.

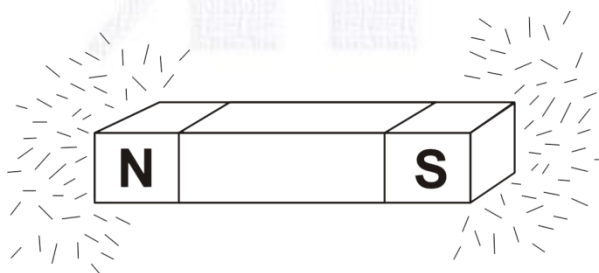
Se denominan imanes naturales porque se los encuentran en la tierra ya imantados. Veremos más adelante que es posible fabricar nuestros propios imanes.

Todos hemos visto la acción de un imán sobre un trozo de hierro. Un clavo, una aguja, cualquier trozo pequeño de hierro son atraídos por un imán cuando lo acercamos a ellos. Como dijimos anteriormente no podemos ver al magnetismo pero sí podemos estudiar los fenómenos que causan.

Tomaremos una barra de imán y le ataremos un hilo de manera que gire libremente. Acercaremos la barra a un recipiente con limaduras de hierro y observaremos que la mayoría de las limaduras han sido atraídas por los extremos de la barra imantada y muy pocas limaduras hay en el centro de la barra. Podemos decir con toda certeza que hay zonas en el imán que atraen a los elementos con mayor o menor facilidad. En la fotografía se puede apreciar este fenómeno.



Dichas zonas se las llama **POLOS** del imán y se les dio, arbitrariamente, **POLO NORTE** y **POLO SUR**. La fuerza de atracción del imán es mayor en los polos.



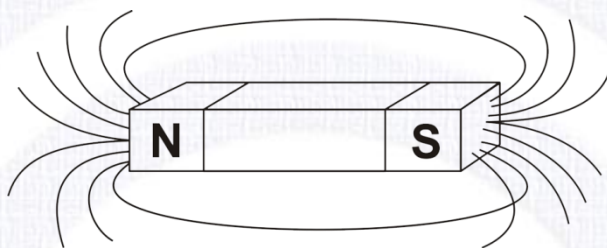
Es también conocido que los polos de igual nombre se repelen y polos de distinto nombre se atraen. Esto se puede comprobar fácilmente con dos barras imantadas enfrentadas.

## Campo magnético

Todo el espacio que rodea a la barra de imán se lo denomina **CAMPO** y cualquier elemento de hierro que esté en ese campo estará bajo la influencia del imán. Para especificar aún mejor las cosas se dice que está bajo la influencia de un **CAMPO MAGNÉTICO**.

Al campo magnético no lo vemos, pero para poder estudiarlo lo representamos con líneas que rodean al imán. Estas líneas imaginarias llamadas **LÍNEAS DE CAMPO** están más concentradas donde el campo magnético es más intenso, es decir en la cercanía de los polos y menos concentradas donde el campo es menos intenso.

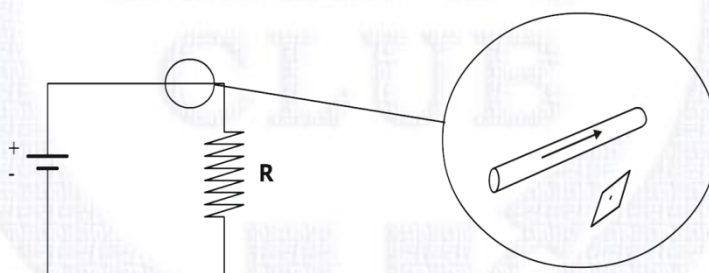
También se les da un sentido que es desde el polo norte al polo sur por afuera del imán y del polo sur al polo norte por dentro del imán, es decir que son líneas cerradas.



Si sobre una barra imantada colocamos un papel o cartulina delgada, y esparcimos limaduras de hierro sobre el papel, veremos lo que se denomina espectro o fantasma magnético. Es decir que las limaduras de hierro se agrupan de acuerdo a la intensidad del campo magnético. Lo que vemos no es el campo magnético sino una imagen de éste.

Ahora que ya se ha dado una introducción sobre el tema, avanzaremos un poco más.

Consideremos un circuito eléctrico, como se indica en la figura:

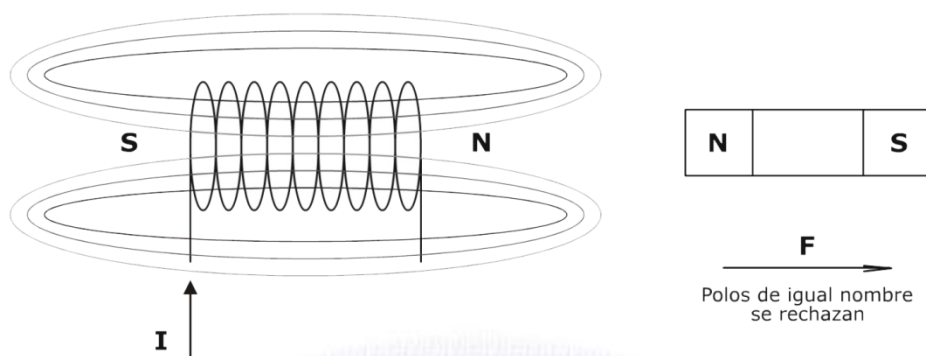


Si a este circuito le acercamos una aguja imantada (o una brújula), veremos que cuando circula corriente la aguja se desvía de su posición, es decir que ocurre un fenómeno de magnetismo.

Este experimento fue realizado por el físico **Danés Hans Oersted en 1819** y demostró que cada vez que circula corriente por un conductor, se genera alrededor de mismo un campo magnético. Si pudiéramos colocar alrededor del conductor un papel o cartulina y esparciéramos limaduras de hierro, veríamos que las limaduras se acomodan en anillos concéntricos alrededor del conductor.

Ésta es la distribución que tiene el campo magnético que se forma alrededor de un conductor cuando circula por él una corriente eléctrica.

Ahora bien, si en lugar de tener un conductor rectilíneo, hiciéramos un arrollamiento con el alambre y le hiciéramos circular una corriente, veríamos que el efecto sobre la aguja imantada se acentúa y si colocáramos un papel y esparciéramos limaduras de hierro, el espectro del campo magnético formado alrededor del arrollamiento sería igual al formado por una barra de imán.



Si hiciéramos circular corriente por el arrollamiento en el sentido indicado y acercáramos un imán a un extremo como indica la figura, veríamos que el imán es repelido con una fuerza  $F$ .

Lo que me indicaría que el polo formado en el extremo del arrollamiento es norte, pues polos de igual nombre se repelen y de distinto nombre se atraen. Si cambiamos el sentido de circulación de la corriente en el arrollamiento el imán será atraído lo que significa que el polo formado en el extremo del arrollamiento ahora es sur.

El físico Ampere llamó al alambre arrollado SOLENOIDE, también se lo conoce con el nombre de bobina.

## Inducción

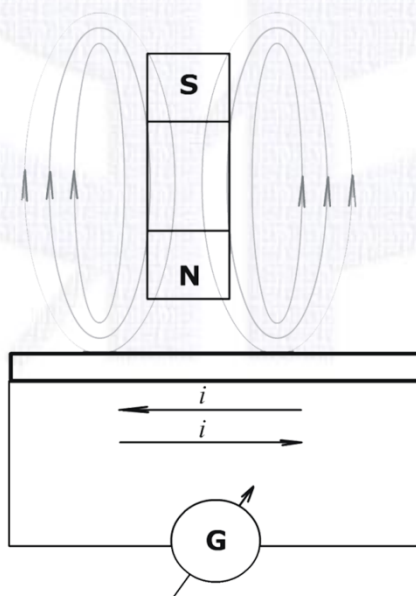
En 1831 el físico inglés Miguel Faraday pensó que el efecto inverso al descubrimiento de Oersted era posible por lo que realizó el siguiente experimento: Colocó un conductor dentro de un campo magnético y de alguna manera hizo variar el campo magnético.

Tomó un imán y lo acercó a un conductor, que tenía conectado en sus extremos un instrumento que detecta el pasaje de corrientes muy pequeñas (**galvanómetro**). Observó que si el imán está quieto, no ocurría nada, pero si movía el imán en dirección perpendicular al conductor, de manera que el conductor cortara a las líneas de campo, el instrumento acusaba pasaje de corriente.

Si lo movía en forma paralela al conductor, tampoco ocurría nada. La explicación de este fenómeno es que los electrones del conductor son desviados por el efecto del campo magnético cuando el imán se acerca al conductor, ese movimiento de electrones no es otra cosa que una corriente eléctrica que es detectada por el instrumento.

Cuando alejo el imán los electrones vuelven a su posición original causando una corriente eléctrica pero en sentido contrario. Podemos notar que se ha conseguido una corriente eléctrica en el conductor sin la intervención de pilas, generadores, etc. Esta corriente se la llama **CORRIENTE INDUCIDA** y a la fuerza eléctrica que da origen a esa corriente se la llama **FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA (F.E.M. inducida)**.

Este importantísimo descubrimiento dio origen a los generadores de corriente, dínamos, alternadores, etc., pues su funcionamiento está basado en el principio que acabamos de explicar.





Si en lugar de usar un conductor rectilíneo usáramos un solenoide observaríamos que la F.E.M. inducida es mayor. Además mientras más vueltas tenga el solenoide o si movemos el imán cada vez más rápido (aumento el número de vaivenes por segundos), o si ponemos un imán más grande (mayor intensidad de campo magnético), más grande será la F.E.M. inducida. Esto lo puedo expresar matemáticamente como:

$$\text{F.E.M. inducida} = N^{\circ} \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

### Ley de lenz

Hasta ahora sabemos que si hacemos circular corriente por un conductor se genera alrededor de él un campo magnético, si la corriente es constante (corriente continua) el campo magnético también lo será, pero si la corriente es variable, es decir que aumenta y disminuye en el tiempo, el campo magnético variará de la misma forma. También sabemos que si movemos un conductor dentro de un campo magnético se induce una corriente en dicho conductor.

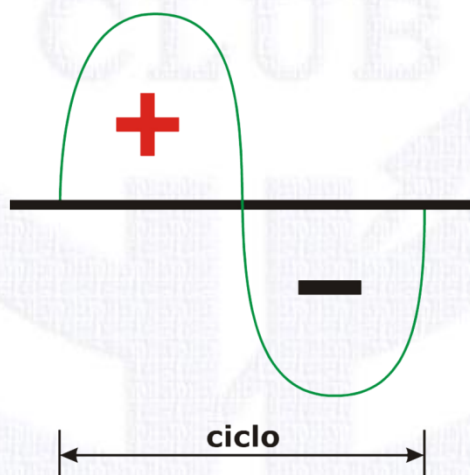
El físico alemán **H.F. LENZ** experimentalmente observó que cuando introducimos un imán dentro del solenoide, se genera una corriente inducida. Pero esa corriente inducida al circular por el solenoide crea un campo magnético y la polaridad de ese campo magnético es tal que se opone a que el imán siga introduciéndose dentro de la bobina. Si ahora trato de sacar el imán, cambia el sentido de circulación de la corriente inducida y esa corriente crea un campo magnético cuya polaridad es tal que se opone a que retiremos el imán.

Esto es lo que expresa la ley de Lenz:

***El sentido de una F.E.M. inducida es tal que se opone a la causa que la produce.***

### Autoinducción

Estudiaremos ahora lo que ocurre cuando el solenoide es atravesado por una corriente que varía su amplitud en el tiempo. Dicha corriente se dice que es alterna ya que toma valores positivos y negativos en forma alternada. Podemos apreciar en la figura que la corriente toma el valor cero, crece hasta llegar a un máximo positivo, luego disminuye hasta llegar a cero nuevamente, continúa disminuyendo hasta llegar a un máximo negativo y luego crece hasta hacerse cero nuevamente. Este ciclo se cumple indefinidamente y por ello se dice que es corriente **ALTERNADA**.



Si se hace pasar una corriente alterna por una bobina de alambre, se forma un campo magnético alrededor de la bobina. Conforme aumenta la corriente (semiciclo positivo) se expande el campo magnético que cruza transversalmente los conductores de la misma bobina, induciendo en ellos una segunda corriente. Esa corriente tiene una dirección tal que se opone a la corriente original (**de acuerdo a la ley de LENZ**). En otras palabras la dirección de la corriente inducida es tal que tenderá a reducir la corriente original y de tal modo tenderá a oponerse a la expansión del campo magnético.

Cuando la corriente original comienza a disminuir el campo magnético que rodea a la bobina comienza a retraerse, igual que el caso anterior, cruza transversalmente las espiras de la bobina y otra vez se induce una segunda corriente en la bobina. La dirección de esta corriente inducida es tal que se opone a la corriente original que está disminuyendo. La corriente inducida tenderá a mantener una circulación de corriente en la bobina durante cierto tiempo, después que la corriente original haya cesado. La corriente inducida, por lo tanto tiende a oponerse a la desaparición del campo magnético.

Lo mismo ocurre en el semiciclo negativo.



## Inductancia

La propiedad de un circuito de oponerse a todo cambio de la circulación de corriente que pasa por él, se llama **INDUCTANCIA**, debido a que esta oposición está motivada por tensiones inducidas en el propio circuito por el campo magnético variable, cualquier causa que afecte la cantidad de flujo magnético afectará también a la inductancia. La unidad empleada para medir la inductancia de un circuito se llama **HENRY (Hy)** en honor al físico norteamericano **JOSEPH HENRY**. Se puede definir al Henry como la inductancia que existe en un circuito cuando una variación de corriente de un Ampere por segundo produce una F.E.M. inducida de un Voltio. El símbolo con que se representa la inductancia es **L**. También se dice que es la propiedad de un circuito eléctrico en el cual los cambios en el flujo de corriente producen cambios en el campo magnético. Es considerada como una inercia eléctrica. En radio resulta conveniente emplear el miliHenry (mHy) que es  $10^{-3}$  Hy o el microHenry (μHy) que es  $10^{-6}$  Hy

## Inductores en serie y en paralelo

Los inductores, como las resistencias se pueden conectar en serie, en paralelo o en circuitos combinados **serie-paralelo**. La inductancia total de varios inductores conectados en serie (siempre que el campo magnético de un inductor no pueda actuar sobre las espiras del otro), es igual a la suma de las inductancias de cada inductor. La fórmula es:

$$L_{\text{total}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots \text{etc}$$

Si dos o más inductores se conectan en paralelo (siempre que no haya acoplamiento entre sus campos magnéticos) su inductancia total puede hallarse aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{L_{\text{total}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \text{etc}$$

Obsérvese que esta relación es similar a la que existe entre resistencias en paralelo.

Sobre estos temas hay sólo una pregunta en el banco (**pregunta N°5**) pero como dije al principio es necesario que el aspirante comprenda muy bien los fenómenos del magnetismo, electromagnetismo y todo lo relacionado con ellos.

## TEMA: 5

### GENERADORES DE CORRIENTE

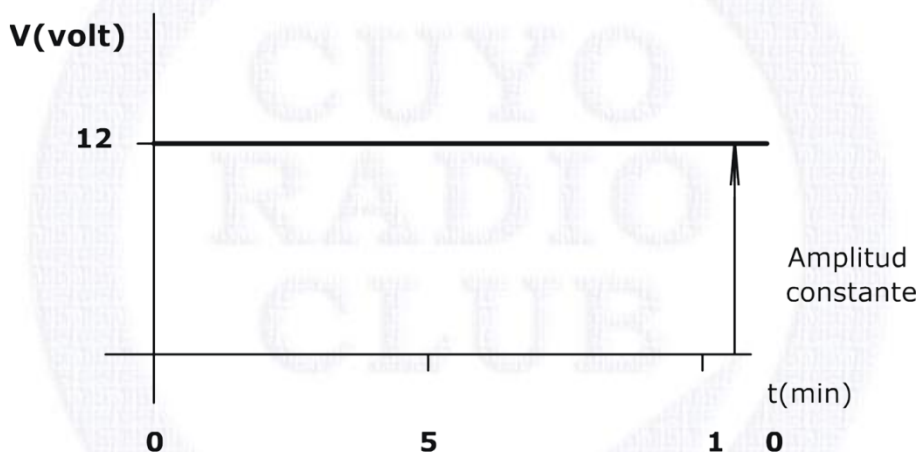
#### Introducción

Todos los circuitos eléctricos o electrónicos necesitan una fuente de energía eléctrica para su funcionamiento. Estos dispositivos reciben el nombre de **GENERADOR DE Tensión, FUENTE DE ALIMENTACIÓN** o simplemente **FUENTE**. De acuerdo como entregan energía eléctrica a través del tiempo, clasificaremos a los generadores en: generadores de tensión de corriente continua y de corriente alterna.

#### Generadores de tensión de corriente continua

Las pilas que adquirimos en el comercio, la batería del automóvil, los paneles solares de los satélites, el pack de baterías del handie son generadores de corriente continua.

Esto significa que si la batería es de, por ejemplo de 12 volts, nos entregará ese valor de tensión en forma constante (en realidad se descarga lentamente). Si representamos lo dicho anteriormente en un gráfico, vemos que el valor de tensión se mantiene constante en el tiempo es decir que a los 5 minutos tenemos 12 v. y a los 10 minutos también y así sucesivamente. Decimos que la **AMPLITUD** de la tensión se mantiene constante. La tensión o la corriente que se comporta de ésta manera se llama **CONTINUA**, pues su amplitud continuamente tiene el mismo valor.



Los dispositivos que trabajan con tensiones de corriente continua vienen indicados por el fabricante con las letras **DCV** o **DC** que significan **Direct Current Volt (Volt de Corriente Continua)** y **Direct Current (Corriente Continua)** respectivamente.

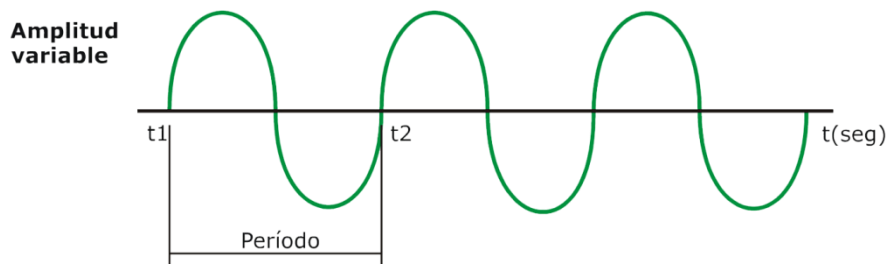
Una de las características más importantes de estos generadores es que poseen polaridad es decir que un borne tiene polaridad positiva y viene indicado con **“+”** y otro borne tiene polaridad negativa y viene indicado con **“-”**. **Nunca debe invertirse la polaridad en los dispositivos que trabajan con DCV pues se corre el riesgo de causarle severos daños.**

Otra característica de los generadores de corriente continua es la capacidad para entregar corriente, este valor viene indicado en la batería y es un dato de fábrica. Si el generador dice 12 volt - 1 Amper significa que podrá entregar como máximo 1 Amper de corriente. Si le conectamos una carga que le obligue a entregar más de 1 Amper, la tensión caerá y se dice que la fuente se **“aplasta”**.

#### Generadores de tensión de corriente alterna

El toma corriente que tenemos en nuestro domicilio es un generador de corriente puesto que de él podemos tomar energía eléctrica para alimentar los electrodomésticos (heladera, T.V. radio, horno de microondas, etc.). El valor de la tensión de ese generador es de **220 volt** pero difiere de un generador de corriente continua en que su amplitud no es constante en el tiempo, sino que varía y va tomando alternadamente valores positivos y negativos. Este tipo de tensión (o corriente) recibe el nombre de **ALTERNA**.

En particular, si la variación de la amplitud sigue las variaciones de la función trigonométrica seno, se dice que es alterna senoidal. La representación gráfica es:



Como se ve el valor instantáneo cambia permanentemente pasando por cero ( $t_1$ ) y creciendo hasta un valor máximo positivo para luego comenzar a disminuir y hacerse nuevamente cero. Ahora su polaridad ha cambiado y vemos que aumenta pero en sentido negativo hasta llegar a un máximo (negativo) luego comienza a disminuir hasta hacerse cero ( $t_2$ ) y así sucesivamente. A diferencia de una tensión de corriente continua en la que solo es necesario conocer el valor de tensión que entrega (que es constante en el tiempo) y su polaridad, en una tensión de corriente alterna senoidal será necesario conocer más detalles como ser: El tiempo que tarda en pasar de  $t_1$  a  $t_2$ . La cantidad de veces que la onda se repite por segundo, etc.

Así podemos definir:

**CICLO:** Es el intervalo en el cual la onda no se repite. En el gráfico tenemos un ciclo entre los tiempos  $t_1$  y  $t_2$

**PERÍODO:** Se define como el tiempo que tarda la onda en completar un ciclo, generalmente se representa con la letra  $T$  o  $P$  y su unidad de medida es el segundo. En la figura el tiempo transcurrido entre los puntos  $t_1$  y  $t_2$  resulta ser el período de la onda dibujada.

**FRECUENCIA:** Se define como la cantidad de ciclos que tiene una onda alterna durante el intervalo de tiempo de 1 segundo. Dicho de otra manera es la cantidad de ciclos que hay por segundos. Matemáticamente la frecuencia resulta ser la inversa del período  $T$  de una onda, se la representa generalmente con la letra  $f$  y su unidad de medida es el ciclo sobre segundos o **HERTZ**, en honor al físico **HEINRICH HERTZ** y se abrevia **Hz**.

A veces es necesario usar múltiplos de esta unidad como ser:

$$\begin{aligned}\text{KILOHERTZ (KHz)} &= 10^3 \text{ Hz} \\ \text{MEGAHERTZ (MHz)} &= 10^6 \text{ Hz} \\ \text{GIGAHERTZ (GHz)} &= 10^9 \text{ Hz}\end{aligned}$$

Matemáticamente la frecuencia es:

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}]$$

Así, la onda senoidal suministrada por la empresa eléctrica local es de 50 ciclos por segundos o dicho de otra forma es de 50 Hz. Lo que quiere decir esto es que en un tiempo de un segundo hay 50 ciclos. En Europa la frecuencia industrial también es de 50 Hz, pero en Estados Unidos y Canadá es de 60 Hz. En base a la frecuencia las ondas se clasifican mediante un convenio internacional de frecuencias en función del empleo a que están destinadas:

- a) **SONORAS:** Ondas comprendidas entre 20 Hz y 15 KHz.
- b) **ULTRASONIDOS:** Ondas comprendidas entre 15 KHz y 30 KHz.
- c) **ELECTROMAGNÉTICAS:** Ondas con frecuencias superiores a 30 KHz

Las ondas electromagnéticas se las denominan también de Radiofrecuencia (R.F.) porque son utilizadas en radio comunicaciones y dentro de esta clasificación se las subdivide en bandas de frecuencias de la siguiente manera:

FRECUENCIAS	CLASIFICACIÓN	DESIGNACIÓN		USO
30 a 300 KHz	Baja Frecuencia	BF	(LF)	Radio-Navegación
300 a 3000 KHz	Media Frecuencia	MF	(MF)	Radio - O. Media
3 a 30 MHz	Frecuencia	AF	(HF)	Radio - O. Corta
30 a 300 MHz	Muy Alta Frecuencia	MAF	(VHF)	T.V. - F. Modulada
300 a 3000 MHz	Ultra Alta Frecuencia	UAF	(UHF)	T.V. - Radar - Radio
3 a 30 GHz	Súper Alta Frecuencia	SAF	(SHF)	Radar- Enlace Radio
30 a 300 GHz	Extremadamente Alta Frec.	EAF	(EHF)	Radar - Enlace Radio

Si la frecuencia de la red domiciliar es de 50 Hz, podemos calcular el período de la siguiente manera:

Es decir que el tiempo que tarda en cumplirse un ciclo es de 20 milisegundos.

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}] \quad ; \quad f = \frac{1}{T} [\text{seg}]$$

$$T = \frac{1}{50} = [0,02 \text{ seg.}]$$

Continuando con las definiciones, debemos también agregar las siguientes:

**VALOR PICO:** Es el valor máximo que alcanza con respecto al nivel de cero volt (positivo o negativo). También se lo llama valor máximo o de cresta y se lo suele representar con las letras vp.

**VALOR PICO A PICO:** Resulta ser el máximo positivo más el máximo negativo que puede alcanzar. Para una onda senoidal simétrica como la estudiada es dos veces el valor pico. Se representa con las letras

$$V_{pp} = 2 \times V_p$$

**VALOR EFICAZ:** Resulta un tanto dificultoso determinar la cantidad de energía eléctrica que suministra un generador de corriente alterna senoidal. Esto se debe a que su magnitud varía permanentemente y debido a que la onda es simétrica, su valor promedio resulta ser cero.

Si la empresa de energía eléctrica nos cobrase en base al valor promedio, las facturas de “luz”, serían gratuitas.

Tampoco nos puede cobrar en base al valor pico debido a que no es cierto que en todo momento nos esté suministrando ese valor. Se llega entonces a un valor de compromiso que, desde el punto de vista de la potencia eléctrica suministrada, es equivalente a un generador de tensión de corriente continua imaginario que desarrolla dicha potencia.

Ese valor de tensión recibe el nombre de **VALOR EFICAZ** y lo podemos definir de la siguiente manera: *El valor eficaz de una onda senoidal de corriente alterna es el valor que debería tener un generador de corriente continua para generar igual cantidad de calor sobre una resistencia de carga, que la tensión de corriente alterna considerada.*

Se puede demostrar matemáticamente que el valor eficaz de una onda senoidal queda determinado como el valor pico dividido la raíz cuadrada de 2, y se lo representa con las letras:  $v_{ef}$

$$v_{ef} = \frac{v_p}{\sqrt{2}} = \frac{v_p}{1,4142} = 0,707v_p$$



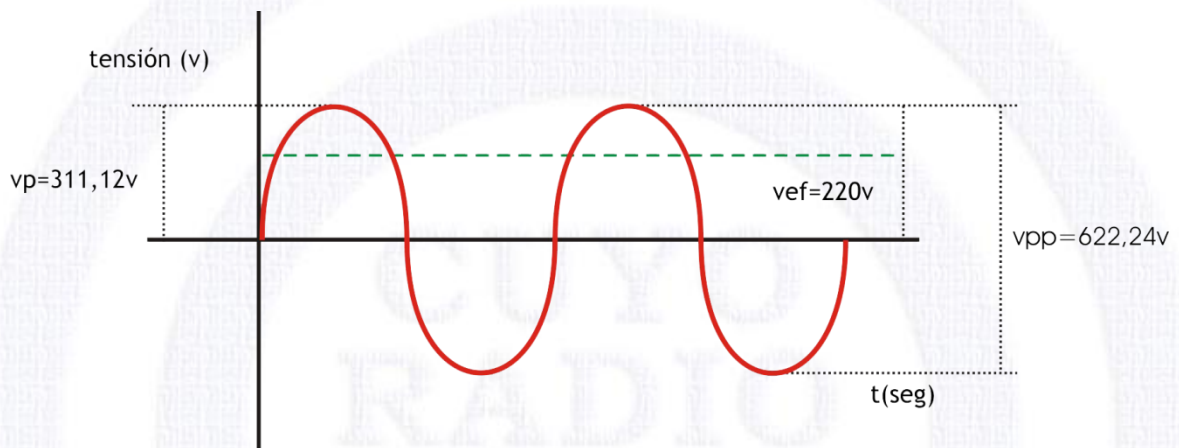
El valor eficaz es el parámetro más importante para determinar la magnitud de una tensión de corriente alterna senoidal. Tal es así que cuando en un artefacto eléctrico leemos el valor de la tensión de trabajo recomendada (220v, 110v, etc.) se está haciendo referencia al valor eficaz de dicha tensión, aunque no se lo mencione expresamente.

Si el valor eficaz de la tensión domiciliar es 220v, podemos hallar el valor pico despejando de la fórmula por lo que tendremos:

$$v_p = \sqrt{2} \cdot v_{ef} = 1,4142 \times 220v = 311,12v$$

Y el valor pico a pico de la tensión domiciliar será:

$$v_{pp} = 2 \times v_p = 2 \times 311,12v = 622,24v$$



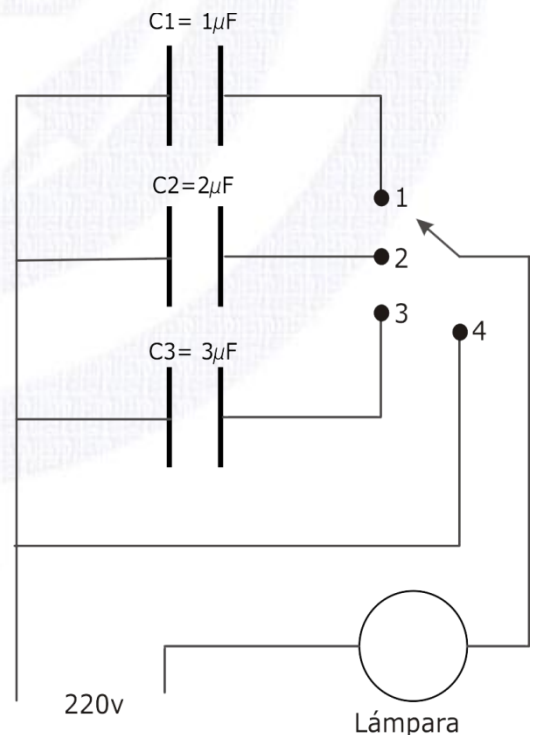
## Reactancia capacitiva

Veremos ahora cómo se comporta un capacitor y una bobina cuando lo alimentamos con tensión alterna. Comenzaremos con el capacitor y para entender lo que ocurre partiremos de un experimento sencillo: Supongamos que tenemos tres capacitores cuyos valores son: 1  $\mu$ F, 2  $\mu$ F y 4  $\mu$ F respectivamente, conectados en paralelo entre sí y alimentados por una tensión alterna de 220v.

Además tenemos una llave selectora que permite ir conectando de a un capacitor a la vez y una lámpara incandescente.

Si ponemos la llave en la posición 1 notaremos que la lámpara se enciende, tomando su filamento un color rojizo. **¿Cómo puede ser esto posible si el circuito está interrumpido por el dieléctrico del capacitor?** Lo que ha sucedido es que por tratarse de corriente alterna, el capacitor comienza a cargarse hasta un valor máximo que corresponde al valor máximo que alcanza el voltaje de la fuente, a partir de ese punto el valor del voltaje decrece hasta llegar a cero. Como el condensador se halla cargado cuando el voltaje tiende a disminuir, resulta que la diferencia de potencial que adquirió el condensador es mayor que el voltaje aplicado, puesto que éste, después de llegar a un valor máximo, disminuye hasta cero.

Resultando que si el potencial del condensador es mayor que el del circuito, entonces el condensador se descargará dando origen a una corriente en sentido contrario al de la carga y que atravesará el filamento de la lámpara. Así llegamos a un momento en que el voltaje de la fuente eléctrica es cero y a partir de ese punto, se invierte la polaridad produciéndose una corriente que cargará al condensador en el sentido contrario al anterior, hasta un valor máximo cuando el voltaje aplicado alcance al valor máximo negativo a partir del cual irá disminuyendo hasta llegar al valor cero. En este momento el condensador que se había cargado, se descargará en el circuito dando origen a una corriente en sentido contrario al de la carga. Esta carga y descarga se repite 50 veces por segundo por lo que la rapidez con que la corriente atraviesa el filamento en ambos sentidos lo mantiene encendido. Si la llave la colocamos en la posición 2, conectaremos ahora el C2 de 2 $\mu$ F (el doble



del anterior). Veremos que el filamento se enciende más que con el capacitor de  $1\mu\text{F}$ . La explicación de este fenómeno es que por ser C2 de mayor capacidad que C1, la carga que admite será mayor y entregará mayor corriente durante la descarga. Si ahora colocamos la llave en la posición 3, la lámpara se encenderá aún más, debido a que el capacitor es de  $4\mu\text{F}$ . En la posición 4 no hay capacitor y por lo tanto la lámpara enciende normalmente. Se puede demostrar matemáticamente que en un circuito capacitivo puro la intensidad de corriente adelanta  $90^\circ$  con respecto a la tensión que la produce. Vemos que el capacitor en corriente alterna se comporta como una “resistencia”. El término correcto es **REACTANCIA**, que por tratarse de un capacitor se llama **REACTANCIA CAPACITIVA**. La reactancia se mide en Ohm ( $\Omega$ ) si la capacidad está expresada en Faradios y la frecuencia en Hz y se la representa con la letra  $X_C$ .

Matemáticamente la reactancia capacitiva está dada por:

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C} \quad [\Omega]$$

Es decir que **la reactancia es inversamente proporcional a la frecuencia y a la capacidad**. A mayor capacidad, menor reactancia. Si la frecuencia es cero (el caso de corriente continua) la reactancia capacitiva es un valor infinitamente grande, que equivale a decir que el circuito está abierto y no circula corriente, y es lo que ocurre cuando colocamos un capacitor en corriente continua.

## Reactancia inductiva

Recordemos cuando estudiamos inductancia lo que ocurría cuando una corriente variable atravesaba la bobina. Si se hace pasar una corriente alternada por una bobina de alambre, se forma un campo magnético alrededor de la bobina. Conforme aumenta la corriente (semiciclo positivo) se expande el campo magnético que cruza transversalmente los conductores de la misma bobina, se induce una F.E.M. que da origen a una segunda corriente. Esa corriente tiene una dirección tal que se opone a la causa que la produce (ley de Lenz).

En otras palabras, la dirección de la corriente inducida es tal que tenderá a reducir la corriente original y tenderá a oponerse a la expansión del campo magnético. Cuando la corriente original comienza a disminuir, el campo magnético que rodea la bobina comienza a retraerse, igual que en el caso anterior, cruza transversalmente las espiras de la bobina y otra vez se induce una segunda corriente cuya dirección es tal que tenderá a mantener la circulación de la corriente original durante un cierto tiempo, después que la corriente original haya cesado. Lo mismo ocurre para el semiciclo negativo. Vemos que hay una oposición a que la corriente aumente o disminuya según sea el caso. La bobina tiene la propiedad de retardar el cambio de la corriente que circula por ella, es decir retarda la variación de intensidad. A esa propiedad se la llama **INDUCTANCIA**.

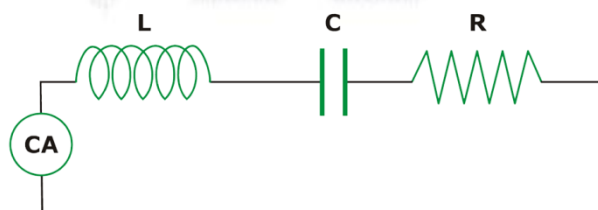
Se puede demostrar que en un circuito inductivo puro la F.E.M. inducida está retrasada  $90^\circ$  respecto a la intensidad de corriente que la produce. Esa oposición a la variación de la corriente recibe el nombre de **REACTANCIA**, y por tratarse de un fenómeno que ocurre en la inductancia, recibe el nombre de **REACTANCIA INDUCTIVA**. Se mide en Ohm ( $\Omega$ ) si la inductancia está en Henry y la frecuencia en Hz, se la representa con las letras  $X_L$  y matemáticamente la reactancia inductiva está dada por:

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L \quad [\Omega]$$

Es decir que es directamente proporcional a la frecuencia y a la inductancia. Si la frecuencia es cero (es el caso de la corriente continua), la reactancia inductiva es cero, es decir no hay ninguna oposición al paso de la corriente. Es un corto circuito.

## Impedancia

Supongamos que tenemos un circuito formado por una bobina, un capacitor y una resistencia conectados en serie y alimentados con una tensión alterna senoidal como indica la figura.



Como el circuito está alimentado con corriente alterna, la bobina tiene una reactancia  $X_L$  ( $\Omega$ ), y el capacitor tiene una reactancia  $X_C$  ( $\Omega$ ), además de la resistencia  $R$  ( $\Omega$ ) que hay en el circuito. Se puede demostrar matemáticamente

que el circuito presenta una “**resistencia total**” a la circulación de la corriente eléctrica y su nombre correcto es de **IMPEDANCIA**, puesto a que “*impide*” el paso de la corriente eléctrica. Se mide en **Ohm** y se la representa con la letra **Z**.

En el caso de los tres elementos en serie la impedancia está dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2 - X_C^2} \quad [\Omega]$$

