

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Subdirección General de Operaciones
División Programación Didáctica
Bogotá - Colombia
Agosto de 1977

SERIE UNIDADES ELECTRICIDAD BASICA

**LA RESISTENCIA ELECTRICA - MATERIALES CONDUCTORES, SEMI-
CONDUCTORES Y AISLANTES**

Unidad Autoformativa No. 5

Elaborado por: GERARDO MANTILLA Q.

HELMAN GONZALEZ D.

"Prohibida la publicación total o parcial de este documento sin la autorización expresa del SENA".

C O N T E N I D O

- I. OBJETIVO
- II. AUTOPRUEBA DE AVANCE
- III. INTRODUCCION
- IV. VOCABULARIO
- V. DESARROLLO
 - A. Nociones de Resistencia Eléctrica
 - B. La Resistividad de un Conductor
 - C. Materiales Conductores, Semiconductores y Aislantes
- VI. RECAPITULACION
- VII. AUTOPRUEBA FINAL
- VIII. BIBLIOGRAFIA



OBJETIVO TERMINAL

- A. El Aprendiz de Electricidad al término del estudio de esta Unidad, estará en condiciones de diferenciar los materiales que son buenos conductores de los que son malos conductores.

Además podrá calcular la resistencia total de un conductor conociendo su naturaleza y dimensiones.

También estará capacitado para efectuar cualquier conversión entre los diferentes múltiplos y submúltiplos de la unidad de resistencia; al estudiante no se le permitirá ningún margen de error.

B. OBJETIVOS INTERMEDIOS

A medida que usted avance en el estudio de esta Unidad, estará en capacidad de:

1. Definir qué es una resistencia eléctrica.
2. Indicar al menos cuatro factores que influyen en la resistencia eléctrica.
3. Calcular la resistencia de cualquier conductor, conociendo su resistividad, longitud y sección.
4. Definir con sus palabras qué es resistencia específica.
5. En una lista de materiales diferenciar los que son buenos conductores, semiconductores y los aisladores.
6. Establecer al menos tres diferencias entre un átomo de un material buen conductor y uno de un semiconductor.
7. Decir al menos dos condiciones ambientales por las cuales un aislador pierde sus propiedades.

II. AUTOPRUEBA DE AVANCE

Posiblemente usted conozca todos los temas que tratamos en esta Unidad, si es así, le rogamos que lea el presente cuestionario y de respuesta a cada una de ellas.

PRE-REQUISITOS:

Para estudiar la presente Unidad, es indispensable que el estudiante domine las matemáticas, en lo posible con respecto a: Despejar términos en ecuaciones de primer grado, calcular áreas del cuadrado, círculo, rectángulo y triángulo, regla de tres simple.

Ha estudiado usted los temas que se relacionan con la resistencia eléctrica y los materiales conductores, semiconductores y aislantes?

SI _____

NO. _____

Si ha respondido negativamente, lo invitamos a que estudie los temas tratados en la presente Unidad.

Si por el contrario respondió afirmativamente, responda el siguiente cuestionario.

AUTOPRUEBA

1. Defina con sus palabras qué se llama resistencia eléctrica.

2. Diga cuál es la unidad de resistencia eléctrica y con qué letra alfabética se representa.

3. Enuncie por lo menos tres factores que afectan la resistencia eléctrica.

a.

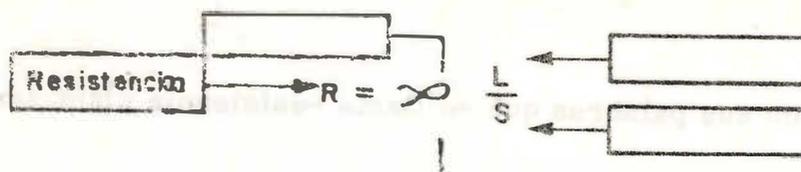
b.

c.

d.

e.

4. Dada la siguiente fórmula, señale en el cuadro en blanco el nombre de los factores.



5. Qué se llama resistencia específica y en qué unidades viene dada?

6. De la siguiente lista de materiales, señale con una letra C los conductores con una S los semiconductores y con una A los aislantes.

Oro _____

Plata _____

Silicio _____

Porcelana _____

Vidrio _____

Germanio _____

Cobre _____

Aluminio _____

Caucho _____

Vinilo _____

Teflón _____

P-V-C- _____

Cuarzo _____

7. Complete las siguientes frases:
- Los átomos de un material conductor _____
 - Los átomos de un material semiconductor _____
 - Los átomos de un material aislante _____
8. Enumere dos causas por las cuales un material aislante pueda perder ésta propiedad.
- _____
 - _____

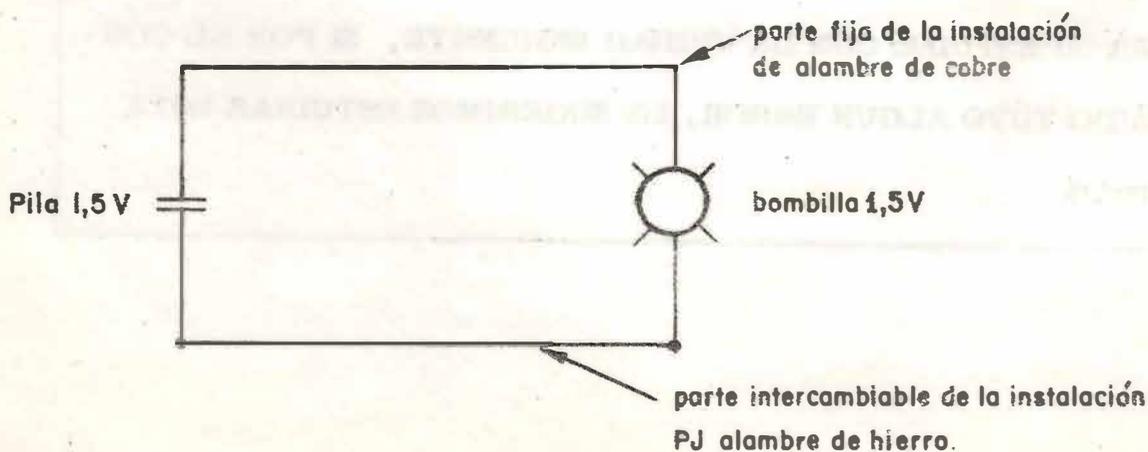
COMPARE SUS RESPUESTAS CON LAS QUE APARECEN EN LA PAGINA NUMERO 27 . SI TODAS SON CORRECTAS, PUEDE CONTINUAR SU ESTUDIO CON LA UNIDAD SIGUIENTE, SI POR EL CONTRARIO TUVO ALGUN ERROR, LE SUGERIMOS ESTUDIAR ESTA UNIDAD.

III. INTRODUCCION

Esta Unidad estudia la resistencia de los cuerpos; éste es un tema de gran importancia en esta época de las comunicaciones por satélite y de la era espacial. En la actualidad no se puede concebir ningún aparato, ya sea doméstico, industrial o de recreación sin que intervenga este elemento. Mucho se habla de la comunicación con otros planetas y de viajes espaciales, algunos ya hechos realidad y que no hubieran podido llevarse a cabo sino fuera por la valiosa colaboración de las resistencias y semiconductores. Todos ustedes conocen el transistor, que ha revolucionado la electrónica, éste hecho de materiales semiconductores. Como ustedes pueden darse cuenta es de mucha importancia este tema, esperamos que sea de fácil comprensión y al mismo tiempo ameno.

MEDIOS:

- a. Caja pedagógica sobre conductores # (cer)
- b. Película sobre resistencia (CER)
- c. Prueba experimental con una pila de 1,5V y una bombilla de 1,5V y algunos conductores de 1 mt. de longitud de cobre, aluminio, ferroníquel, hierro etc. según el siguiente plano. Observar la luminosidad de la lámpara.



CONCLUSIONES:

- a. Con el conductor de cobre la lámpara ilumina _____
- b. Con el conductor de níquel la lámpara ilumina _____
- c. Con el conductor de hierro la lámpara ilumina _____

NOTA:

Pregunte a su instructor si los medios a. y b. están al alcance de los estudiantes.

IV. VOCABULARIO

Semiconductor: Cuerpo no metálico que conduce imperfectamente la electricidad y cuya resistividad disminuye al aumentar la temperatura.

Aislador: Aplícase a los cuerpos que interceptan el paso de la electricidad: la madera, la seda, el aire seco y el vidrio son buenos aisladores.

Resistividad: Producto que da la multiplicación de la resistencia de un conductor eléctrico por el cociente que resulta de dividir la sección del cable por su longitud.

Ambiental: Aplícase a cualquier fluido que rodea un cuerpo.

Alfabética: Relativo al alfabeto.

Sección, área o superficie: Extensión, medida de un espacio limitado por una línea.

P. V. C. : Cloruro de Poli Vinilo.

Equivalencia: Igualdad en el valor o la naturaleza.

V. DESARROLLO

A. GENERALIDADES:

No existen conductores perfectos a temperaturas ordinarias, todos los materiales, inclusive el cobre y otros metales, presentan cierta RESISTENCIA al paso de la corriente eléctrica.

La RESISTENCIA eléctrica real presentada depende de cuatro factores:

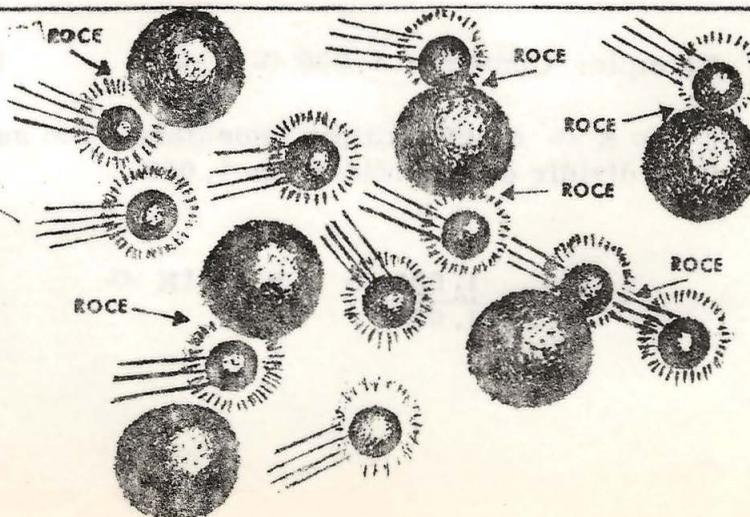
- La naturaleza del material usado como conductor.
- La temperatura a que esté sometido el conductor.
- La longitud del conductor.
- La sección transversal del conductor.

Para el presente estudio le bastará a usted saber que la resistencia de un conductor metálico aumenta al aumentar la temperatura o su longitud, o cuando se reduce su espesor y disminuye la temperatura, la longitud y aumenta su espesor.

La resistencia eléctrica se representa con la letra R.

En la práctica la resistencia eléctrica se mide mediante el Ohm que se representa con la letra griega Ω .

Por bueno que sea un conductor, siempre habrá algún roce entre los electrones y sus átomos.



B. MULTIPLOS Y SUBMULTIPLOS DEL OHMIO

	Unidades	Símbolo	Equivalencia
Múltiplos	Megaohmio	M Ω	1.000.000 Ω
	Kilohmio	K Ω	1.000 Ω

Ohmio Ω 1

Submúltiplos	Mili-ohmio	m Ω	0,001 Ω
	Micro-ohmio	μ Ω	0,000001 Ω

Como puede verse, los múltiplos y submúltiplos del ohmio están en una relación de 1.000 en 1.000 veces mayor o menor.

Para pasar de una unidad inferior a otra superior se dividirá por 1.000 cada vez la unidad inferior.

Ejemplo: Convertir 1.000 Ω a K Ω

Como K Ω es el múltiplo inmediatamente superior a Ω , se debe dividir ésta cantidad por 1.000

$$\frac{1.000 \Omega}{1.000} = 1K \Omega$$

Es decir, que 1.000 Ω equivalen a 1K Ω

Para pasar de una cantidad superior a una inferior, el estudiante deberá multiplicar por 1.000 la unidad superior.

Ejemplo: Convertir 1 K Ω a Ω

Como Ω es la unidad inferior o K Ω debe usted multiplicar por 1.000

$$1\text{K } \Omega \longrightarrow 1.000 \Omega$$

O sea que 1 K Ω equivale a 1.000 Ω .

Ejemplos:

Convertir 45.740 Ω a M Ω

Como M Ω es la unidad superior a Ω y K Ω tendrá usted que convertir primero los Ω a K Ω y luego estos a M Ω ; para convertir los Ω a K Ω debe usted dividir por 1.000

$$\frac{45.740 \Omega}{1.000} = 45,74 \text{ K}\Omega$$

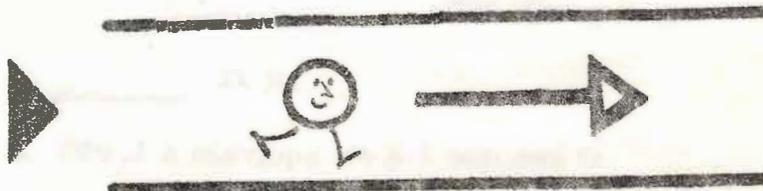
Ahora, convirtamos los K Ω a M Ω , debemos dividir nuevamente por 1.000

$$\frac{45,74 \text{ K}\Omega}{1.000} = 0,04574 \Omega$$

Resumiendo, decimos que 45.740 Ω equivalen a 0,04574 M Ω .

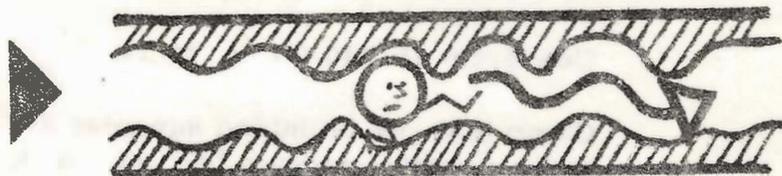
MATERIALES

CONDUCTORES



No se oponen al paso de la corriente.

SEMICONDUCTORES



Entorpecen el paso de la corriente.

AISSLANTES



Interrumpen el paso de la corriente.

AUTOCONTROL No. 1

1. Convertir:

- | | | | |
|----|----------------------|---|-------------|
| a. | 34.000 K Ω | a | Ω |
| b. | 0,0001 Ω | a | K Ω |
| c. | 0,00100 m Ω | a | $\mu\Omega$ |
| d. | 0,00100 $\mu\Omega$ | a | Ω |
| e. | 1 $\mu\Omega$ | a | m Ω |
| f. | 4.600.576 m Ω | a | M Ω |

2. Indique a qué unidad se ha convertido.

Ejemplo:

76,40 K Ω	a	0,0764 M Ω
------------------	---	-------------------

- | | | | | |
|----|-------------------|---|-------|-------|
| a. | 70.000 m Ω | = | 70 | _____ |
| b. | 1 M Ω | = | 1.000 | _____ |
| c. | 90.450 K Ω | = | 90,45 | _____ |
| d. | 800 $\mu\Omega$ | = | 0,8 | _____ |
| e. | 0,00064 Ω | = | 0,064 | _____ |
| f. | 0,6 K Ω | = | 600 | _____ |

COMPARE SUS RESPUESTAS CON LAS DE LA PAGINA SIGUIENTE

RESPUESTAS

1.
 - a. 34.000.000 Ω
 - b. 0,0000001 K Ω
 - c. 1 u Ω
 - d. 0,000000001 Ω
 - e. 0,001 m Ω
 - f. 0,004600576M Ω

2.
 - a. Ω
 - b. K Ω
 - c. M Ω
 - d. m Ω
 - e. K Ω
 - f. Ω

SI TODAS SUS RESPUESTAS SON CORRECTAS, PUEDE CONTINUAR SU ESTUDIO. SI POR EL CONTRARIO TUVO ALGUN ERROR, LE SUGERIMOS ESTUDIAR NUEVAMENTE EL TEMA ANTERIOR.

C. FACTORES QUE CONTROLAN LA RESISTENCIA EN LOS CONDUCTORES:

Como ya se dijo y sabrá usted que la resistencia de un conductor depende del material de que está hecho, la temperatura, su longitud y área transversal; veamos ahora una ecuación algebraica sencilla que relaciona estos factores en una sola expresión.

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

en donde: R = Es la resistencia del material en ohms.

ρ = Es la resistencia específica o resistividad del material a una temperatura determinada.

L = Es la longitud del material.

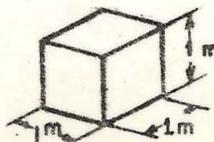
S = Es la sección transversal del material.

ρ es una letra griega llamada ro.

Mediante ensayos de laboratorio se ha podido determinar a temperaturas conocidas ($0^\circ - 20^\circ$). La resistencia unitaria de diferentes materiales tomando en unos casos el metro como unidad de longitud y de sección y en otros casos el centímetro. A la resistencia calculada en estas condiciones se le llama RESISTIVIDAD o RESISTENCIA ESPECIFICA.

La RESISTIVIDAD (ρ) se puede expresar en ohm (Ω) por metro cuadrado (m^2) de sección (S) y por metro (m) de longitud (L)

$$\Omega \frac{m^2}{m}$$



Ejemplo:

Se tiene un material con las siguientes dimensiones:

$$L = 1 \text{ m}$$

$$S = 1 \text{ m}^2$$

La resistencia de este trozo de material será la resistividad del material.

También podrá encontrar usted algunas tablas donde se exprese la resistividad en:

$$\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} ; \text{ o en } \mu\Omega \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Ejemplo:

Calcular la resistencia de un alambre de cobre de 3 km de longitud, si su sección es de 1 cm^2

Se sabe que la resistividad del cobre expresada en

$$\mu\Omega \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \text{ es de: } 1,6 \mu\Omega \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

La resistencia del alambre será de:

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

$$= 1,6 \mu\Omega \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

$$L = 3 \text{ km, que reducidos a cm serán: } 300.000 \text{ cm.}$$

$$S = 1 \text{ cm}^2$$

$$R = 1,6 \times \frac{300.000}{1} = 480000 \mu\Omega$$

480.000 u Ω reducidos a Ω serán: 0,48 Ω

D. TABLA DE RESISTIVIDAD: a 20° C.

MATERIAL	ρ en: $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$.
Cobre	0,0175
Aluminio	0,0283
Nichroun	1,1
Manganina	0,48
Constatan	0,5
Kanthal	1,4

AUFÖHÖR No. 2

1. Cuál será la resistencia de un alambre de cobre de 10 km de longitud, si la sección transversal es de $0,5 \text{ mm}^2$?

2. Calcular la longitud de un alambre de kanthal de 2 mm^2 de sección transversal, si su resistencia es de $0,7 \text{ K}\Omega$

3. Calcular la sección transversal de un alambre de Manganina que tiene una resistencia de $0,0004 \text{ M}\Omega$ y una longitud de 800 metros.

COMPARE SUS RESPUESTAS CON LAS DE LA PAGINA SIGUIENTE

RESPUESTAS

$$1. \quad R = \rho \frac{L}{S}$$

$$\rho = 0,0175 \, \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$L = 10 \text{ km} \quad \longrightarrow \quad 10.000 \text{ mts.}$$

$$S = 0,5 \text{ mm}^2$$

$$R = \frac{0,0175 \times 10.000}{0,5} = \frac{175}{0,5}$$

$$R = \frac{1750}{5} = 350 \, \Omega$$

$$2. \quad L = \frac{R \times S}{\rho}$$

$$\rho = 1,4 \, \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$R = 0,7 \text{ K } \Omega \quad \longrightarrow \quad 700 \, \Omega$$

$$S = 2 \text{ mm}^2$$

$$L = \frac{700 \times 2}{1,4} = \frac{1400}{1,4}$$

$$L = \frac{14000}{1,4} = 1.000 \text{ mts.}$$

$$3. \quad S = \frac{\rho L}{R}$$

$$\rho = 0,48 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$L = 800 \text{ mts.}$$

$$R = 0,0004 \text{ M}\Omega \quad \text{---} \quad 400 \Omega$$

$$S = \frac{0,48 \times 800}{400} = \frac{0,48 \times 8}{4}$$

$$S = 0,48 \times 2 = 0,96 \text{ mm}^2$$

SI TODAS SUS RESPUESTAS SON CORRECTAS, PUEDE CONTINUAR SU ESTUDIO. SI POR EL CONTRARIO TUVO ALGUN ERROR, LE SUGERIMOS ESTUDIAR NUEVAMENTE EL TEMA ANTERIOR.

E. MATERIALES CONDUCTORES, SEMICONDUCTORES Y AISLANTES:

La resistencia en los materiales varía considerablemente de acuerdo a su clase. El oro y la plata son los materiales que menos oposición presentan al paso de una corriente eléctrica; en cambio hay otros materiales como el silicio que presenta una resistencia mucho mayor a la que pueden presentar materiales como el cobre o el aluminio. Finalmente existen otros materiales que presentan una altísima resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Teniendo en cuenta esta variación, los materiales se han clasificado así:

1. Materiales Conductores:

Son aquellos que presentan una bajísima oposición al paso de los electrones. Por ejemplo: Plata, Cobre, Aluminio, Tungsteno, Cinc.

2. Materiales Semiconductores:

Son aquellos que presentan una mediana oposición al paso de los electrones. Por ejemplo: Germanio, Silicio.

3. Materiales Aisladores:

Son aquellos que presentan una altísima oposición al paso de los electrones. Por ejemplo: Caucho, Vidrio, Baquelita.

Los materiales conductores se caracterizan porque los átomos que los conforman poseen gran cantidad de electrones libres.

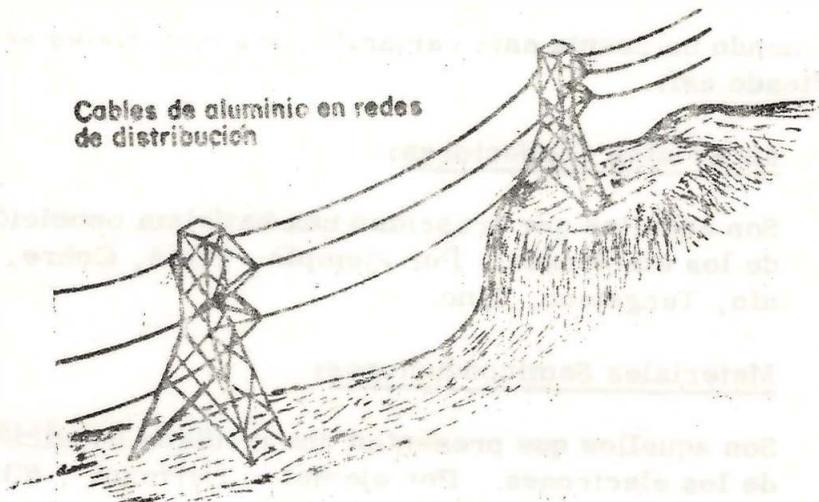
Los materiales semiconductores se caracterizan porque los átomos que los conforman poseen pocos electrones libres.

Los materiales aisladores se caracterizan porque los átomos que los conforman, puede decirse que casi no tienen electrones libres.

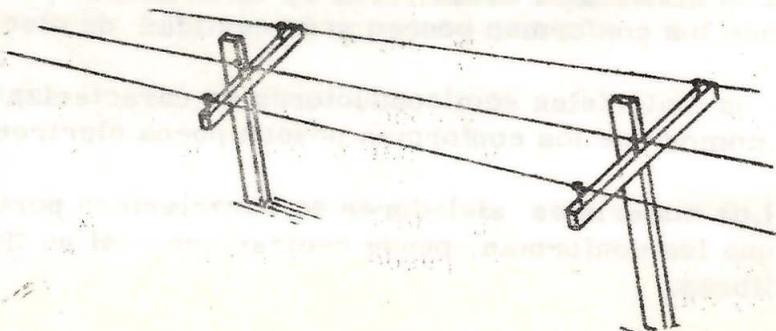
Así como no existen conductores perfectos, tampoco hay aisladores perfectos; todos los aisladores permiten el paso de corrientes eléctricas de bajísimo valor; cuando las condiciones de trabajo son favorables para ello. Por ejemplo la humedad hace que los aisladores pierdan propiedades.

Las tensiones superiores a las estipuladas ocasionan conducción en los aisladores.

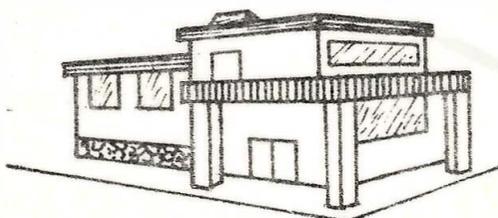
F. USOS:



Cables de cobre y aluminio en redes de distribución urbana.



Cables y alambres de cobre en instalaciones residenciales e industriales



La tecnología moderna ha introducido el uso de los semiconductores como el silicio y el germanio en la fabricación de diodos y transistores.

NOTA:

En la actualidad se experimenta con los que se llaman: "LOS SUPER CONDUCTORES" que consisten en mantener a temperaturas de bajo cero grados a conductores de paredes cilíndricas. Bajo éste sistema podían operar los conductores eléctricos en las grandes transmisiones del futuro.

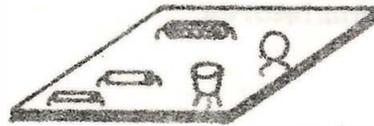
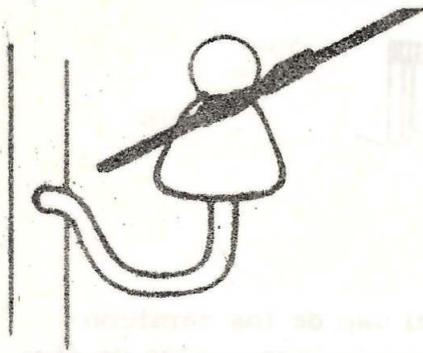
G. SEGURIDAD:

No utilizar madera húmeda como aislador.

No someter los aisladores a tensiones eléctricas, superiores a las normales.

Materiales aislantes como la cerámica o el vidrio para la fabricación de soportes para redes eléctricas.

Materiales aislantes como la baquelita para la fabricación de tarjetas para el montaje de circuitos electrónicos.



VI. RECAPITULACION

Sabemos que no existen conductores perfectos, todos oponen más o menos resistencia al paso de la corriente eléctrica. Esta resistencia puede aumentar o disminuir según sea la naturaleza del conductor, su longitud, sección y la temperatura ambiental.

La unidad de resistencia eléctrica es el ohm y se representa por la letra griega Ω (Omega).

Resistividad es la resistencia específica de un material y es propia de éste, de acuerdo a su naturaleza.

Los materiales de acuerdo a su resistencia se clasifican en conductores, semiconductores y aislantes.

Los materiales conductores se emplean en líneas de transmisión, en telefonía, telegrafía, instalaciones domésticas, etc.

Los semiconductores se emplean en radio y televisión, comunicaciones, etc.

Los materiales aislantes en sistemas de protección, seguridad y como elementos adicionales de los conductores, tales como cubiertas, poleillas, presillas, etc.

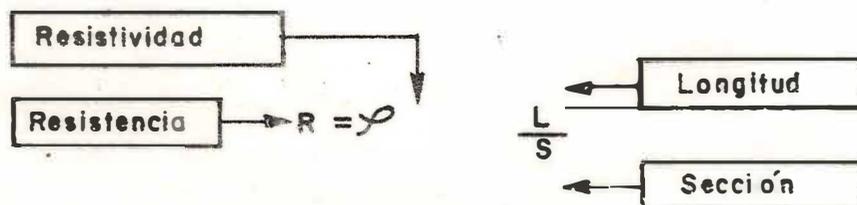
VII. AUTOPRUEBA FINAL

Como usted ya ha terminado el estudio de la presente Unidad, le sugerimos que conteste las preguntas que se encuentran en la página número 3 de esta Unidad, y compare sus respuestas con las que aparecen a continuación.

RESPUESTAS A LA AUTOPRUEBA DE AVANCE

1. Resistencia eléctrica es la oposición que ofrecen todos los materiales, algunos con más intensidad que otros al paso de la corriente eléctrica.
2. La unidad de resistencia eléctrica es el Ohmio y se representa por la letra griega Ω .
3. Los factores que afectan la resistencia eléctrica son:
 - a. Temperatura
 - b. Longitud
 - c. Sección
 - d. Naturaleza del material

4.



5. Resistencia específica o resistividad es la resistencia que ofrece a 20°C . un conductor de 1 metro de longitud por 1 mm^2 de sección o área. Viene dada en $\Omega\text{ m/mm}^2$

6. Oro	<u>C</u>
Plata	<u>C</u>
Silicio	<u>S</u>
Porcelana	<u>A</u>
Vidrio	<u>A</u>
Germanio	<u>S</u>
Cobre	<u>C</u>
Aluminio	<u>C</u>
Caucho	<u>A</u>
Vinilo	<u>A</u>
Teflón	<u>A</u>
P. V. C.	<u>A</u>
Cuarzo	<u>S</u>

7. a. Los átomos de un material conductor poseen gran cantidad de electrones libres.
- b. Los átomos de un material semiconductor poseen pocos electrones libres.
- c. Los átomos de un material aislante casi no poseen electrones libres.

8. a. La humedad ambiental.
- b. Someterlos a tensiones superiores a las especificadas.

SI USTED TIENE TODAS LAS RESPUESTAS CORRECTAS, PUEDE CONTINUAR SU ESTUDIO CON LA UNIDAD SIGUIENTE, SI POR EL CONTRARIO TUVO ALGUN ERROR, LE SUGERIMOS ESTUDIAR NUEVAMENTE ESTA UNIDAD.

VIII. BIBLIOGRAFIA

PERRIN, M.
Electricidad Industrial
III volúmenes

AGGER, L. T.
Introducción a la Electricidad
Editorial Continental, México 1975 2a. edición

VOLKENBURGH, Van
Electricidad Básica
Editorial Continental, México 1975 Tomos 1, 2, 3, 4, 5

SHICK, Kurt
Principios de Electricidad
Editorial Carvajal y Cía, Cali 1971

ROBINSON, Rester
Conceptos de Electricidad
Editorial Diana, México 1974 1a. edición

DAWES, Ch. L.
Tratado de Electricidad Corriente Contínua
Editorial Gustavo Gili, México 1974 Tomo I

AID
Problemas Prácticos de Matemáticas para Electricistas

HEYWOOD, Arthur H.
Matemáticas para adultos