

**Materiales
Eléctricos**

**Materiales
Dielectricos**

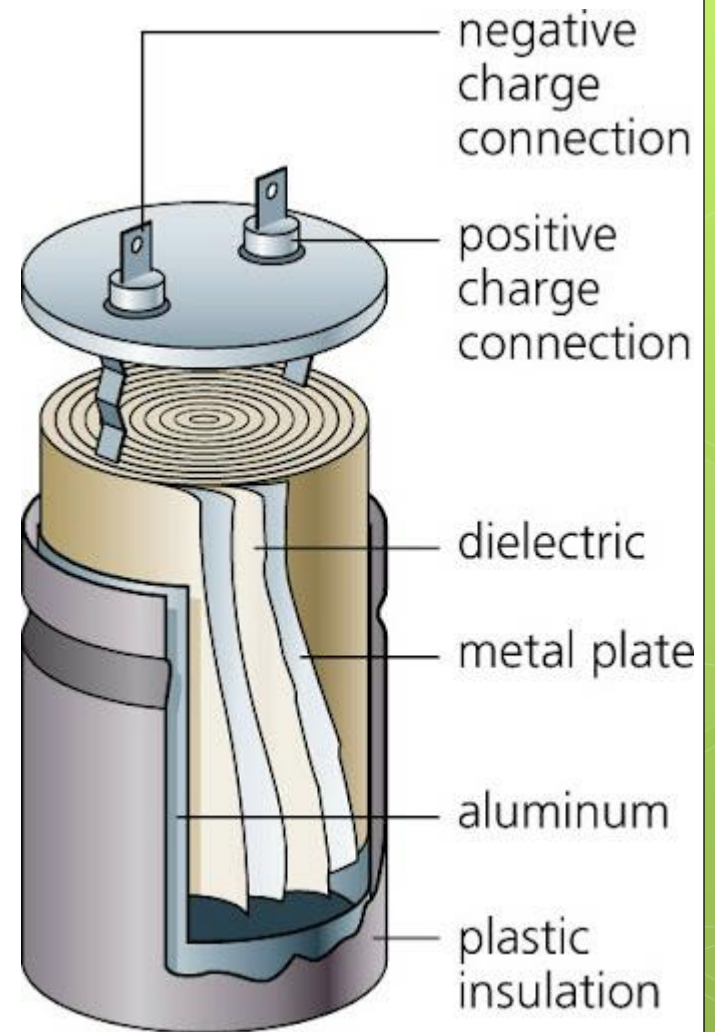
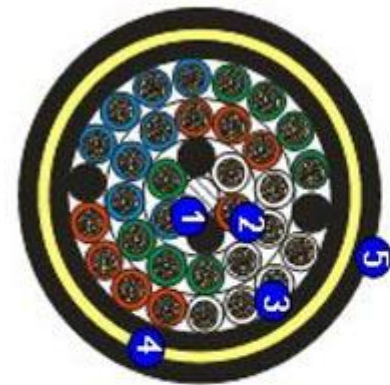
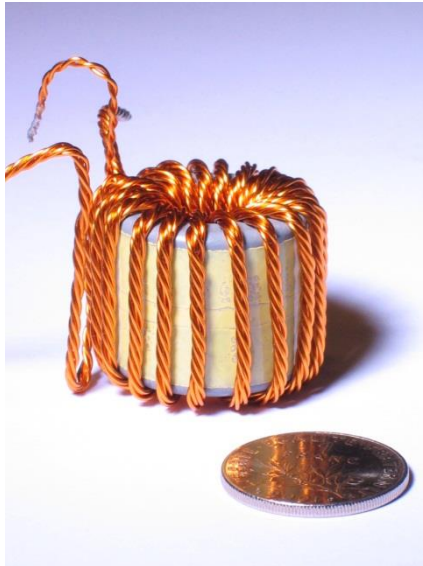
¿Qué es un dieléctrico?

- Es un material usado para aislar componentes eléctricamente entre si y actuar como elemento capacitivo.
- Sirve como elemento físico separador para realizar un capacitor ya que si tendríamos solo aire en el medio seria difícil poder realizar esta separación físicamente.
- En otras palabras un dieléctrico es un buen aislante.

Materiales Eléctricos



Materiales Eléctricos

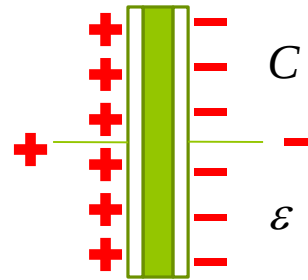
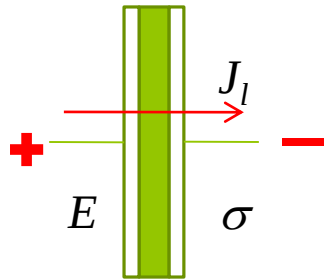


Tipos de Dieléctricos:

- Sólidos: Mica, Papel, etc.
- Gaseosos: Helio, Aire, etc.
- Líquidos: Agua, etc.



¿Qué parámetros caracterizan un dieléctrico?



- Conductividad o su inversa Resistividad
- Constante dieléctrica o Permitividad

CONDUCTIVIDAD:

$$\sigma = \frac{J_l}{E}$$

- donde J es la densidad de corriente y
- E el campo eléctrico aplicado.

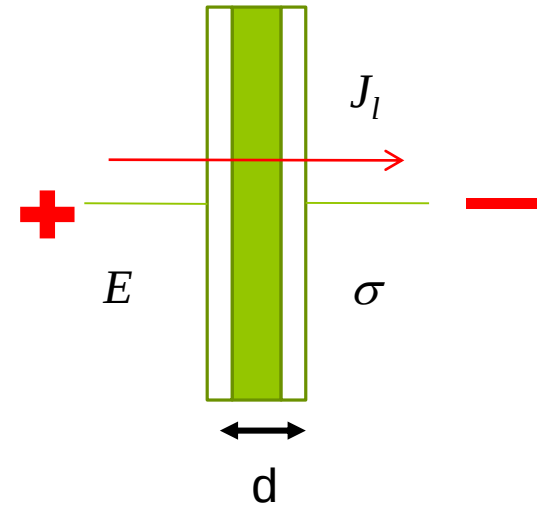
La conductividad normalmente se mide en términos de la resistencia de aislamiento dada por:

dieléctrico

$$R = \frac{d}{\sigma \cdot A}$$

d : longitud del

A : área transversal



Algunas conductividades eléctricas

Metales	Conductividad Eléctrica($S \cdot m^{-1}$)	Temperatura(°C)	Apuntes
<u>Plata</u>	$6,30 \times 10^7$	20	La conductividad eléctrica más alta de cualquier metal
<u>Cobre</u>	$5,96 \times 10^7$	20	
<u>Cobre Recocido</u>	$5,80 \times 10^7$	20	Se refiere a 100% IACS (Standard Internacional de Cobre Recocido, de sus siglas en inglés: International Annealed Copper Standard).
<u>Oro</u>	$4,55 \times 10^7$	20-25	
<u>Aluminio</u>	$3,78 \times 10^7$	20	

Aislantes	Conductividad Eléctrica($S \cdot m^{-1}$)	Temperatura(°C)	Apuntes
<u>Vidrio</u>	10^{-10} a 10^{-14}		
<u>Lucita</u>	$< 10^{-13}$		
<u>Mica</u>	10^{-11} a 10^{-15}		
<u>Teflón</u>	$< 10^{-13}$		
<u>Cuarzo</u>	$1,33 \times 10^{-18}$		Solo si está fundido, en estado sólido es un semiconductor.
<u>Parafina</u>	$3,37 \times 10^{-17}$		
Líquidos	Conductividad Eléctrica($S \cdot m^{-1}$)	Temperatura(°C)	Apuntes
<u>Agua de mar</u>	5	23	
<u>Agua potable</u>	0,0005 a 0,05		
<u>Agua desionizada</u>	$5,5 \times 10^{-6}$		$1,2 \times 10^{-4}$ en agua sin gas;

- Como se dijo el dieléctrico debe ser un aislante por lo tanto la conductividad debe ser muy baja.
- Los materiales dieléctricos suelen tener un rango de conductividad desde 10^{-6} a $10^{-20} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$.
- Con este parámetro de caracterización de un dieléctrico se podría pensar que cualquier aislante puede servir como dieléctrico, sin embargo esto *no es cierto* ya que un dieléctrico también se caracteriza mediante su constante dieléctrica.

❖CONSTANTE DIELECTRICA O PERMITIVIDAD

La constante dieléctrica o permitividad representa la cantidad de energía electrostática que puede ser almacenada por unidad de volumen y por unidad de gradiente de potencial.

La constante dieléctrica se define como:

$$K = \frac{C}{C_0}$$

C: representa la medida de la capacidad

C_0 : representa la capacidad equivalente en vacío

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$\epsilon_0 = 1,0005$ representa la permitividad del vacío

A: área transversal

d: distancia entre placas

- Entonces, teniendo en cuenta los 2 parámetros que caracterizan un dieléctrico, podemos concluir que:
- **TODO DIELECTRICO ES UN AISLANTE, PERO NO TODO AISLANTE ES UN DIELECTRICO.**

Algunas constantes dieléctricas de interés:

Constante dieléctrica y resistencia dieléctrica de algunos materiales		
Material	ϵ_r	Resistencia dieléctrica (kV/mm)
Aceite	2,24	12
Agua a 20 °C	80	
Aire	1,0006	3
Baquelita	4,9	24
Mica	5,4	10-100
Neopreno	6,9	12
Papel	3,7	16
Parafina	2,3	10
Plexiglás	3,4	40
Porcelana	7	5,7
Vidrio pyrex	5,6	14

- Como se observa todos los materiales dieléctricos tiene una alta resistencia dieléctrica.

- Obsérvese también que el agua es la que mayor constante dieléctrica posee

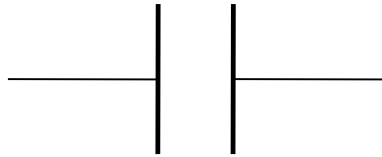
Aislantes $K \rightarrow 1$

Dieléctricos $K \gg 1$

Ej.: el material que se utiliza en un cable coaxil como aislante, debe tener baja constante dieléctrica para no tener efectos capacitivos.

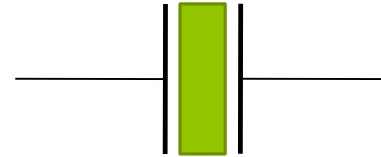
- El Teflón (PTFE) es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos flúor. La fórmula química del monómero, tetrafluoretileno, es $\text{CF}_2=\text{CF}_2$.
- Es también un gran aislante eléctrico y sumamente flexible, no se altera por la acción de la luz y es capaz de soportar temperaturas desde -270°C (3,15 K) hasta 270 °C (543,15 K), valor a partir del cual puede empezar a agrietarse y producir vapores tóxicos.
- El **cuarzo** es un mineral, compuesto de dióxido de silicio (también llamado sílice, **SiO₂**).

❖ Sin dieléctrico



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

❖ Con dieléctrico



$$Q' = C'.V' \quad \frac{C'}{C} = K$$

Si $Q = \text{cte.}$

$$\begin{aligned} &\rightarrow Q = C.V \\ &\rightarrow Q' = C'.V' \text{ c/dieléctrico} \end{aligned}$$

$$Q = K.C.V' \quad V' = \frac{Q}{CK} = \frac{V}{K}$$

Disminuye la tensión y
también disminuye en campo

$$E' = \frac{E}{K}$$

Si $V = \text{cte.}$

$$\begin{aligned} &\rightarrow Q = C.V \\ &\rightarrow Q' = C'.V' \text{ c/dieléctrico} \end{aligned}$$

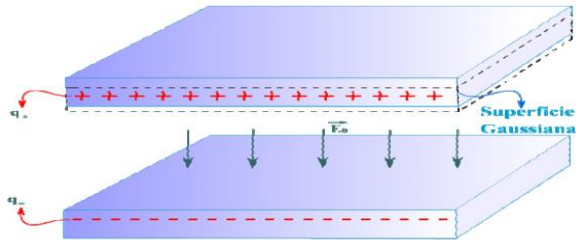
$$C' = K.C \quad Q' = K.C.V = K.Q$$

$$Q' = K.Q$$

Aumenta la carga almacenada

Efecto del dieléctrico en los capacitores

❖ Sin dieléctrico



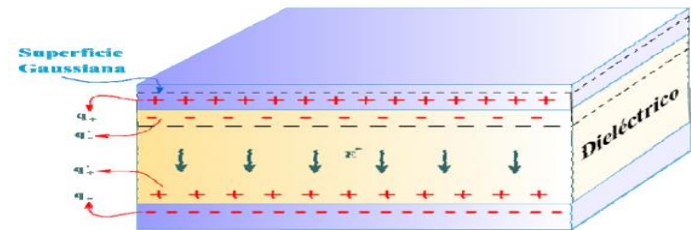
Según la ley de gauss:

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = q \quad \vec{D} = \vec{E} \cdot \epsilon_0$$

$$\epsilon_0 \oint \vec{E}_0 \cdot d\vec{s} = q \quad \epsilon_0 E_0 A = q$$

$$E_0 = \frac{q}{\epsilon_0 A}$$

❖ Con dieléctrico



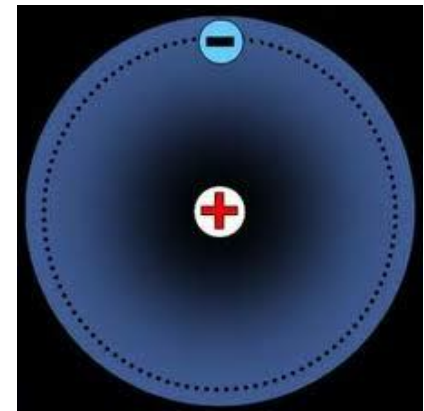
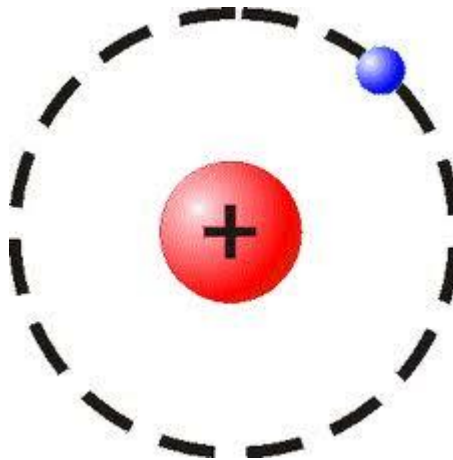
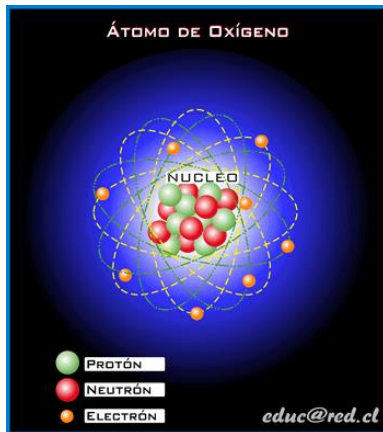
$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = q - q' \quad \epsilon_0 \cdot E \cdot A = q - q'$$

$$E = \frac{q - q'}{\epsilon_0 A} \quad E = \frac{E_0}{K} \quad K: \text{constante dieléctrica}$$

$$\frac{q}{K \cdot \epsilon_0 \cdot A} = \frac{q}{\epsilon_0 A} - \frac{q'}{\epsilon_0 A} \quad q' = q \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right)$$

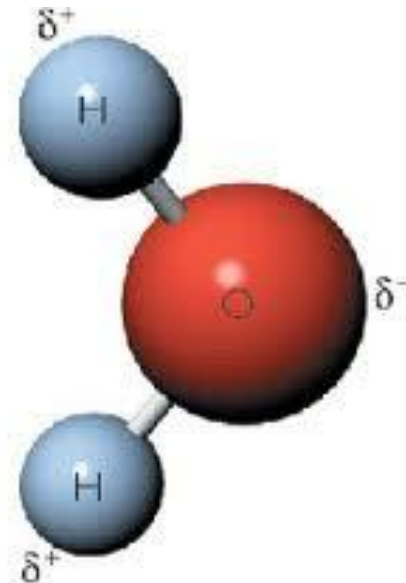
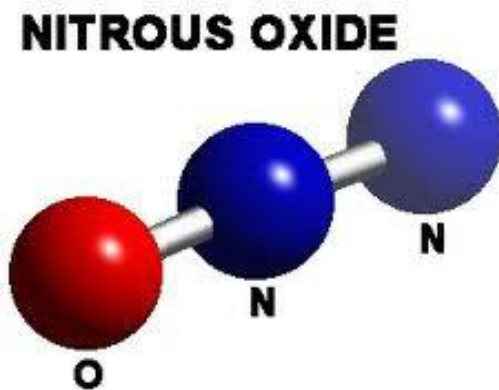
Interpretación atómica del Efecto Dieléctrico

- ❖ Las moléculas de un dieléctrico pueden clasificarse en: polares y no polares.
- ❖ Las moléculas como H_2 , N_2 , O_2 , etc. son no polares, las moléculas son simétricas y el centro de distribución de las cargas positivas coincide con el de las cargas negativas.



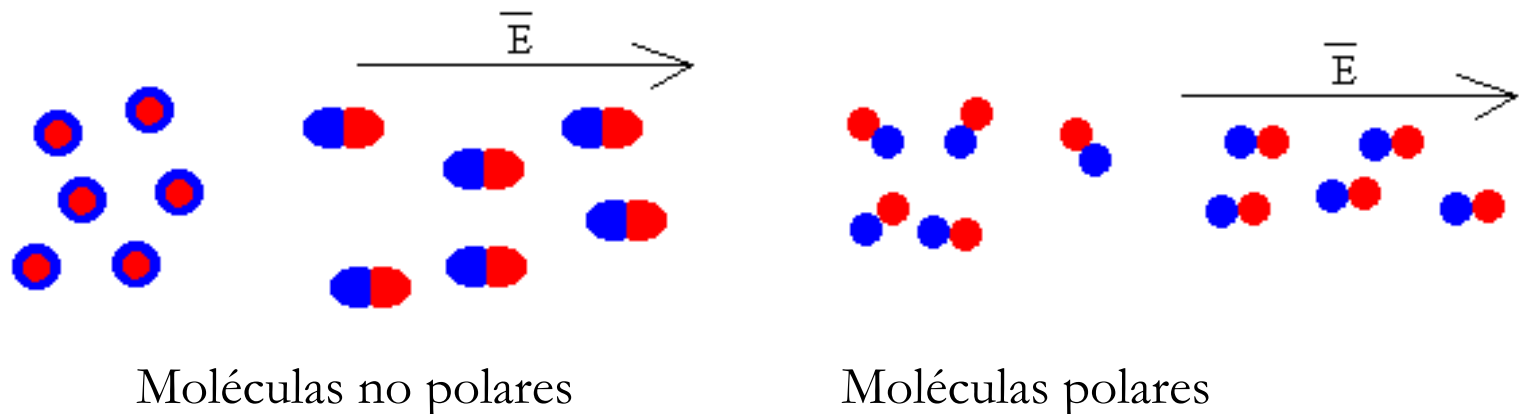
Interpretación atómica del Efecto Dieléctrico

- ❖ Por contrario las moléculas polares como N_2O , H_2O , etc. No presentan simetría y los centros de carga no coinciden.

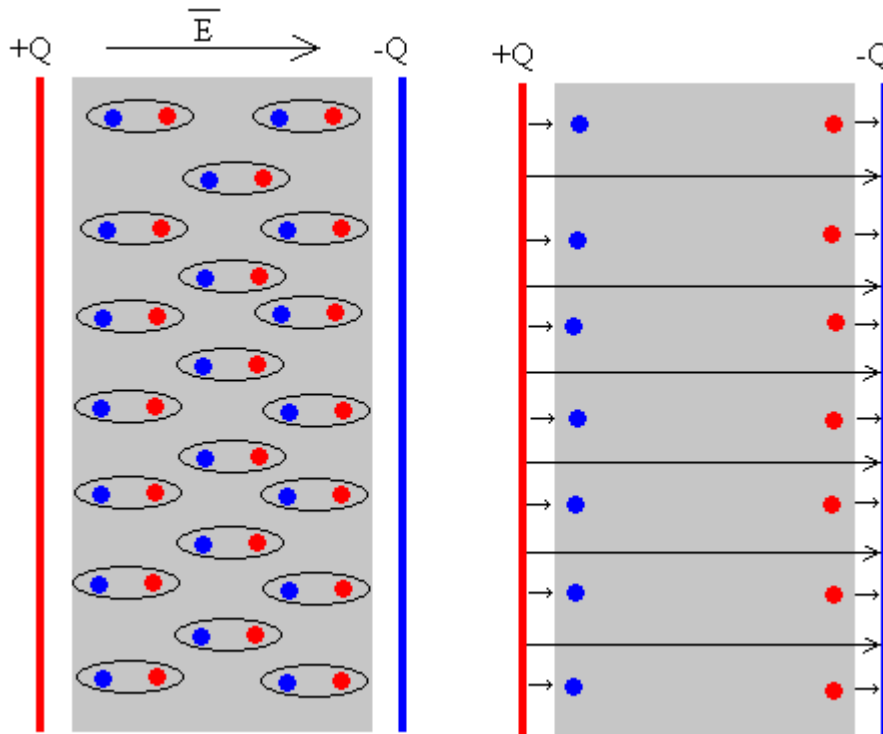


Interpretación atómica del Efecto Dieléctrico

- ❖ Bajo la influencia de un campo eléctrico las cargas de una molécula polar tienden a desplazarse. Las cargas positivas experimentan una fuerza en el sentido del campo eléctrico mientras que las cargas negativas en sentido contrario al campo. Este tipo de dipolo formado por las moléculas se denominan dipolo inducidos.
- ❖ Los moléculas polares o dipolos permanentes se encuentran orientados al azar cuando no existe campo eléctrico, cuando aparece un campo eléctrico estas se orientan con el campo. Mientras mas intenso es el campo mas dipolos se orientaran con el campo



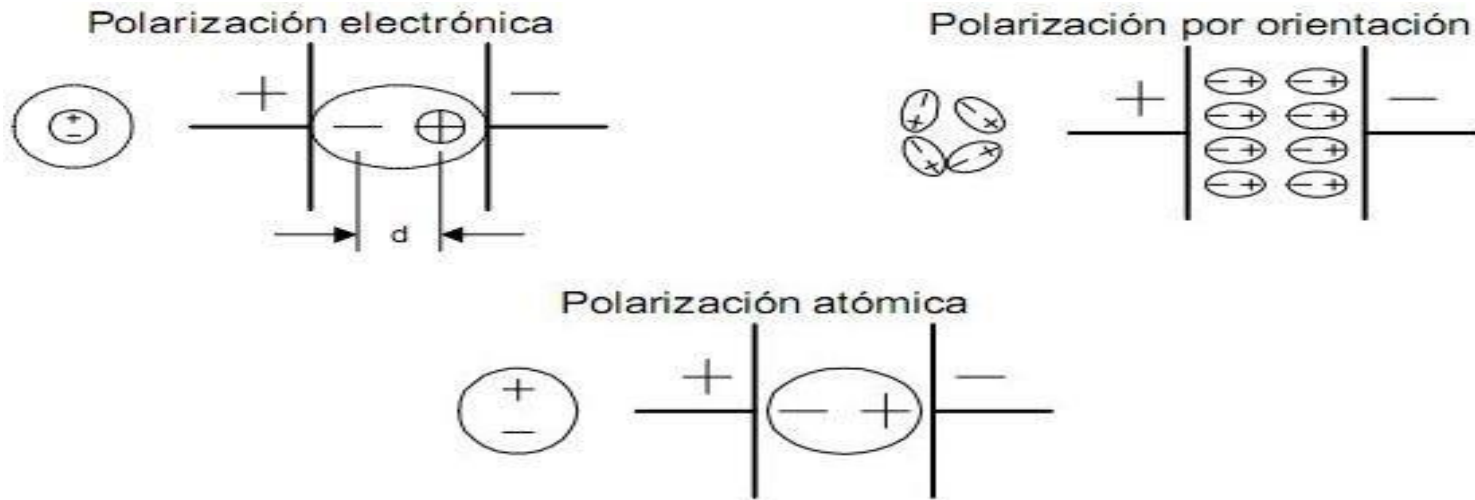
Sean polares o no polares las moléculas de un dieléctrico, el efecto neto en presencia de un campo eléctrico es el que muestra la figura:



$$E' = \frac{E}{K}$$

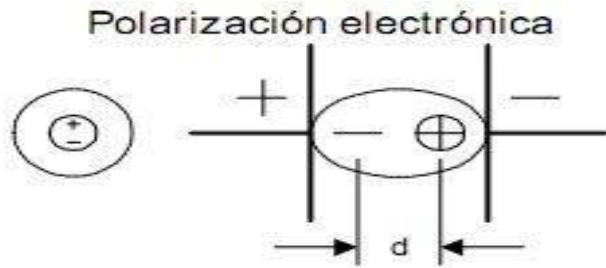
- Al lado de la placa positiva, tenemos carga inducida negativa, mientras que al lado de la placa negativa tenemos carga inducida positiva.
- Como consecuencia de la inducción de carga el campo eléctrico entra las placas del condensador es menor que si no hubiera dieléctrico (vacío). El campo y la diferencia de potencial disminuyen en proporción inversa a su constante dieléctrica

Tipos de Polarización



❖ ***Polarización Electrónica:*** tiene lugar en moléculas, átomos e iones; bajo la influencia de un campo eléctrico la nube electrónica se desplaza de cada átomo, de modo que el centro de las cargas negativas se desplaza una distancia “ d ” del núcleo positivo. Este desplazamiento provoca la formación de dipolos inducidos y la polarización del átomo.

Tipos de Polarización



❖ ***Polarización Iónica:*** se presenta en moléculas iónicas, sean polares o no, las cuales tienen átomos con excesos de carga (iones) que se desplazan solicitados por el campo exterior.

❖ ***Polarización Orientacional:*** se produce únicamente en sustancias con moléculas polares, es decir hay dipolos formados aun en ausencia del campo eléctrico. Están orientados al azar y al aplicar un campo eléctrico se orientan en el sentido de este.

Rigidez Dieléctrica

Se entiende por Rigidez dieléctrica al valor límite del campo eléctrico que se puede aplicar, con el cual un material aislante pierde su característica y pasa a ser conductor.

También se puede decir que es la tensión máxima que soporta un aislante antes de conducir, podemos llamarla también ruptura dieléctrica.

Substancia	Rotura dieléctrica (MV/m)
Helio	0'15
Aire	0'4 - 3'0 (depende de su presión)
Alumina	13'4
Vidrio de ventana	9'8 - 13'8
Aceite de silicio, Aceite mineral	10 - 15
Benceno	16
Poliestireno	19'7
Polietileno	18'9 - 21'7
Goma de Neopreno	15'7 - 27'6
Ultra-pura Agua	30
Alto vacío (	20 - 40 (depende de la forma del electrodo)
Fused silica	25 - 40
Papel de cera	40 - 60
Teflon	60
Mica	20 - 70
Película delgada de SiO ₂	> 1000
Parafina	13'9
Papel parafinado	32 - 40 (depende del grosor de cada material)

En los aislamientos de líneas de alta tensión la ruptura puede producirse en la superficie de aislamiento y no solo en el material. Las superficies de los aislantes suelen ser de porcelana, cristal o materiales poliméricos

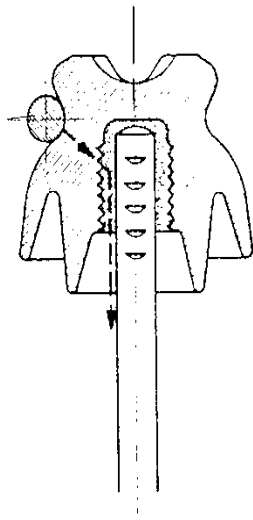


Fig. 203.—Paso de corriente en un aislador por conductividad de masa (corriente de fuga).

Conductividad

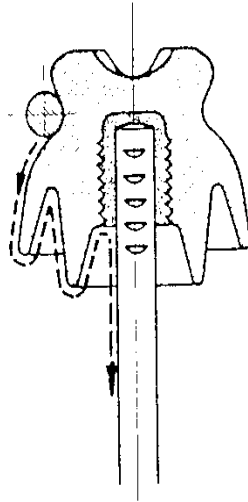


Fig. 204.—Paso de corriente en un aislador por conductividad superficial.

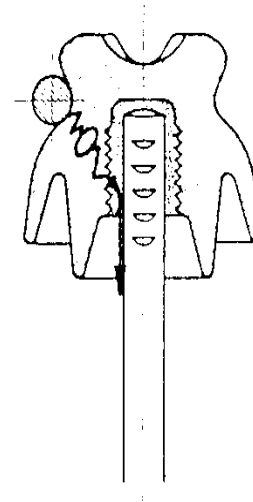


Fig. 205.—Paso de corriente en un aislador por perforación de la masa del aislador.

perforacion

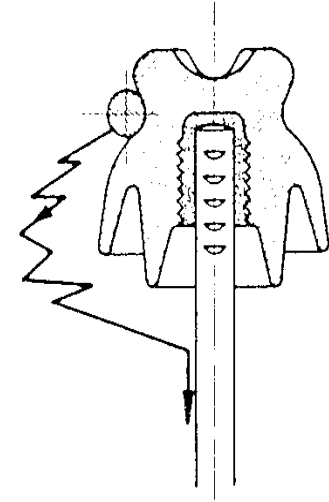


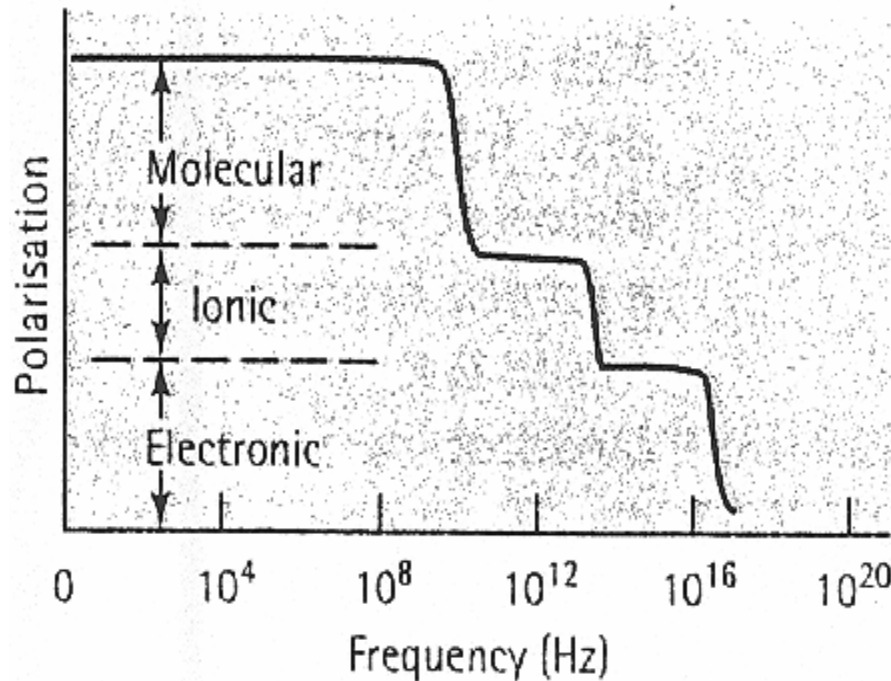
Fig. 206.—Paso de corriente en un aislador por descarga disruptiva a través del aire.

Descarga



Como ejemplo de ruptura dieléctrica se puede observar cuando se forma un arco en las líneas de alta tensión. Esto se produce debido a que se produce la ruptura dieléctrica del aire, con lo cual conduce y se produce el arco.

Dependencia de la constante dieléctrica con la frecuencia



En el grafico se puede observar los tipos de polarización en función de la frecuencia.

Cuando se aplica un campo eléctrico variable los dipolos deben alinearse junto con el campo, lo que les lleva un determinado tiempo, la inversa de este tiempo es la frecuencia de relajación. Cuando la frecuencia supera este parámetro los dipolos no pueden seguir las variaciones de campo eléctrico

Perdidas Dieléctricas

Las pérdidas en un dieléctrico se producen principalmente por:

- ❖ El movimiento de los portadores libres de carga (iones y electrones). Dependen de la conductividad del material
- ❖ La orientación de los dipolos: para que los dipolos se orienten en sentido del campo estos deben realizar trabajo con lo cual se consume energía

Las pérdidas dependen de:

- ❖ La temperatura
- ❖ La frecuencia

Se define un factor de disipación

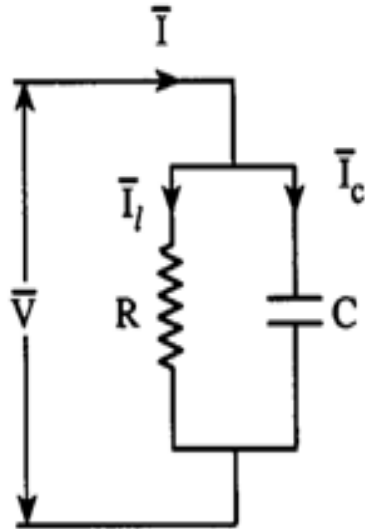
$$\tan \delta = \frac{\sigma}{\omega \cdot \epsilon'}$$

σ : Conductividad

ω : frecuencia

ϵ' : permitividad

Podemos expresar las pérdidas dieléctricas mediante un circuito equivalente:



R representa las pérdidas por efecto joule (calor generado)

Para una tensión aplicada V , la corriente de fuga viene dada por $I_f = V/R$ y la corriente equivalente por el capacitor es $I_c = j\omega CV$ y $\tan\delta = I_f/I_c$. Hay que tener en cuenta que los valores de R y C dependen de la temperatura y de la frecuencia

A menudo se suele tomar las pérdidas en un capacitor como despreciables pero hay casos en los que son sumamente importante como en un sistema de Muestreo y retención de un conversor AD