



Nombre del Alumno: Yahir Aguilar Sicalhua

Nombre del tema: Electroestática y Electrodinámica

Parcial: 1

Nombre de la Materia: Electricidad y Magnetismo

Nombre del profesor: Juan José Ojeda Trujillo

Nombre de la Licenciatura: Ingeniería en Sistemas Computacionales

Cuatrimestre: 3

En este ensayo estaremos abordando puntos de dos temas en común; Electroestática y la Electrodinámica, pero antes de entrar en ello debemos tener claro que es cada una de ellas y que es lo que estudia:

Electroestática: Es la parte de la física que estudia las interacciones entre las cargas eléctricas en reposo. Estudia la electricidad en la materia y los fenómenos producidos por cargas eléctricas en reposo. Se preocupa de la medida de la cantidad de electricidad presente en los cuerpos.

Electrodinámica: Parte de la física que estudia el fenómeno de la electricidad en movimiento. Estudia las cargas eléctricas en movimiento de un conductor y la corriente eléctrica es el movimiento de las cargas negativas a través de un conductor que es producido por la existencia de potencial eléctrico.

UNIDAD 1

ELECTROSTÁTICA

1.1. LA CARGA ELÉCTRICA Y SUS PROPIEDADES

La carga eléctrica, al igual que la masa, es una propiedad característica de la materia y es la causa de los fenómenos asociados a la electricidad. Probablemente fueron los antiguos filósofos griegos, particularmente Tales de Mileto (624 – 534 a. C.) los primeros en observar fenómenos eléctricos. Cuando un átomo -o un cuerpo- tiene la misma cantidad de cargas positivas (protones) y negativas (electrones) se dice que está eléctricamente neutro. Si se produce un desequilibrio entre la cantidad de electrones y protones, se dice que está electrizado.

1.2. AISLANTES, CONDUCTORES Y SEMICONDUCTORES

1. CONDUCTORES

Los conductores son materiales (generalmente metales), cuya estructura electrónica les permite conducir la corriente eléctrica a bajas temperaturas o temperatura ambiente; su resistividad al paso de la corriente eléctrica es muy baja.

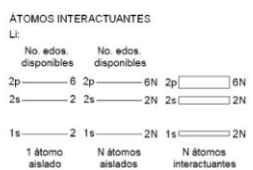


Fig. 2 Formación de bandas energéticas en N átomos interactuantes de Li.

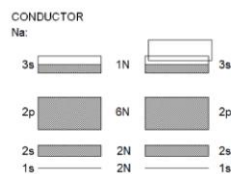


Fig. 3 Sobreposición de bandas en un buen conductor (sodio).

2. AISLANTES

Los aislantes son materiales con una resistencia tan alta, que no es posible la conducción eléctrica a través de ellos. Un caso extremo, de este tipo de materiales, es el diamante (Fig. 4).

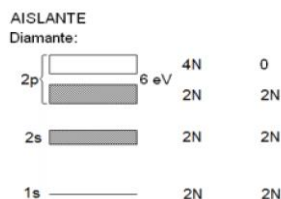


Fig. 4 En el diamante, material aislante, existe una barrera de energía muy alta entre un orbital 2p lleno y los restantes vacíos.

3. SEMICONDUCTORES

Los semiconductores se encuentran situados, por lo que hace a su resistencia, entre los conductores y los aislantes, ya que a temperaturas muy bajas difícilmente conducen la corriente eléctrica y más bien se comportan como aislantes, pero al elevar su temperatura o al ser sometidos a un campo eléctrico externo, su comportamiento cambia al de los conductores. Estos semiconductores son conocidos como intrínsecos y, en ellos, las bandas de conducción y valencia se encuentran separadas por una barrera de energía (banda prohibida) más pequeña (comparada con la del diamante), de aproximadamente 1 eV (1.1 eV para el Si y 0.7 eV para el Ge).

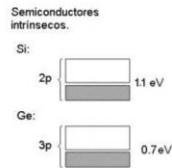


Fig. 5 Bandas prohibidas para materiales semiconductores (Si y Ge).

En este tipo de materiales, cuando se transfiere un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción, se crea un "hueco" que actúa como un "transportador" de carga positiva, fenómeno que eventualmente puede crear una "corriente positiva".

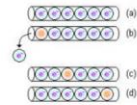
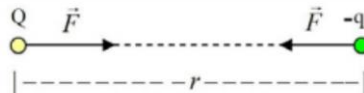


Fig. 6 Movimiento de huecos en un Semiconductor.

1.3.- LEY COULOMB

La ley de Coulomb señala que la fuerza F (newton, N) con que dos carga eléctricas Q y q (culombio, C) se atraen o repelen es proporcional al producto de las mismas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r (metro, m) que las separa.

$$F = K \frac{Qq}{r^2}$$



K es la constante eléctrica del medio (en el vacío vale $K = 9 \cdot 10^{-9} \text{ N m}^2 / \text{C}^2$). Cuando las dos cargas tienen igual signo, la fuerza es positiva e indica repulsión. Si ambas cargas poseen signos opuestos, la fuerza es negativa y denota atracción, como la figura.

1.4.- CAMPO ELÉCTRICO

Una carga, al moverse libremente entre dos puntos de un campo eléctrico constante, experimenta una aceleración y un incremento de su energía cinética que equivale al producto de la carga por la diferencia de potencial eléctrico entre esos dos puntos. En el movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico, se pueden dar dos situaciones: que las partículas ingresen en forma paralela a las líneas de campo o que lo hagan en forma perpendicular a estas líneas. a. En un campo eléctrico uniforme en que $V_A > V_B$, una carga positiva inicialmente en reposo se moverá de mayor a menor potencial, mientras que una carga negativa se moverá de menor a mayor potencial.

1.4.1.- INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

El desarrollo de la Física ha sido posible, muchas veces, mediante sencillos e ingeniosos experimentos como el de la gotita de aceite del físico norteamericano Robert Millikan, quien a principios del siglo XX (entre 1909 y 1913), diseñó un montaje experimental para determinar la carga del electrón.

Básicamente consistía en un condensador de placas planas separadas a una distancia d y conectadas a una batería que suministraba una diferencia de potencial variable. A través de un pequeño orificio practicado en la placa superior, era posible, mediante un pulverizador, introducir diminutas gotas de aceite cargadas por fricción al espacio entre las placas. Gracias a un microscopio dotado de un retículo se podía medir el desplazamiento que una gota realizaba en cierto tiempo.

1.4.2.- CAMPO ELÉCTRICO DE UNA DISTRIBUCIÓN DE CARGA CONTINUA

El potencial eléctrico (voltaje) en cualquier punto del espacio producido por una distribución continua de cargas, se puede calcular a partir de la expresión de carga puntual por medio de la integración, puesto que el voltaje es una cantidad escalar.

La distribución continua de cargas, requiere un número infinito de elementos de carga para caracterizarlo, y la suma infinita que se necesita, es exactamente lo que hace una integral. Para realmente llevar a cabo la integral, el elemento de carga se expresa en términos de la geometría de la distribución, con el uso de alguna densidad de carga.

1.4.3.- LINEAS DE CAMPO ELÉCTRICO

Una línea de campo eléctrico es una recta o curva imaginaria trazada a través de una región en el espacio, de modo que el vector de campo eléctrico en un punto sea tangente a la línea de campo eléctrico en ese punto.

Las líneas no pueden cruzarse en ningún punto. Las líneas parten de las cargas positivas y entran en las cargas negativas, de ahí que las cargas positivas se les denomine fuentes del campo y a las negativas sumideros. El número de las líneas que salen o entran en la carga es proporcional al valor de esta.

1.4.4.- MOVIMIENTO DE PARTÍCULAS CARGADAS EN UN CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME

Una de las aplicaciones más útiles de la fuerza experimentada por un conductor eléctrico en presencia de un campo magnético perpendicular a él es el motor eléctrico que transforma energía eléctrica en energía mecánica.

Una partícula cargada que está en una región donde hay un campo eléctrico, experimenta una fuerza igual al producto de su carga por la intensidad del campo eléctrico $f_e = q E$ $f_e = q E$.

Aplicamos el principio de conservación de la energía, ya que el campo eléctrico es conservativo.

1.5.- LEY DE GAUSS Y SUS APLICACIONES

La ley de Gauss desempeña un papel importante dentro de la electrostática y del electromagnetismo por dos razones básicas:

1. En primer lugar, porque permite calcular de forma simple el campo eléctrico debido a una distribución de cargas cuando ésta presenta buenas propiedades de simetría.
2. En segundo lugar, porque la ley de Gauss constituye una ley básica, no solo de la electrostática, sino del electromagnetismo en general.

la ley de Gauss es esencialmente una ecuación matemática que relaciona el campo eléctrico sobre una superficie cerrada con la carga eléctrica encerrada en su interior. – La ley de Gauss puede interpretarse cualitativamente de forma simple usando el concepto de líneas de campo.

1.6.- POTENCIAL ELÉCTRICO

Cuando un objeto cargado se mueve en presencia de un campo eléctrico, el campo realizará trabajo sobre éste. El trabajo realizado por las fuerzas eléctricas puede expresarse en función de una energía potencial, pues las fuerzas eléctricas son fuerzas conservativas. En estos casos, si el objeto se mueve desde el punto a al punto b, en una trayectoria cualquiera, el trabajo realizado por la fuerza eléctrica se expresa mediante la relación siguiente.

$$W_{a \rightarrow b} = -(\Delta U) = U_a - U_b = \int_a^b \vec{F}_E \cdot d\vec{l}$$

1.6.1.- DIFERENCIA DE POTENCIAL Y POTENCIAL ELÉCTRICO

Potencial eléctrico A la energía potencial por unidad de carga se le denomina el potencial eléctrico. Este concepto es muy general ya que el potencial en un punto es independiente de la carga de prueba q' y únicamente caracteriza la influencia del campo eléctrico en el espacio.

Como la energía potencial y la carga son cantidades escalares, el potencial también es una cantidad escalar. En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad para el potencial eléctrico es el volt (V).

La diferencia de potencial de a con respecto a b, se interpretaría como el trabajo por unidad de carga, cuando esta se mueve del punto a al b bajo la influencia del campo eléctrico.

1.6.2.- OBTENCIÓN DEL VALOR DE CAMPO ELÉCTRICO A PARTIR DEL POTENCIAL ELÉCTRICO

La fuerza electrostática es conservativa, por lo que se puede calcular el cambio de energía potencial cuando la carga q_0 pasa de un punto "a" a otro "b" de un campo eléctrico. El cambio de energía potencial es igual al trabajo en contra del campo eléctrico producido por q cuando q_0 se mueve de "a" a "b".

$$\Delta U = - \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{s} = - \int_a^b F \cdot dr \quad ; \text{Ecuación 4}$$

$$\Delta U = - \int_a^b \frac{kq_0 q}{r^2} \cdot dr \quad ; \text{Ecuación 5}$$

$$\Delta U = U_b - U_a = kq_0 q \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right) \quad ; \text{Ecuación 6}$$

Si el punto "a" se ubica en el infinito, (a una distancia tal que el campo producido por q no es perceptible) entonces se define potencial eléctrico en el punto "b" como:

Por definición la diferencia de potencial entre los puntos "a" y "b" es:

$$V_b - V_a = \frac{\Delta U}{q_0} = kq \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right) \quad ; \text{Ecuación 7}$$

El potencial eléctrico en un punto cualquiera situado a una distancia r de una carga puntual q es:

$$V = \frac{kq}{r} \quad ; \text{Ecuación 8}$$

1.6.3.- POTENCIAL ELÉCTRICO DEBIDO A DISTRIBUCIONES DE CARGAS CONTINUAS

El potencial eléctrico (V) en un punto es el trabajo requerido para mover una carga unitaria q (energía o trabajo por unidad de carga) desde ese punto hasta el infinito, donde el potencial es cero.

Matemáticamente se expresa por: $V = W/q$

La energía por unidad de carga por lo general es más útil para aplicaciones eléctricas que la energía potencial mutua.

1.6.4.- POTENCIAL ELÉCTRICO DEBIDO A UN CONDUCTOR ELÉCTRICO

Como el campo eléctrico es igual a la velocidad de cambio del potencial, esto implica que el voltaje en el interior de un conductor en equilibrio está restringido a ser constante y con el valor que alcanza en la superficie del conductor.

UNIDAD 2

ELECTRODINÁMICA

2.1.- CORRIENTE ELÉCTRICA

Es un fenómeno físico causado por el desplazamiento de una carga (ion o electrón). En el caso de un conductor metálico, son principalmente los electrones los que toman parte en la corriente. La intensidad de la corriente es la cantidad de carga que pasa por un conductor por unidad de tiempo.

2.1.1.- FUENTES DE FUERZA ELECTROMOTRIZ PILAS Y BATERÍAS

Las fuentes de FEM más importantes son baterías, generadores eléctricos, celdas de combustibles y celdas solares. Un alambre con cierta resistividad, conectando a las terminales de una batería o **fuentes de FEM**. La energía potencial U de una carga (positiva) es alta, cuanto está en la terminal positiva P de la batería.

2.2.- RESISTENCIA

La resistencia eléctrica es la propiedad por la cual un conductor se opone al paso de la corriente y se mide en ohms cuyo símbolo es la omega mayúscula: Ω

2.2.1.- RESISTIVIDAD

Hay varios caminos para proveerse de resistencias eléctricas en la práctica:

1. Darle forma y cortar un trozo de metal
2. Adquirir un alambre calibrado en negocios del ramo
3. Comprar una resistencia eléctrica de las usadas en electrónica Para la primera opción sólo hace falta conocer la resistividad de un material y maquinarlo. Para la segunda la resistividad por unidad de sección es dato del fabricante y sólo resta cortar el largo adecuado.

Para la tercera se requiere conocer el valor en ohms necesario y que exista en el mercado o bien conformarnos con el valor estándar más cercano.

2.2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTIVIDAD

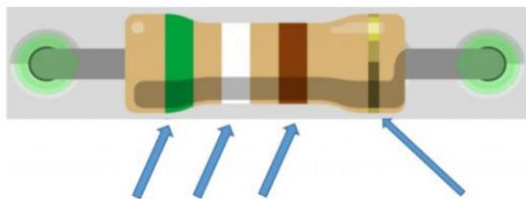
1. **El tipo de metal.** Algunos metales tienen una bajísima resistencia interna debido al arreglo de sus átomos (y otros factores).

Los cuatro metales con resistencia mínima entre todas las sustancias son plata, cobre, oro y aluminio. De los cuatro, la plata tiene menor resistencia, seguida por el cobre, luego el oro y después el aluminio.

2. **La longitud del alambre.** La resistencia de un alambre de metal aumenta con su longitud. A mayor longitud de un alambre de metal habrá más colisiones entre átomos y electrones, con lo que se convierte en calor más energía de los electrones.
3. **El área de sección transversal de un conductor.** A mayor amplitud en el camino de la corriente de electrones, más facilidad para su flujo a través del metal. A mayor área de la sección transversal del alambre, menor resistencia.
4. **La temperatura del metal.** A una temperatura normal, la energía calorífica presente en todas las sustancias origina una suave vibración o agitación de sus átomos, sin que éstos pierdan su posición en el cristal de metal.

Si se aumenta la temperatura, los átomos se agitan más y habrá mayor número de choques entre los electrones que fluyen y los átomos. La resistencia aumenta con la temperatura en los metales.

2.2.3.- CÓDIGO DE COLORES



Color	1Ra. Banda	2Da. Banda	3Ra. Banda	Multiplcadora	Tolerancia
negro	0	0	x1		
café	1	1	x10		
rojo	2	2	x100		2%
naranja	3	3	x1000		
amarillo	4	4	x10000		
verde	5	5	x100000		
azul	6	6	x1000000		
violeta	7	7	x10000000		
gris	8	8	x100000000		
blanco	9	9	x1000000000		
				dorado 5%	
				plata 10%	

2.2.4.- RESISTENCIA EN SERIE Y PARALELO

RESISTENCIA EN SERIE: Una conexión de resistencias o cargas eléctricas en serie se caracteriza por que todas estas van conectadas una tras otra, y esto hace que la corriente que pasa por ellas sea la misma no importando la posición que ocupen dentro de la cadena.

RESISTENCIA EN PARALELO: Las resistencias están en paralelo cuando no están conectadas directamente, sino que están opuestas entre sí en un circuito eléctrico. Para calcular la resistencia combinada de las resistencias en paralelo, sume el inverso de la resistencia individual de cada resistor.

2.3.- LEY DE OHM

Tuvo que reemplazar la pila de volta por una fuente de tensión más estable y de baja resistencia interna (fue la batería termoeléctrica de Seebeck conocida como "Termocupla") Así obtiene la relación existente entre intensidad de corriente y la diferencia de potencial. Ohm cuantifica esta relación como una proporcionalidad, en efecto sólo una constante vincula corriente y tensión en un circuito y esa constante es la resistencia eléctrica de forma que: $V = I \times R$ n Donde V es la diferencia de potencial en Voltios de la fuente que alimenta al circuito, I es la corriente medida en amperes y R es la resistencia eléctrica conectada a la fuente.

2.4.- LEYES DE KIRCHHOFF

PRIMERA LEY

Se puede generalizar la **Primera ley de Kirchhoff** diciendo que la suma de las corrientes entrantes a un nodo son iguales a la suma de las corrientes salientes.

Si se le asigna **signos (+ y -)** a las corrientes del circuito, positivo las corrientes que entran y negativo las corrientes que salen, entonces, la **sumatoria de las corrientes** que convergen en un nodo **es igual a cero**.

SEGUNDA LEY

La aplicación de la **segunda Ley de Kirchhoff** (Gustav Kirchhoff 1824-1887) se utiliza cuando un circuito posee **mas de una batería y varios resistores** de carga. En este caso, ya no resulta tan claro como se establecen la corriente por el mismo. En este caso es de aplicación de esta ley la que nos permite resolver el circuito con una gran claridad.

2.5.- ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA

La potencia eléctrica se puede entender, en general, como la rapidez con que se transforma un tipo de energía en otro tipo de energía, en un determinado intervalo de tiempo. La potencia eléctrica, en particular, corresponde a la cantidad de energía eléctrica que un objeto consume o genera en un intervalo de tiempo.

Las grandes centrales eléctricas son las encargadas de generará energía eléctrica utilizando distintos tipos de energía para funcionar. Las más comunes son las centrales hidroeléctricas, que funcionan con energía hidráulica, y las centrales termoeléctricas, que funcionan con energía térmica.

2.5.1.- LEY DE JOULE

Al circular una corriente eléctrica a través de un conductor el movimiento de los electrones dentro del mismo produce choques con los átomos del conductor cuando adquieren velocidad constante, lo que hace que parte de la energía cinética de los electrones se convierta en calor, con un consiguiente aumento en la temperatura del conductor. Mientras más corriente fluya mayor será el aumento de la energía térmica del conductor y por consiguiente mayor será el calor liberado. A este fenómeno se le conoce como efecto joule.

El calor generado por este efecto se puede calcular mediante la ley de joule que dice que:

“La cantidad de calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente”.

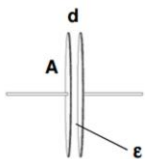
2.6.- CAPACITANCIA

La capacitancia C es la razón existente entre la carga eléctrica Q almacenada entre dos conductores (capacitor), por unidad de diferencia de potencial eléctrico V existente entre tales conductores.

Un capacitor consiste de dos conductores a y b llamados placas. Se supone que están completamente aislados y que se encuentran en el vacío. Se dice que un capacitor está cargado si sus placas tienen cargas iguales y opuestas, $+q$ y $-q$. Cuando se mencione a la carga, q , de un capacitor se considera a la magnitud de la carga de cualquiera de las placas. Un capacitor puede adquirir carga eléctrica si se conecta a las terminales de una batería.

2.6.1.- DEFINICIÓN

Para un capacitor de placas paralelas, la capacitancia queda definida por el área de las placas A , su separación d , y la permitividad ϵ del dieléctrico existente entre ellas.



$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

En el vacío:
 $\epsilon = 8.854\ 187\ 817\ \text{pF/m}$

CODATA 2010

2.6.2.- PARÁMETROS QUE AFECTAN LA CAPACITANCIA

En principios la capacitancia fue estudiada por el gran científico inglés Michael Faraday (1791-1967). Detectando que esta es una característica eléctrica muy específica originada cuando dos conductores aislados A y B con cargas iguales en magnitud, pero de polaridades antagónicas se encuentran separadas una distancia fija. La configuración anterior recibe el nombre de capacitor y la característica eléctrica que la representa recibe el nombre de capacitancia. En general para un capacitor como el antes descrito, donde cada cuerpo adquiere una carga de magnitud q , pero de signos contrarios, posee una capacitancia que

puede ser representada operacionalmente como: $V q C = (1)$ siendo V : el potencial eléctrico del capacitor cuando posee una carga q .

2.6.2.1.- CONSTANTE DIELECTRICA

Se denomina dieléctrico al material mal conductor de electricidad, por lo que puede ser utilizado como aislante eléctrico, y además si es sometido a un campo eléctrico externo, puede establecerse en él un campo eléctrico interno, a diferencia de los materiales aislantes con los que suelen confundirse. Todos los materiales dieléctricos son aislantes, pero no todos los materiales aislantes son dieléctricos.

Algunos ejemplos de este tipo de materiales son el vidrio, la cerámica, la goma, la mica, la cera, el papel, la madera seca, la porcelana, algunas grasas para uso industrial y electrónico y la baquelita. En cuanto a los gases se utilizan como dieléctricos sobre todo el aire, el nitrógeno y el hexafluoruro de azufre. El término "dieléctrico" fue concebido por William Whewell en respuesta a una petición de Michael Faraday.

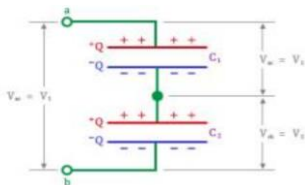
2.6.2.2.- PERMITIVIDAD

La permitividad (o impropriamente constante dieléctrica) es una constante física que describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio. La permitividad del vacío es $8,8541878176 \times 10^{-12}$ F/m. La permitividad está determinada por la tendencia de un material a polarizarse ante la aplicación de un campo eléctrico y de esa forma anular parcialmente el campo interno del material. Está directamente relacionada con la susceptibilidad eléctrica. Por ejemplo, en un condensador una alta permitividad hace que la misma cantidad de carga eléctrica se almacene con un campo eléctrico menor y, por ende, a un potencial menor, llevando a una mayor capacitancia del mismo.

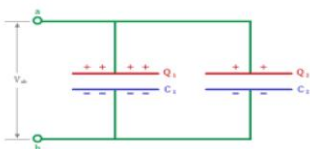
La permitividad, tomada en función de la frecuencia, puede tomar valores reales o complejos. Generalmente no es una constante ya que puede variar con la posición en el medio, la frecuencia del campo aplicado, la humedad o la temperatura, entre otros parámetros. En un medio no lineal, la permitividad puede depender de la magnitud del campo eléctrico.

2.6.3.- CAPACITORES EN SERIE Y PARALELO

En muchas aplicaciones es necesario utilizar arreglos de capacitores, de tal forma de que entre dos puntos a y b se tiene una capacitancia equivalente, como si se tratase de un solo capacitor. Los arreglos de capacitores en *serie* o en *paralelo* son de gran importancia en el uso práctico.



Disposición de capacitores en serie.



Disposición de capacitores en paralelo.

2.7.- APLICACIONES

Se presentan en la vida diaria, casi sin darnos cuenta, en las brújulas, los parlantes, los timbres, las tarjetas magnéticas, los discos rígidos. Las principales **aplicaciones** del **electromagnetismo** se emplean en La **electricidad**.

2.7.1.- CIRCUITOS RC

Se llama **circuito RC** a un **circuito que** contiene una combinación en **serie** de resistores y capacitores, por lo que al obtener un circuito equivalente que represente su mínima expresión, únicamente se tendrá un **circuito que** contenga una resistencia en **serie** con un capacitor.

La importancia de la Ley de Coulomb radica en que esta nos permite plantear las fases de la interacción de las cargas puntuales dentro del fenómeno eléctrico y electromagnético permitiéndonos conocer cuál es la fuerza de interacción entre dos cargas puntuales.

Aunque el cuerpo humano actúa como conductor al permitir el impulso eléctrico o paso de la corriente eléctrica, también lo hace como una resistencia eléctrica. Y hablando de descargas eléctricas o choque eléctrico ¿Cuáles son los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano?

Una corriente eléctrica puede causar lesiones en cuatro formas: Un paro cardíaco debido al **efecto** eléctrico **sobre** el corazón. Destrucción de músculos, nervios y tejidos por una corriente que atraviesa el **cuerpo**. Quemaduras térmicas por el contacto con la fuente eléctrica.

Para terminar, te dejo fuentes bibliográficas por si es de tu interés indagar más a cerca de este tema.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS:

[http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/conchg.html#:~:text=El%20potencial%20el%C3%A9ctrico%20\(voltaje\)%20en,voltaje%20es%20una%20cantidad%escalar](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/conchg.html#:~:text=El%20potencial%20el%C3%A9ctrico%20(voltaje)%20en,voltaje%20es%20una%20cantidad%escalar)

<https://www.fisicalab.com/apartado/lineas-de-fuerza>

<https://www.mundodeportivo.com/uncomo/ocio/articulo/como-combinar-resistencias-en-serie-y-paralelo-15096.html?amp=1>

<https://www.electricasas.com/leyes-de-kirchhoff-primera-y-segunda-ley-concepto-formulas-y-ejemplos/>

<https://electrica.mx/la-relacion-de-la-electricidad-con-el-cuerpo-humano-y-sus-efectos/>

<https://aleph.org.mx/cual-es-la-importancia-de-la-electrostatica>