

# Electromagnetismo 1

S08 - Conductores

---

Josue Meneses Díaz

Universidad de Santiago de Chile

## Conductores

---

## Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos son materiales en los cuales algunos electrones son libres, es decir, no están unidos a átomos y pueden moverse con relativa libertad a través del material. Cuando muchos átomos se combinan para formar un metal, los electrones exteriores se mueven por el metal de manera similar a las moléculas de gas en un recipiente. Algunos ejemplos son el oro, cobre, plata y aluminio.

## Aislantes eléctricos

Los aislantes eléctricos son materiales en los cuales todos los electrones están unidos a átomos y no pueden moverse libremente a través del material. Cuando se frota estos materiales, solo la zona frotada se carga y las partículas cargadas no pueden moverse hacia otras zonas del material. Algunos ejemplos son el vidrio, el caucho y la madera.

Un aislante como el vidrio o el papel es un material en el que los electrones están unidos a algunos átomos particulares y no pueden moverse libremente. Por otro lado, dentro de un conductor, los electrones son libres de moverse. Las propiedades básicas de un conductor en equilibrio electrostático son las siguientes:

- (1) El campo eléctrico dentro de un conductor es cero;
- (2) Cualquier carga neta debe residir en la superficie del conductor;
- (3) La componente tangencial del campo eléctrico en la superficie es cero;
- (4) Justo fuera del conductor, el campo eléctrico es normal a la superficie;
- (5) La discontinuidad en el componente normal del campo eléctrico a través de la superficie de un conductor es proporcional a la densidad de carga superficial

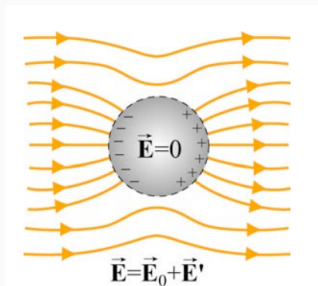
A continuación demostramos estas propiedades.

## Propiedades de los conductores

---

## (1) El campo eléctrico es cero dentro de un conductor.

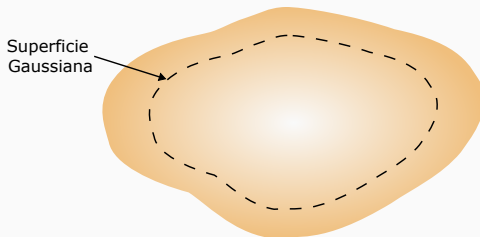
Cuando colocamos un conductor esférico sólido en un campo externo constante  $\vec{E}_0$ , las cargas positivas y negativas se desplazarán hacia las regiones polares de la esfera induciendo así un campo eléctrico interno  $\vec{E}'$ . En el interior del conductor,  $\vec{E}'$  apunta en la dirección opuesta a  $\vec{E}_0$ . Dado que las cargas son móviles, continuarán moviéndose hasta que  $\vec{E}'$  cancele completamente  $\vec{E}_0$  dentro del conductor.



Este efecto se cumple tanto para conductores sólidos o huecos.

## (2) Cualquier carga neta debe residir en la superficie.

Si hubiera una carga neta en el interior del conductor, entonces, según la ley de Gauss,  $\vec{E}$  ya no sería cero allí. Por lo tanto, toda la carga excedente neta debe fluir hacia la superficie del conductor.

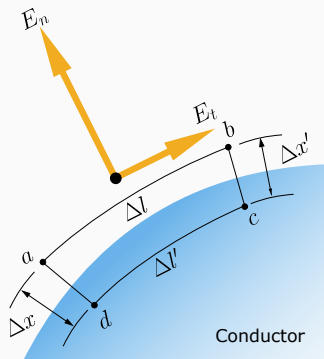


### (3) La componente tangencial del campo eléctrico en la superficie es cero;

Si en un conductor el campo eléctrico es cero en su interior, entonces cualquier exceso de carga colocada en el conductor debe distribuirse en la superficie. Consideremos la integral de línea  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$  de la figura. Como  $\vec{E}$  es conservativo:

$$\oint_{abcd a} \vec{E} \cdot d\vec{s} = E_t(\Delta l) - E_n(\Delta x') + 0(\Delta l') + E_n(\Delta x)$$
$$0 = E_t(\Delta l)$$

Donde  $E_t$  y  $E_n$  son las componentes tangencial y normal del campo eléctrico.





#### (4) Justo fuera del conductor, el campo eléctrico es normal a la superficie;

Si la componente tangencial de  $\vec{E}$  es inicialmente distinta de cero, las cargas se moverán hasta que desaparezca. Por lo tanto, solo sobrevive el componente normal.

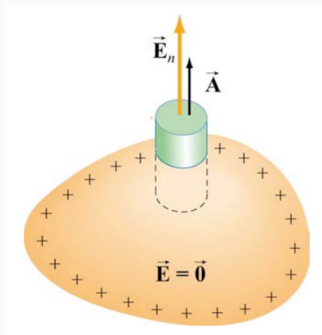
Usando la ley de Gauss, obtenemos:

$$\Phi_E = \oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = E_n A + (0)(A) = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

Por lo tanto, el componente normal del campo eléctrico es proporcional a la densidad de carga superficial

$$E_n = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

El resultado anterior es válido para un conductor de forma arbitraria.



(5) La discontinuidad en el componente normal del campo eléctrico a través de la superficie de un conductor es proporcional a la densidad de carga superficial

Al igual que en los ejemplos de un plano no conductor infinitamente grande y una capa esférica, el componente normal del campo eléctrico exhibe una discontinuidad en el límite:

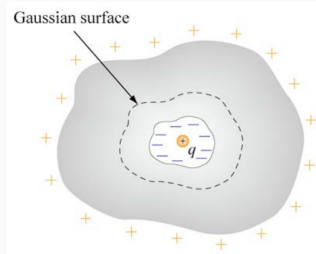
$$\Delta E_n = E_n^{(+)} - E_n^{(-)} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - 0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

## Ejemplos

---

### Ejemplo (Conductor con carga dentro de una cavidad)

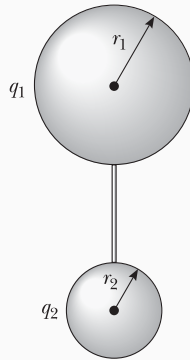
Considere un conductor hueco que se muestra en la Figura. Supongamos que la carga neta transportada por el conductor es  $+Q$ . Además, hay una carga  $q$  dentro de la cavidad. ¿Cuál es la carga en la superficie exterior del conductor?



### Ejemplo (Dos esferas conectadas)

Supongamos que dos esferas metálicas con radios  $r_1$  y  $r_2$  están conectadas por un cable conductor delgado.

Encuentre la relación de las magnitudes de los campos eléctricos en las superficies de las esferas



### Ejemplo (Cascarón conductor)

Considere un cascarón esférico metálica de radio  $a$  y carga

- (a) Encuentre el potencial eléctrico en todas partes.
- (b) Dibuje el campo eléctrico  $\vec{E}$  y potencial eléctrico  $V$  en el interior y exterior del cascarón.

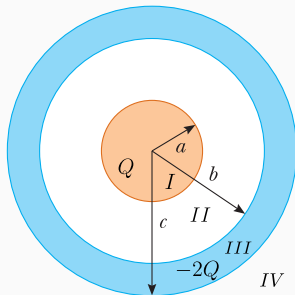
### Ejemplo (Esfera conductora)

Una esfera conductora posee una carga positiva total  $q$  de radio  $R$ . Determinar el campo eléctrico en el interior y en el exterior de la esfera. Realice un esquema del campo eléctrico en ambas zonas.

### Ejemplo (Una esfera dentro de un cascarón esférico)

Una esfera aislante sólida, de radio  $a$  y carga positiva uniforme  $Q$ , es cubierta por un cascarón esférico conductor, con radio interior  $b$  y radio exterior  $c$ , es concéntrico con la esfera sólida con una carga  $-2Q$ .

Encuentre el campo eléctrico en todas las zonas mostradas en la figura.





## Resumen

---

Los materiales conductores presentan las siguientes propiedades:

- (1) El campo eléctrico dentro de un conductor es cero;
- (2) Cualquier carga neta debe residir en la superficie del conductor;
- (3) La componente tangencial del campo eléctrico en la superficie es cero;
- (4) Justo fuera del conductor, el campo eléctrico es normal a la superficie;
- (5) La discontinuidad en el componente normal del campo eléctrico a través de la superficie de un conductor es proporcional a la densidad de carga superficial

## Referencias

---

- Freedman, Young, and S. Zemansky. 2009. "22.4 Aplicaciones de La Ley de Gauss. 22.5 Cargas En Conductores. 23.3 Cálculo Del Potencial Eléctrico." In *Física Universitaria*.
- Serway, Raymond A., and John W. Jewett. 2005. "24.4 Conductores En Equilibrio Electrostático. 25.6 Potencial Eléctrico a Causa de Un Conductor Con Carga." In *Física Para Ciencias e Ingeniería Con Física Moderna*, 7ma ed. Vol. 2. CENGAGE learning.