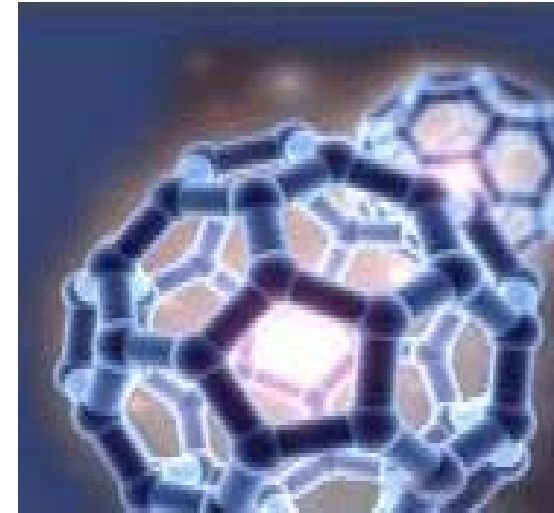


# PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS MATERIALES

## Contenido

- 1.- Clasificación de los materiales.
- 2.- Electrización de conductores.
- 3.- Permitividad dieléctrica.



**Objetivo.-** Al finalizar el tema, el estudiante será capaz de clasificar a los materiales según sus propiedades eléctricas.

Última modificación:  
1 de agosto de 2010

Tema 2 de:  
**CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS**  
Edison Coimbra G.

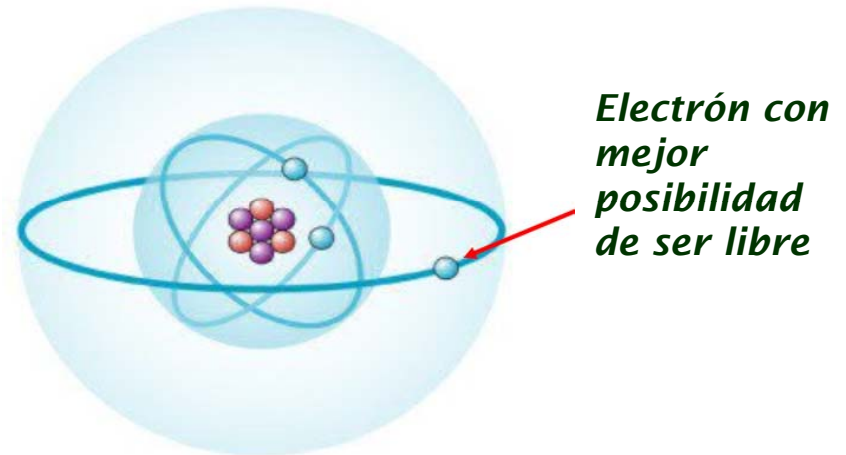
# 1.- Clasificación de los materiales

Los **materiales** se clasifican en términos de su **capacidad para conducir** carga eléctrica: **conductores**, **aislantes** y **semiconductores**.

## Materiales conductores

En los **metales**, los electrones más alejados de los núcleos adquieren libertad de **movimiento** en el interior del sólido.

Estas partículas se denominan **electrones libres** y son el vehículo mediante el cual se transporta **carga eléctrica**. Estos son los **materiales conductores**; siendo los más usados en sistemas electrónicos el **Cu, Al, Ag**.



Sólo la carga negativa se puede mover. La carga positiva es inmóvil; por lo que únicamente los **electrones libres** son los responsables del **transporte de carga**.

A temperaturas cercanas al cero absoluto, ciertos metales adquieren una conductividad infinita, es decir, la resistencia al flujo de cargas se hace cero. Se trata de **superconductores**.

## Materiales aislantes

En contrapartida a los conductores, existen materiales en los cuales los **electrones están firmemente unidos a sus respectivos átomos**. En consecuencia, estos materiales **no poseen electrones libres** y no será posible el desplazamiento de carga a través de ellos.

Estos materiales son denominados **aislantes** o **dieléctricos**. El **vidrio**, el **caucho** o el **plástico** son ejemplos típicos.

## Materiales semiconductores

Entre los buenos conductores y los dieléctricos existen múltiples situaciones intermedias. Entre ellas destacan los **materiales semiconductores** por su importancia en la fabricación de **dispositivos electrónicos** que son la base de la actual revolución tecnológica. El **Ge** y el **Si** son ejemplos típicos.

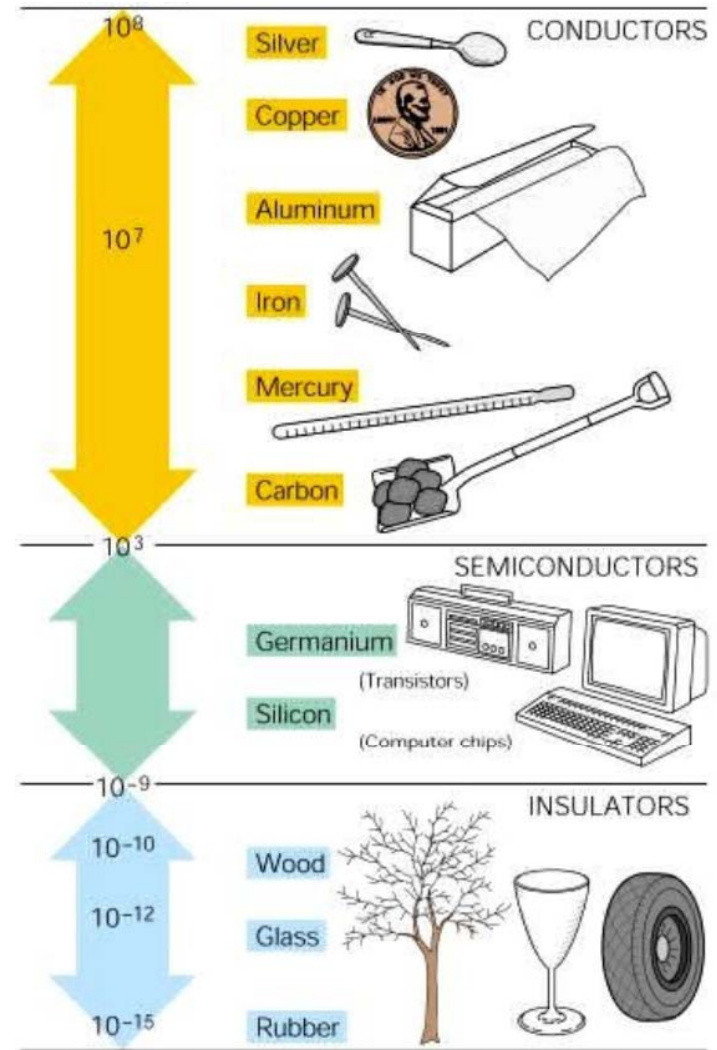
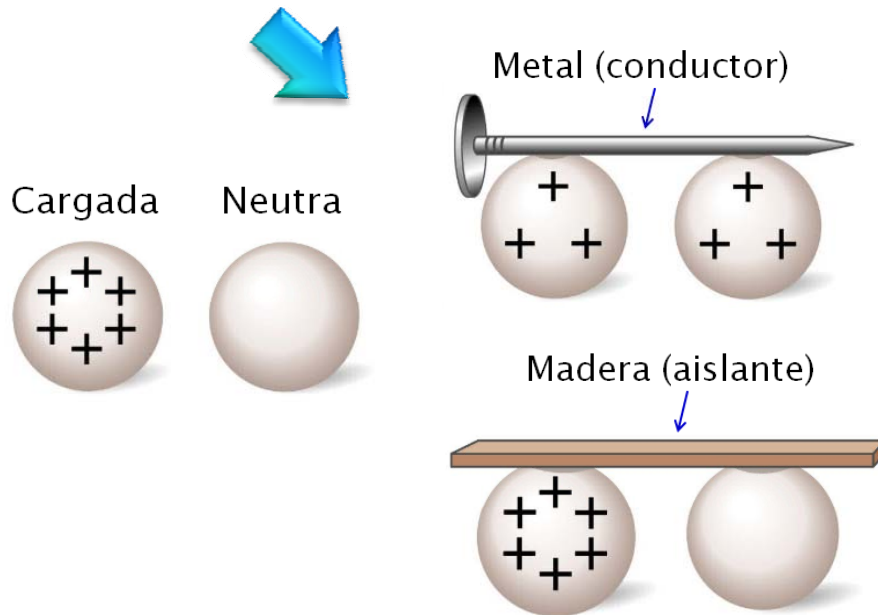
En **condiciones ordinarias** se comportan **como dieléctricos**, pero sus propiedades conductoras pueden ser alteradas con cierta facilidad mejorando su **conductividad** en forma prodigiosa, ya sea mediante pequeños cambios en su **composición**, sometiéndolos a **temperaturas** elevadas o intensa **iluminación**.

# Comparación entre materiales

La diferencia de comportamiento de los materiales respecto del desplazamiento de las cargas, depende de la **naturaleza de los átomos** que los componen.

Comparación del valor de conductividad eléctrica de varios materiales. La **conductividad** es la facilidad para conducir electrones

Los **conductores** permiten que los electrones se transporten a través de ellos. Los **dieléctricos** no permiten el paso

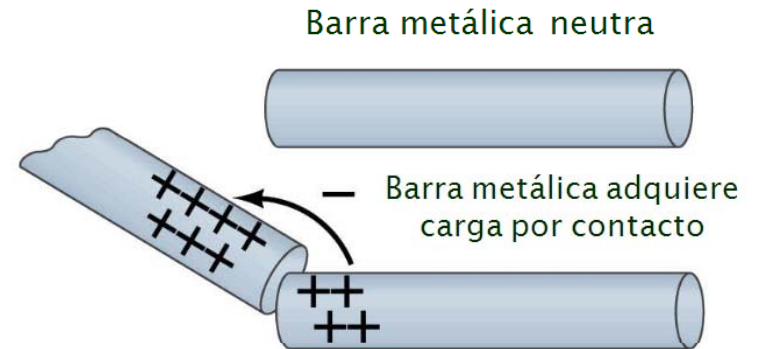


## 2.- Electrización de conductores

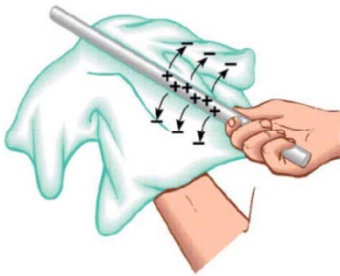
**Electrización** es el efecto de ganar o perder cargas eléctricas que tiene un conductor eléctricamente neutro. Existen 3 formas de electrizar.

### Electrización por contacto

Se puede cargar un conductor con **sólo tocarlo** con otro previamente cargado. En este caso, ambos quedan con el **mismo tipo de carga**. Esto se debe a que habrá **transferencia de electrones libres**.



### Electrización por frotación



Al frotar 2 cuerpos eléctricamente neutros, **ambos se cargan**, uno con carga positiva y el otro con carga negativa.

### Electrización por inducción

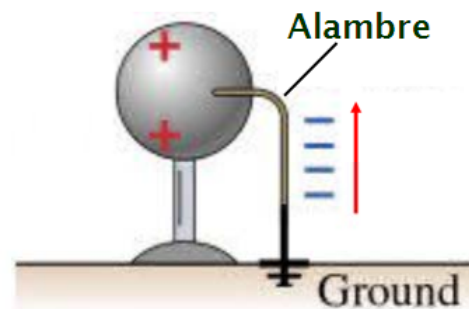
La barra electrizada (*inductora*) atrae **electrones libres** de la conductora (*inducida*). Estos electrones dejan a sus átomos con **carga positiva** en el otro extremo de la barra. La carga neta de la barra sigue siendo **neutra**.



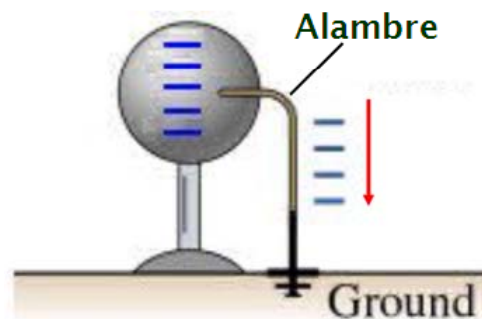
## El concepto de tierra

Un **átomo** tiene unos cuantos electrones. Un **mol** tiene millones de átomos. El planeta **Tierra** tiene prácticamente infinitos átomos. Por tanto, el planeta puede considerarse como **colector** o **fuelle** de electrones.

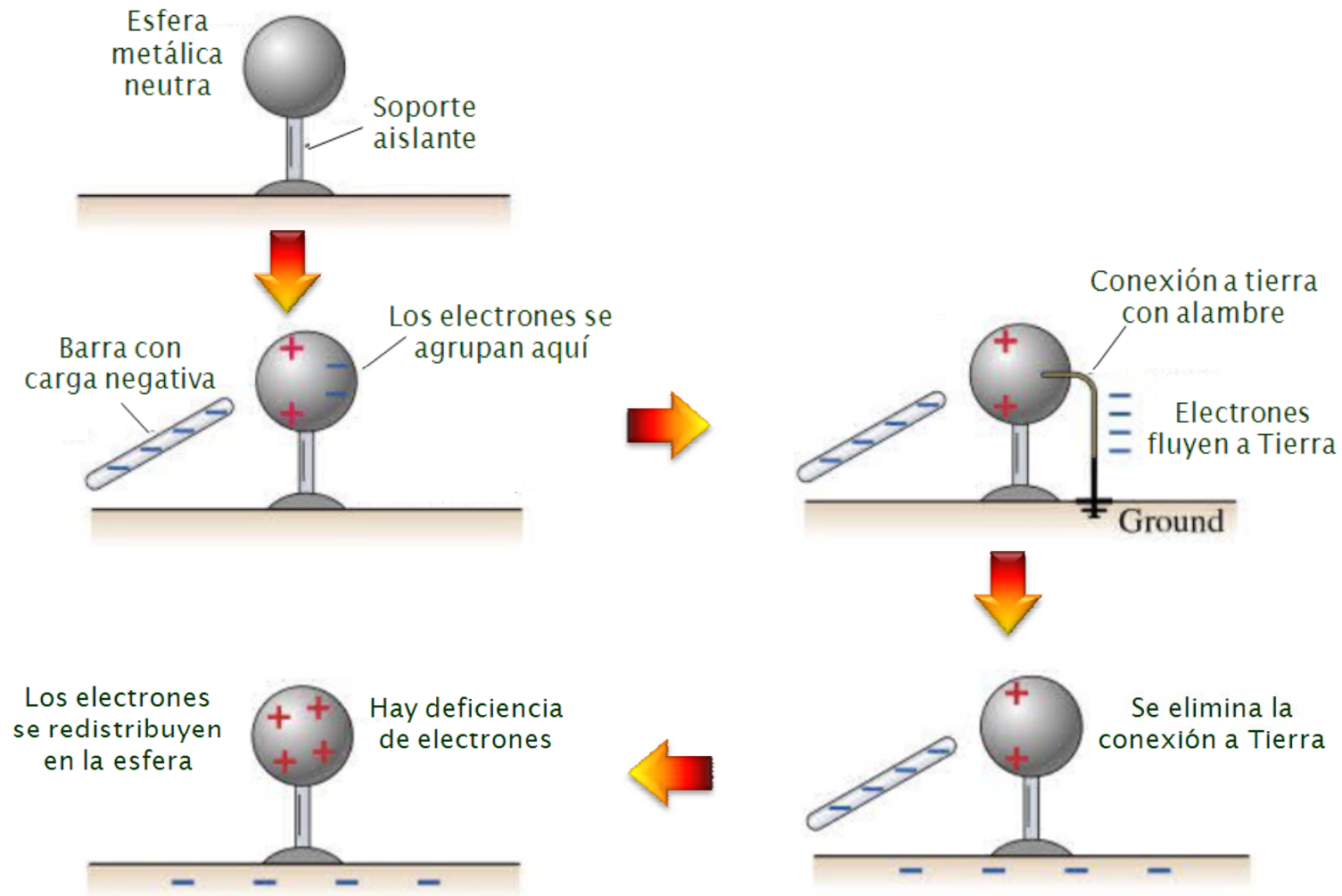
**La Tierra como fuente de electrones.** En la Tierra, cualquier carga positiva puede recuperar sus electrones faltantes.



**La Tierra como colector de electrones.** En la Tierra, cualquier carga negativa puede depositar su exceso de electrones.



## Para cargar un material por inducción



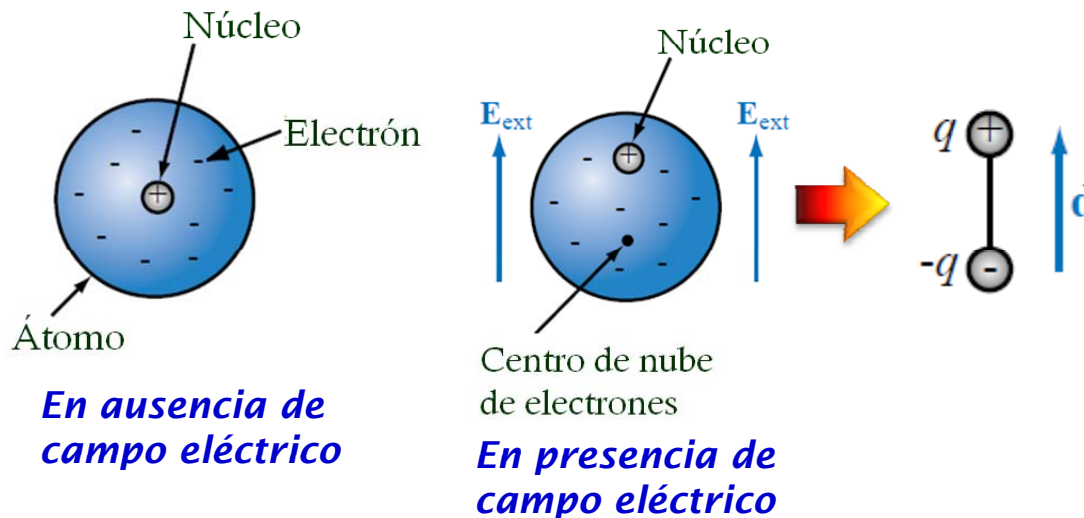
## 3.- Permitividad dieléctrica

La **permitividad** es una **constante física** que describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio. La permitividad del **vacío** es  $8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ .

**Físicamente**, es la habilidad de un material de **polarizarse** en respuesta a un campo eléctrico aplicado y, de esa forma, **cancelar parcialmente** el campo dentro del material.

### Polarización

Si un **dieléctrico** se somete a un **campo eléctrico externo**, no presenta una migración en masa de electrones (no son capaces de moverse libremente), sin embargo, el campo **polariza** los átomos o las moléculas en el material, **desplazando** el núcleo y la nube de electrones.

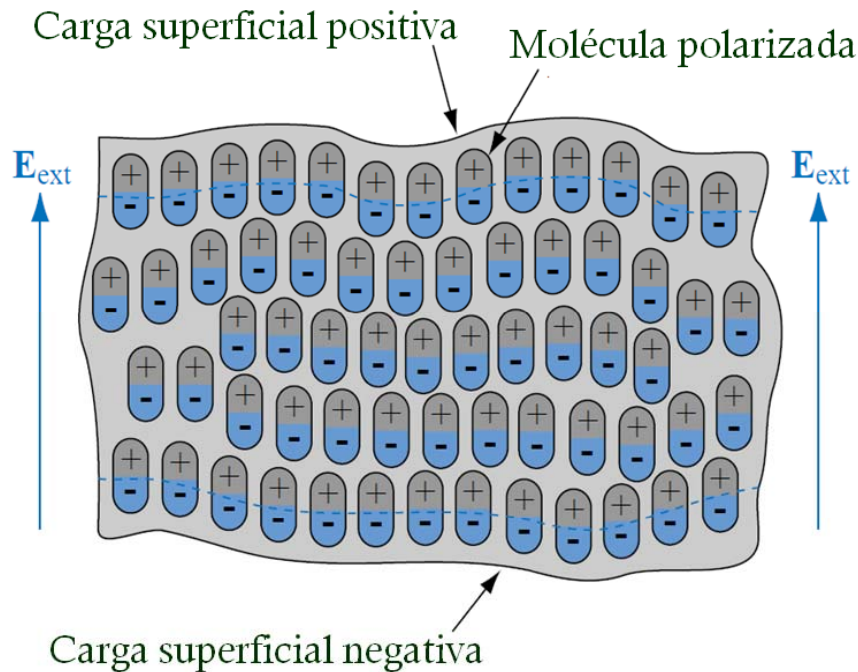


Se puede representar como un **dipolo eléctrico** que genera un campo eléctrico pequeño contrario al campo externo (de **+q** a **-q**), **cancelándolo** en forma parcial.



## Polarización a nivel macroscópico

Al aplicar un campo  $E_{\text{ext}}$ , en el interior del dieléctrico, los dipolos individuales alinean su momento dipolar con el campo  $E_{\text{ext}}$ , pero en **dirección contraria**, produciéndose lo que se conoce como **polarización del dipolo**.



Cuando se retira el campo  $E_{\text{ext}}$ , las moléculas vuelven a su estado original.

Para generalizar, el **campo eléctrico  $E$**  generado por una **carga  $q_1$** , rodeado por un **dieléctrico ( $\epsilon$ )**, a una **distancia  $R$** , se escribe:

$$E = \frac{q_1}{4\pi\epsilon R^2} \quad [\text{V/m}]$$

$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$  = permitividad eléctrica del dieléctrico.

$\epsilon_r$  = permitividad relativa del dieléctrico.

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ . Permitividad eléctrica en el vacío.

De igual manera, el **campo eléctrico  $E$**  generado por una **línea de carga de densidad lineal  $\rho_L$** , rodeada por un **dieléctrico ( $\epsilon$ )**, a una **distancia  $R$** , se escribe:

$$E = \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon R} \quad [\text{V/m}]$$

# Valores de permitividad relativa

	Material	$\sigma$ [S/m]	$\epsilon_r$	$\mu_r$
Aislantes	Aire		1.0005	1
	Madera seca		1.5 - 4	
	Cuarzo fundido	$10^{-17}$	3.8	1
	Cera de ceresina	$10^{-17}$		
	Teflón		2.1	
	Hule		2.5 - 3	
	Polietileno		2.26	
	Polipropileno		2.25	
	Poliestireno	$10^{-16}$	2.56	
	Sulfuro	$10^{-15}$		
	Parafina	$10^{-15}$		
	Caucho duro	$10^{-15}$		
	Nylon		3.5	
	Papel		3	
	Mica	$10^{-15}$	5.4	1
	Porcelana	$10^{-15}$	6	1
	Vidrio	$10^{-14}$	4 - 7	1
Bakelita	$10^{-12}$	4.74		
Agua destilada	$10^{-9}$	80	1	
Aislantes pobres	Suelo arenoso	$10^{-4}$	2.8	
	Suelo pantanoso	$10^{-3}$		
	Agua dulce	$10^{-2}$	80	1
	Hielo		4.2	
	Grasa animal	$10^{-2}$		
Conductores pobres	Cuerpo animal	0.2		
	Músculo animal	0.35		
	Sangre animal	0.7		
	Germanio semicond.	2		

	Material	$\sigma$ [S/m]	$\epsilon_r$	$\mu_r$
Conductores	Agua de mar	4	72	1
	Ferrita	$10^2$		4
	Telerio	$5 \times 10^2$		
	Silicón	$10^3$		
	Carbón	$3 \times 10^4$		
	Grafito	$10^5$		
	Hierro colado	$10^6$	1	4
	Mercurio	$10^6$		
	Níquel cromo	$10^6$		
	Acero inoxidable	$10^6$		
	Constantan	$2 \times 10^6$		
	Acero silicón	$2 \times 10^6$		
	Plata alemana	$3 \times 10^6$		
	Plomo	$5 \times 10^6$		
	Estaño	$9 \times 10^6$		
	Bronce fósforo	$10^7$		
	Latón	$1 \times 10^7$		
	Zinc	$1.7 \times 10^7$		
	Tungsteno	$1.8 \times 10^7$		
	Duraluminio	$3 \times 10^7$		
	Aluminio moldeado	$3.5 \times 10^7$	1	1.000021
	Oro	$4.1 \times 10^7$	1	0.99996
	Cobre	$5.7 \times 10^7$	1	0.99999
Plata	$6.1 \times 10^7$	1	0.99998	
Superconductores	Hg (a < 4.1 K)	$\infty$		
	Nb (a < 9.21 K)	$\infty$		
	Nb <sub>3</sub> (Al-Ge) (a < 21 K)	$\infty$		
	YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> (a < 80 K)	$\infty$		

# FIN