


## ÍNDICE M3

### Capítulo 6 – Resistencia y resistores

<b>6.0. GENERALIDADES.....</b>	<b>3.6.2</b>
<b>6.1. RESISTENCIAS Y PARAMETROS QUE LAS DEFINEN.....</b>	<b>3.6.2</b>
6.1.1. Resistencias aglomeradas o de carbón. ....	3.6.3
6.1.2. Resistencias de película metálica. ....	3.6.3
6.1.3. Resistencias bobinadas.....	3.6.3
6.1.4. Resistencias especiales.....	3.6.4
6.1.5. Resistencias variables.....	3.6.7
<b>6.2. RESISTENCIA Y FACTORES QUE LE AFECTAN. RESISTENCIA ESPECIFICA.....</b>	<b>3.6.8</b>
<b>6.3. CODIGOS DE COLORES DE RESISTENCIAS, VALORES Y TOLERANCIAS, VALORES NOMINALES.....</b>	<b>3.6.9</b>
6.3.1 Código de colores para una resistencia de 3 o 4 bandas.....	3.6.9
6.3.2. Código de colores para una resistencia de 5 bandas.....	3.6.10
<b>6.4. DETERMINACION DEL ESTADO DE UNA RESISTENCIA EN UN CIRCUITO. ....</b>	<b>3.6.11</b>
<b>6.5. EL OHMETRO.....</b>	<b>3.6.11</b>

	<b>MASTER DE FORMACIÓN</b> <b>B1.1 y B1.3</b> <b>MÓDULO 3</b> <b>FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD.</b>	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	--	--

## CAPÍTULO 6

### RESISTENCIAS Y RESISTORES

#### 6.0. GENERALIDADES.

En electrónica se usan diversos componentes en función de sus características y de la aplicación a que van destinados. La industria electrónica se encuentra en constante renovación dando lugar a la aparición de nuevos componentes y a la mejora de los ya existentes. Atendiendo a su influencia en las corrientes eléctricas que circulan por los circuitos, se pueden clasificar en activos y pasivos.

Los componentes activos proporcionan excitación eléctrica, ganancia y control en los circuitos eléctricos y electrónicos. Son los generadores y los semiconductores (diodos, transistores, etc)- Tienen un comportamiento no lineal, o sea no es lineal la relación entre la tensión aplicada y la intensidad de corriente demandada.

Los componentes pasivos son los encargados de efectuar la conexión entre los componentes activos asegurando la transmisión de las señales eléctricas o modificando su nivel. Son los condensadores, bobinas y resistencias.

#### 6.1. RESISTENCIAS Y PARAMETROS QUE LAS DEFINEN.

Una resistencia es un elemento del circuito diseñado para oponerse al paso de la corriente produciéndose en ella una caída de tensión y limitando la intensidad de corriente. Por aplicación directa de la Ley de Ohm se puede determinar o la caída de tensión o la intensidad que circulará.

Las resistencias se clasifican, según su función, en fijas y variables, según su proceso de fabricación, en aglomeradas o de carbón, de película metálica, bobinadas y especiales. Una resistencia viene determinada por los parámetros siguientes:

Valor y tolerancia. Se conocen generalmente por el código de colores que define el valor nominal de la resistencia, o valor asignado por el fabricante, y la tolerancia o  $\pm \%$  sobre el valor nominal en que puede fluctuar el valor real de la resistencia. Se sabe que las resistencias se miden en **ohmios**, representados por la letra griega omega ( $\Omega$ ) y que sus múltiplos son el **Kilohmio (  $k\Omega$  )** y el **Megohmio (  $M\Omega$  )** y su submúltiplo es el miliohmio ( **$m\Omega$** ).

Potencia de disipación. Es el producto entre la intensidad que circula por la resistencia y la caída de tensión en la resistencia para el circuito en que está instalada. Este valor no debe superar al establecido por el fabricante ya que se quemaría la resistencia.

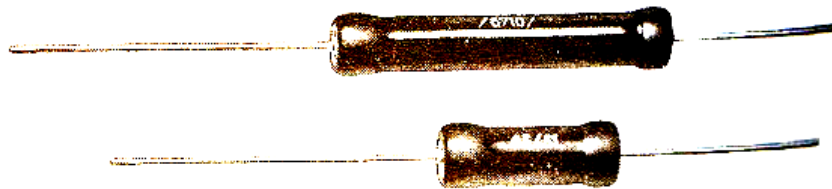
Voltaje máximo de trabajo que no se debe sobrepasar por riesgo de cortocircuito entre sus espiras, sobre todo en las bobinadas, o por riesgo de sobrecalentamiento.

### 6.1.1. Resistencias aglomeradas o de carbón.

Están formadas por una mezcla de carbón o grafito con resina en la proporción adecuada, que se somete a un proceso de cocción hasta darle forma y dureza pertinentes. Posteriormente, se les adicionan los casquillos y los terminales de conexión de cobre o cobre estañado para facilitar su soldadura a los circuitos. Finalmente, se les barniza y se pintan sobre ellas el código de colores para su identificación. Tienen el inconveniente de su elevada inestabilidad térmica y su fragilidad. Su forma es similar a las de película metálica como las mostradas en la figura siguiente. Pueden alcanzar cualquier valor en valores enteros de ohmios, kilohmios o megohmios, con unas tolerancias del 5%, 10% ó 20 % y se usan en circuitos en los que no se exige gran precisión. Su potencia de disipación oscila de  $\frac{1}{4}$  a 2 W.

### 6.1.2. Resistencias de película metálica.

Se fabrican depositando una capa de película metálica sobre un cilindro cerámico, obteniéndose el valor de la resistencia mediante el “espiralado” de la película metálica. Los terminales son de cobre estañado soldados eléctricamente a una cápsula de latón. Finalmente, se protegen con un revestimiento de barniz de silicona, de gran rigidez dieléctrica, resistente a la humedad y que soporta temperaturas superficiales del orden de los 300°C. Son de mayor precisión que las aglomeradas, con valores de tolerancia inferiores al 1 % y pequeños valores de disipación de potencia, por lo que se usan en circuitos de precisión en los que se requiere valores de resistencia de hasta décimas de ohmio. Ver figura 3.6.1 siguiente.

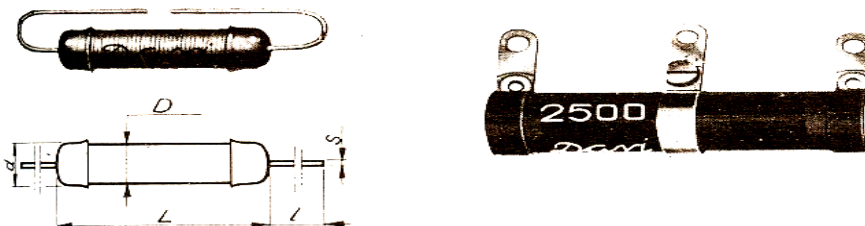


*Fig. 3.6.1. Resistencias de película metálica*

### 6.1.3. Resistencias bobinadas.

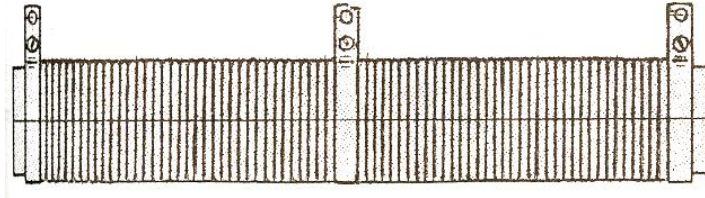
Se fabrican bobinando un hilo especial resistente sobre un tubo cerámico aislante. Los extremos del hilo se unen a los terminales y a todo ello se le da el recubrimiento adecuado. Son de bajo valor óhmico y alto vataje.

En las resistencias bobinadas esmaltadas, el hilo es de níquel-cromo o de cobre-níquel, que se enrolla sobre el soporte y se recubre de una capa de esmalte. Son aptas para soportar fuertes sobrecargas de corta duración. Alcanzan los centenares de ohmios y hasta los 400 vatios.



*Fig. 3.6.2. Resistencias Bobinadas esmaltadas*

En las bobinadas al aire se usa un hilo de constatan sin recubrimiento, pudiendo ir sobre surcos practicados en el tubo aislante. Se fabrican para grandes potencias y pueden llevar una toma intermedia ajustable. A veces, el hilo se somete a un proceso de oxidación que actúa como aislante del hilo lo que permite bobinar el hilo sin separación, quedando toda la superficie recubierta con hilo y aumentando su radiación de calor.



*Fig. 3.6.3. Resistencia bobinada vitrificada*

Las bobinas vitrificadas van recubiertas de un esmalte vitrificado que disipa con mayor facilidad el calor y cuyo coeficiente de dilatación es el mismo que el del tubo cerámico. Pueden tener tomas intermedias o los terminales a un solo lado para montaje vertical.

#### 6.1.4. Resistencias especiales.

Se conocen como resistencias especiales las siguientes:

a) La LDR es una resistencia fabricada con un material fotoconductor, de modo que apenas tiene electrones libres cuando se encuentra en la oscuridad, pero cuando recibe luz sus electrones alcanzan energía suficiente para liberarse de los átomos haciendo que se convierta en un elemento conductor. O sea, en ausencia de luz presenta una gran resistencia al paso de la corriente y, en presencia de luz, disminuye el valor de la resistencia.

La LDR esta fabricada en láminas de sulfuro de cadmio o sulfuro de plomo encapsuladas en un material resinoso o de vidrio.

Las resistencias sensibles a la luz responden a la fórmula y al gráfico luz – resistencia, expresados en la figura 3.6.4, donde se observa que la resistencia disminuye en presencia de la luz.

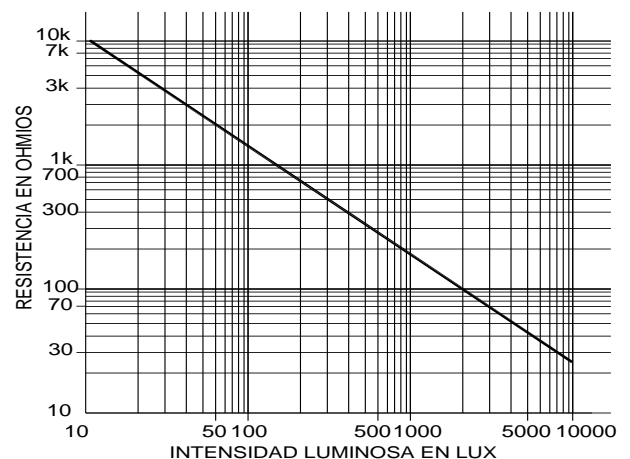
$$R = \alpha E^{-\beta}$$

R = Resistencia eléctrica (  $\Omega$  )

$\alpha$  = Constante de valor determinado por la frecuencia de la luz y por la forma de la resistencia.

$\beta$  = Constante definida por el material con que se ha fabricado la resistencia. Varía entre 0,7 y 0,9.

E = Intensidad luminosa ( lux ).



*Fig. 3.6.4. Gráfico variación resistencia – intensidad luminosa*

La LDR se emplea en detectores de incendios, y todas aquellas utilidades en las que se puede usar como factor determinante la presencia o ausencia de luz, como apertura o cierre de puertas, controles de iluminación, alarmas, entre otros.

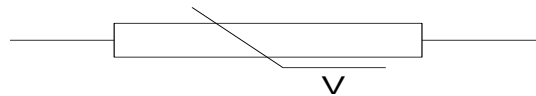
La representación esquemática de una LDR es la siguiente:



b) La VDR es una resistencia cuyo valor óhmico es una función del voltaje aplicado entre extremos de la resistencia, de modo que la resistencia disminuye cuando aumenta el voltaje aplicado.

La VDR está fabricada con materiales cerámicos, como óxido de titanio o como óxido de zinc y presentan generalmente el aspecto de un disco con las patillas soldadas en el centro del círculo.

En la figura 3.6.5 se muestra la fórmula y el gráfico de respuesta de un varistor o resistencia variable con el voltaje. Esquemáticamente, una VDR se representa de la siguiente forma:



$$R = C \times I^\beta$$

R = Resistencia eléctrica (  $\Omega$  )

I = Intensidad de corriente ( A )

C y  $\beta$  = Constantes

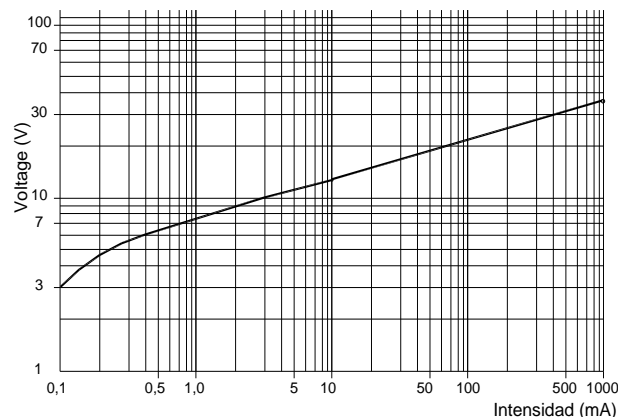
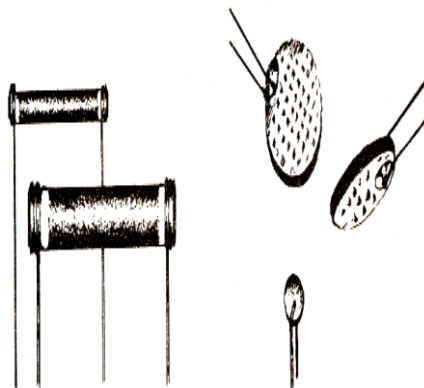
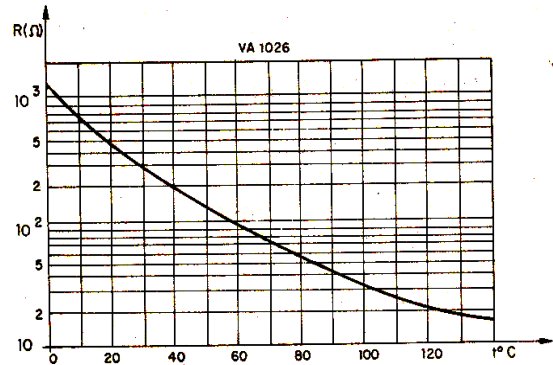


Fig. 3.6.5. Gráfico variación resistencia – voltaje.

c) Las resistencias NTC o TERMISTORES tienen un coeficiente de temperatura negativo o sea su valor disminuye con el incremento de la temperatura, lo que las hace muy útiles en la limitación de la intensidad inicial en los circuitos, para protección contra sobretensiones etc.



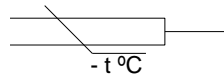
a) Resistencias NTC típicas



b) Curva de variación de la resistencia en función de la temperatura.

*Fig. 3.6.6. Resistencia NTC y curva característica*

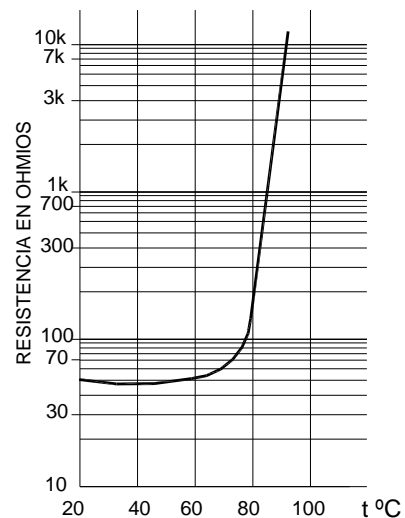
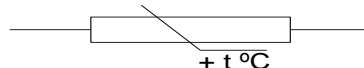
Se fabrican a base de aglomerados de óxidos pulverizados de níquel, zinc, cobalto etc a los que se da diversas formas en función de su uso y su representación esquemática es de la forma:



d) Las resistencias PTC, tienen un coeficiente de temperatura fuertemente positivo y están basadas en que algunos elementos modifican su estructura cristalina y sus propiedades físicas al alcanzar una temperatura crítica llamada PUNTO DE CURIE. Uno de los materiales utilizados suele ser el titanato de bario, que cambia su estructura cristalina de tetragonal a cúbica a los 120°C. En la figura 3.6.6 siguiente, se muestran algunas resistencias PTC típicas y la curva característica de variación de la resistencia en función de la temperatura.

La principal utilización de estos termistores o resistencias cuyo valor varía con la temperatura es como limitadores de sobreintensidades o como sensores de temperatura, para temperaturas inferiores a 400 ° C.

*Fig. 3.6.7. Resistencias PTC, curva característica y representación esquemática*



Excepto en los casos especiales anteriores, la resistencia de un conductor aumenta con la temperatura a que se encuentra de acuerdo con la fórmula:

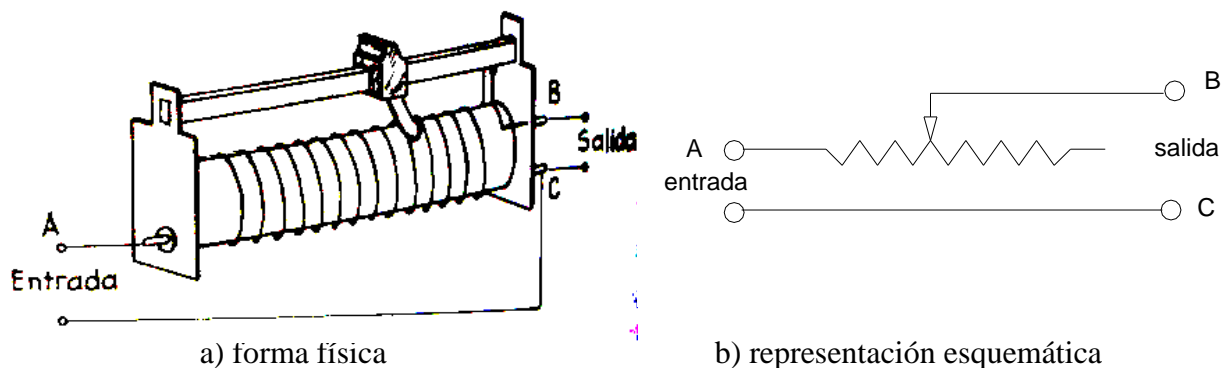
$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

Siendo  $R_t$  la temperatura a  $t$  °C,  $R_0$  la temperatura a 0°C,  $t$  la temperatura y  $\alpha$  el coeficiente de temperatura, que para el cobre es de 0,004.

### 6.1.5. Resistencias variables.

Se les conoce con los nombres de reostatos y potenciómetros.

En un reostato la resistencia es del tipo bobinado, efectuándose las conexiones entre la bobina intermedia y uno de los extremos. Naturalmente, la variación de la resistencia no es totalmente continua sino que su mínimo corresponde al de una espira. Se usan fundamentalmente para variaciones de intensidad y a potencias altas.



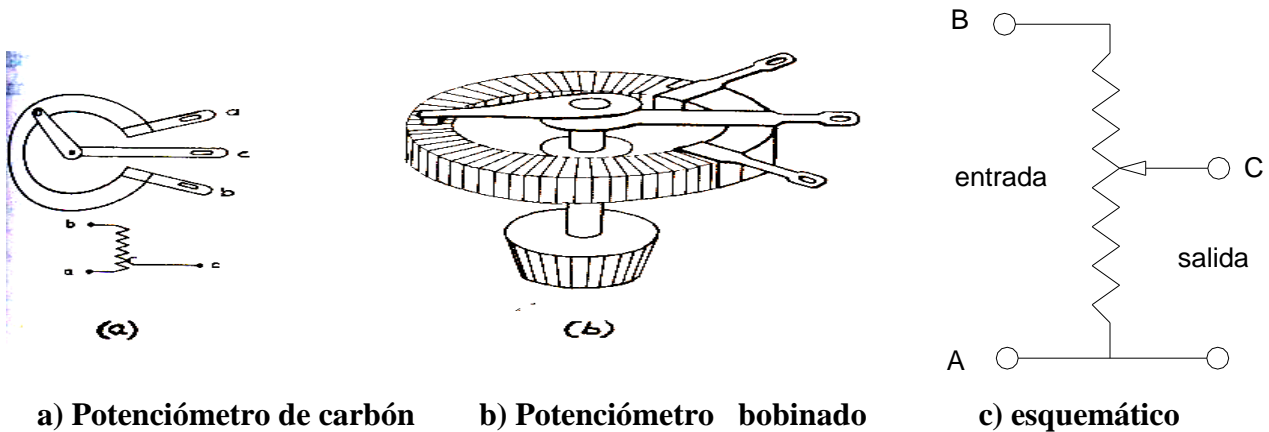
*Fig. 3.6.8. Reostato*

En los potenciómetros se pretende obtener una variación completamente continua de la resistencia y las potencias manejadas son pequeñas, utilizándose entonces los de pista de carbón. Para potencias altas, se usan los bobinados.

Los potenciómetros de carbón constan de una plaquita circular de plástico fenólico sobre la que se deposita una capa de polvo de carbón o grafito recubierto de una resina artificial. Variando la proporción de la mezcla y el espesor de la capa, se consiguen diversos valores de resistencia.

Sobre esta capa se desplaza un cursor móvil solidario a un eje acoplado a un mando de permite hacerlo girar. La resistencia y el cursor van alojados dentro de una caja metálica de la que salen los terminales aislados de conexión. (Ver a) de figura 3.6.8)

Estos potenciómetros se llaman lineales cuando la resistencia entre uno de los extremos y el cursor varía proporcionalmente al ángulo girado, se llaman logarítmicos cuando la resistencia varía más rápidamente hacia el final de la escala y antilogarítmicos cuando su resistencia varía más lentamente a medida que aumenta el ángulo girado.



*Fig. 3.6.9. Potenciómetros*

Su utilización se estudiará en el apartado 7.7.

## 6.2. RESISTENCIA Y FACTORES QUE LE AFECTAN. RESISTENCIA ESPECÍFICA.

Se ha demostrado que la resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica depende de su coeficiente de resistividad o resistencia específica, de la longitud y de la sección, lo que se expresa matemáticamente:

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

en la que  $\rho$  es el coeficiente de resistividad, “l” es la longitud del conductor y “S” es la sección. La longitud viene dada en metros, la sección en  $\text{mm}^2$  y la resistencia específica en ohmios  $\text{mm}^2 / \text{m}$ . En el cobre este valor es de 0,018 o  $1 / 56$  y para el aluminio de  $1 / 40$ .

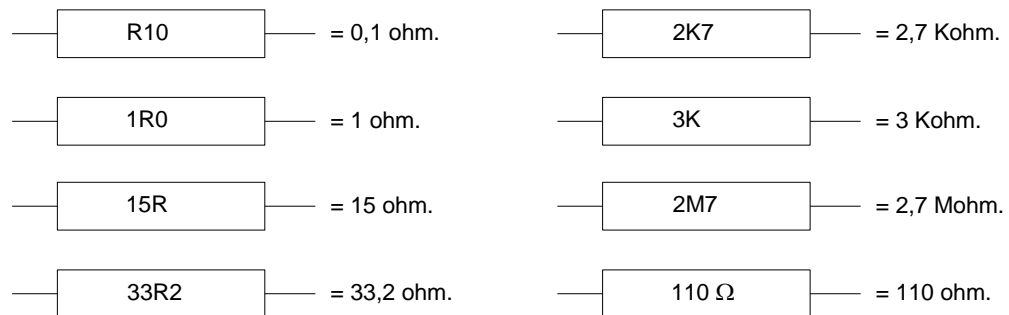
También aumenta la resistencia de un conductor con la temperatura, como se ha visto anteriormente.

Esto es muy importante, pues de esta forma se puede determinar la caída de tensión en un conductor, de una longitud y sección dadas, que se ha instalado para conducir una determinada intensidad de corriente, como se verá cuando se estudien los cables y conductores.

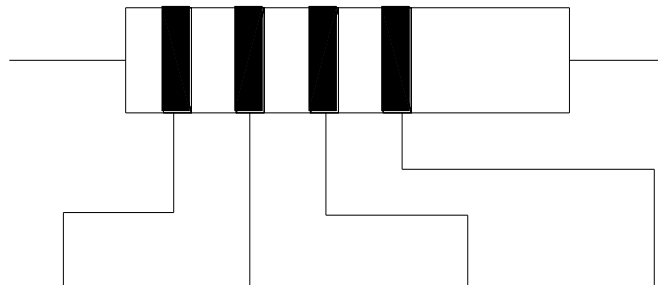


### 6.3. CODIGOS DE COLORES DE RESISTENCIAS, VALORES Y TOLERANCIAS, VALORES NOMINALES.

Se puede conocer el valor de una resistencia por el código alfanumérico grabado en el cuerpo de la resistencia.

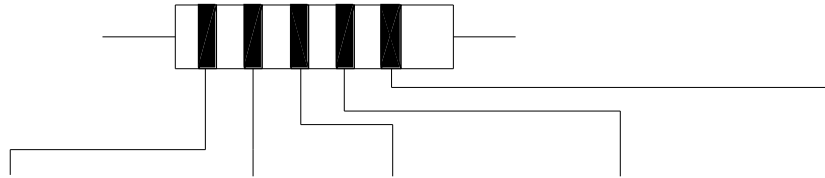


#### 6.3.1 Código de colores para una resistencia de 3 o 4 bandas.



color	1ª cifra	2º cifra	Nº de ceros	tolerancia
negro	-	0	-	
marrón	1	1	0	
rojo	2	2	00	
naranja	3	3	000	
amarillo	4	4	0000	
verde	5	5	00000	
azul	6	6	000000	
violeta	7	7	0000000	
gris	8	8	00000000	
blanco	9	9	000000000	
-----	--	--	-	20 %
plata	--	--	0,01	10 %
oro	--	--	0,1	5 %

**6.3.2. Código de colores para una resistencia de 5 bandas.**



color	1ª cifra	2º cifra	3ª cifra	Nº de ceros	tolerancia
negro	-	0	0	-	
marrón	1	1	1	0	1 %
rojo	2	2	2	00	2 %
naranja	3	3	3	000	
amarillo	4	4	4	0000	
verde	5	5	5	00000	0,5 %
azul	6	6	6	000000	
violeta	7	7	7	0000000	
gris	8	8	8	00000000	
blanco	9	9	9	000000000	
plata	--	--		0,01	
oro	--	--		0,1	

Ejemplos.

1. Una resistencia cuyas bandas, empezando por la más próxima al extremo, son de los colores: amarillo, azul, violeta, oro, tienen un valor:

- amarillo : 4
- azul : 6
- violeta : 7
- oro : 5 %


la resistencia será de  $460\ 000\ 000 \pm 5\ %$  ohmios nominales, o sea, su valor real se encontrará entre  $437\ 000\ 000$  y  $483\ 000\ 000$  ohmios, o entre  $437\ M\Omega$  y  $483\ M\Omega$ .

Si la resistencia, en vez de 4 bandas, hubiese sido de 3 bandas, no aparecería el color oro, siendo su valor nominal de  $460\ 000\ 000 \pm 20\ %$ , o sea que su valor real se encontraría entre  $368\ M\Omega$  y  $552\ M\Omega$ .

2. Una resistencia de 4 bandas, cuyos colores, empezando por la más próxima al extremo, son marrón, rojo, oro y plata, tiene un valor:

- marrón : 1
- rojo : 2
- oro : 0,1 (por ser el multiplicador)
- plata : 10 %

la resistencia será de  $1,2 \pm 10\ %$  ohmios nominales, o sea que su valor real se encontrará entre  $1,08$  y  $1,12$  ohmios.

	<b>MASTER DE FORMACIÓN</b> <b>B1.1 y B1.3</b> <b>MÓDULO 3</b> <b>FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD.</b>	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	--	--

3. Una resistencia de 5 bandas, cuyos colores, empezando por la más próxima al extremo, son rojo, violeta, negro, rojo, rojo, tiene un valor:

rojo: 2  
violeta: 7  
negro: 0  
rojo: 2 ( x 100 )  
rojo 2 ( 2% )

la resistencia será de 27 000 ohmios ó  $27 \text{ k}\Omega \pm 2\%$

#### **6.4. DETERMINACION DEL ESTADO DE UNA RESISTENCIA EN UN CIRCUITO.**

Una resistencia en un circuito, si no está útil, puede presentar una de estas condiciones:

a) Abierta. Ha disipado una potencia superior a su potencia nominal y se ha quemado. Se detecta visualmente porque aparece con aspecto negrozco o tostado. Cuando se sospecha de este extremo, su puede golpear ligeramente la resistencia con el destornillador y debe romper con facilidad.

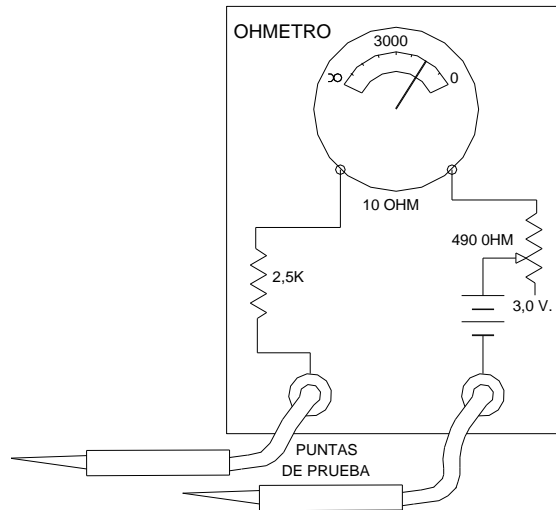
b) Variación notable de su valor nominal cuando empieza a quemarse. Se debe medir con el óhmetro, desoldando un extremo de la resistencia del circuito a que está asociada. Hay fabricantes que recubren las resistencias de un barniz que cambia sensiblemente de color cuando la resistencia empieza a disipar potencia superior a la permitida.

#### **6.5. EL OHMETRO.**

El valor de una resistencia se puede determinar mediante el código de colores descrito en los párrafos precedentes o mediante el uso de un aparato de medidas conocido con el nombre de óhmetro, o medidor de ohmios. La figura 6.9 muestra el esquema de un óhmetro analógico elemental.

Un óhmetro consta en esencia de unas puntas de prueba, utilizadas para tocar los extremos del elemento a medir, de una resistencia fija calibrada, de un mili o microamperímetro, de una resistencia variable para ajuste a cero y de una pila que genera la f.e.m. necesaria para hacer funcionar al medidor.

Cuando se conecta una resistencia entre los extremos de las puntas de prueba, por el circuito creado circula una corriente eléctrica que hace deflexionar la aguja del amperímetro a un valor que se corresponde con el de la resistencia medida.



*Fig. 3.6.10. Ohmetro*

El ejemplo siguiente aclarará el concepto. Sea una resistencia calibrada (o resistencia de laboratorio de gran precisión) de 750 ohmios la que se conecta entre extremos de las puntas de prueba. El circuito queda compuesto por una pila de 3 VDC, por una resistencia fija de 2500 ohmios, por una resistencia del medidor de 10 ohmios y por la resistencia variable ajustada a 490 ohmios. La intensidad que pasa por el amperímetro es de:

$$I = \frac{3}{750 + 2500 + 10 + 490} = 0,0008 \text{ A} = 0,8 \text{ mA}$$

El punto que marque la aguja del amperímetro se señala con la cifra 750 ohmios. Se elige otra resistencia, se repite el proceso y se van marcando los puntos que se precisen.

El ajuste a cero del medidor se efectúa tocando entre sí las puntas de prueba y ajustando la resistencia variable hasta que la aguja del medidor marque cero. Con este ajuste se compensa la variación en el voltaje de la pila producida por el desgaste. Lógicamente, **con el óhmetro se puede medir**, además del **valor de una resistencia**, la **continuidad** o **cortocircuito** (hay un circuito cerrado entre los puntos que se miden) y **aislamiento** o **circuito abierto** (no hay circuito cerrado entre dos puntos). En todo caso, el óhmetro no se puede emplear nunca en circuitos en tensión o sea en circuitos alimentados por energía eléctrica.

Si el aparato de medidas es digital, su funcionamiento es similar al del analógico, pero no es preciso ajustar a cero, porque el digital lo hace de modo automático, y la lectura que presenta el medidor va seguida de la unidad de medida o se de ohmios, kilóhmios o Megaóhmios.

La medida de una resistencia exige sea previamente desmontada, al menos una de sus puntas, como se verá en párrafos siguientes.

Finalmente, es preciso hacer notar que el cero del óhmetro ocupa la posición contraria al cero del voltímetro y del amperímetro.