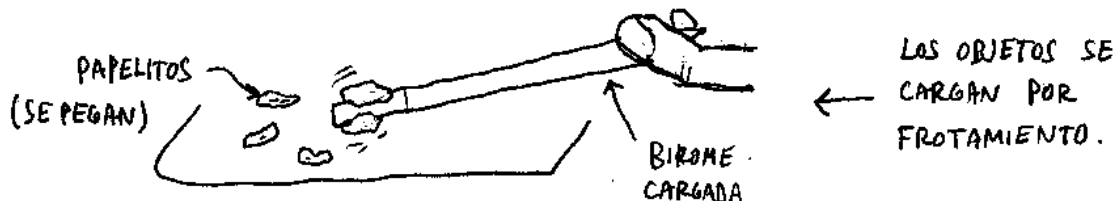


# ELECTROSTATICA

## CARGAS ELECTRICAS

Poné unos papelitos sobre la mesa. Raspá una birome contra la ropa o contra el pelo. Acercá la birome a los papelitos. Vas a ver que la birome los atrae. Esto también puede pasar al cortar Telgopor. Quedan un montón de bolitas que se atraen. Algo parecido pasa al peinarse. Un peine frotado o una birome frotada pueden atraer cosas y hacer que queden pegadas. Muchas veces pasa que uno frota una cosa y comprueba que después de frotado, el cuerpo empieza a atraer cosas. Ellos dicen que por efecto del frotado, el cuerpo "queda cargado".



Hay otros hechos raros que ocurren. A veces al ponerse un pulóver se escucha un "cri - cri". Incluso pueden llegar a salir chispas. A veces las manijas de los autos dan patada. También pasa que uno puede recibir una patada de la manija de una puerta. También de las patas de una silla. También pueden saltar chispas al tocar a una persona. ( Por ejemplo al darle la mano )

La explicación que ellos dan a estas cosas raras es la siguiente: Los objetos que sacan chispas o que dan patada están "cargados eléctricamente". Es un poco complicado explicar que quiere decir la frase "estar cargado". Se supone que al frotar 2 cosas los electrones de uno de los objetos pasan al otro objeto. Entonces uno de los cuerpos pierde electrones y queda cargado positivamente. El otro cuerpo gana electrones y queda cargado negativamente. ( Recordá que los electrones son cargas negativas ).

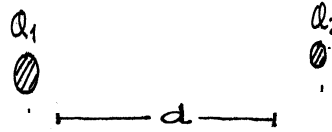
Haciendo algunos experimentos se comprobó lo siguiente:

- 1 ) - Hay 2 tipos de carga : positiva (+) y negativa (-).
- 2 ) - Las cargas de distinto signo se atraen. Las cargas de igual signo se repelen.
- 3 ) - La fuerza de atracción ( o de repulsión ) disminuye a medida que aumenta la distancia entre las cargas.

Todo esto es un poco parecido a lo que pasa en los imanes. Los imanes también se atraen y se repelen de acuerdo a si son del mismo polo o de polos distintos.

**LEY DE COULOMB**

Las cargas eléctricas se miden en Coulomb ( C ). Las voy a dibujar como pelotitas. Suponé que tengo dos cargas  $Q_1$  y  $Q_2$  separadas una distancia  $d$



Si las cargas son iguales se van a atraer. Si las cargas son distintas se van a repeler. Para calcular la fuerza de atracción ( o de repulsión ) entre las cargas se usa la siguiente fórmula :

$$F = \frac{K}{\epsilon_r} \times \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2} \quad \leftarrow \text{LEY DE COULOMB}$$

Esta fórmula se la llama ley de Coulomb. Me da la fuerza que actúa sobre cada una de las 2 cargas separadas una distancia  $d$  . En esta fórmula:

$F$  es la fuerza de atracción (o repulsión) entre las cargas. Se mide en Newtons.

$Q_1$  y  $Q_2$  son las cargas que yo pongo. Van en Coulombs.

$d$  es la distancia que separa a las cargas. Se pone en metros. Está al<sup>2</sup> en la fórmula.

$K$  es una constante. Se la llama constante de Coulomb. El valor de  $K$  es:

$$K = 9 \times 10^9 \frac{N m^2}{Coul^2}$$

Epsilon Erre ( $\epsilon_r$ ) es la " Constante dieléctrica del material ".  $\epsilon_r$  es un número sin unidad. El valor de  $\epsilon_r$  depende del material que haya entre las cargas.

$$\epsilon_r = \text{cte dieléctrica (1 o mayor que 1)}$$

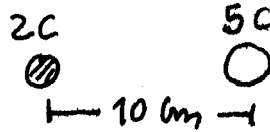
Si entre las cargas hay aire o vacío,  $\epsilon_r$  vale 1. Si entre las cargas hay algún material raro  $\epsilon_r$  vale tendrá otro valor. En la mayoría de los casos el Epsilon Erre es dato.

**EJEMPLO ( Ley de Coulomb )**

Se tienen 2 cargas positivas  $Q_1 = 2 \text{ C}$  y  $Q_2 = 10 \text{ C}$  separadas una distancia de 10 cm en el vacío.

- Calcular la fuerza que actúa entre las cargas.
- Idem si se pone entre las cargas un material de constante dieléctrica  $\epsilon_r = 10$
- ¿ Qué ocurre si se duplica la distancia entre las cargas ?
- ¿ Qué fuerza es mayor, ¿ la que actúa sobre  $Q_1$  o la que actúa sobre  $Q_2$  ?

a) - Planteo la ley de Coulomb. La fuerza que aparece va a ser de repulsión porque las 2 cargas son positivas. Hago un dibujito :



Reemplazo los valores en la ley de Coulomb. En el caso a)  $\epsilon_r = 1$  porque hay vacío. Entonces :

$$F = \frac{K}{\epsilon_r} \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2}$$

$$\Rightarrow F = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{Coul}^2} \times \frac{2\text{C} \times 5\text{C}}{(0,1\text{m})^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{F = 9 \times 10^{12} \text{ N}}$$

b) - Cuando pongo el material de constante dieléctrica  $\epsilon_r = 10$ , la fuerza será  $F/\epsilon_r$ . Es decir  $F = 9 \times 10^{11} \text{ N}$ .

c) - Si duplico la distancia entre las cargas la fuerza disminuye a la cuarta parte. (Hacé la cuenta). Esto pasa porque las fuerzas entre cargas varían con la inversa del cuadrado de la distancia.

d) - Las fuerzas sobre las dos cargas son iguales. Si la fuerza que la carga 1 ejerce sobre la carga 2 vale  $9 \times 10^{11} \text{ N}$ , la fuerza que la carga 2 ejerce sobre la carga 1 también valdrá  $9 \times 10^{11} \text{ N}$ . Esto es por acción y reacción.

### OTRA MANERA DE ESCRIBIR LA LEY DE COULOMB

A veces la fórmula de Coulomb se pone en función de otra constante que se llama Epsilon Cero ( $\epsilon_0$ ). En vez de usar la constante K se pone el choclazo  $1/4\pi\epsilon_0$ . Se lee "uno sobre cuatro PI Epsilon cero". Todo este número  $1/4\pi\epsilon_0$  reemplaza a la constante K. Es decir,  $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{Coul}^2$ .

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2} \quad \leftarrow \text{OTRA MANERA DE ESCRIBIR LA LEY DE COULOMB.}$$

Si despejás el valor de  $\epsilon_0$  te da:

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{Coul}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$$

Puede ser que en algún momento veas la ecuación de Coulomb escrita de esta manera.

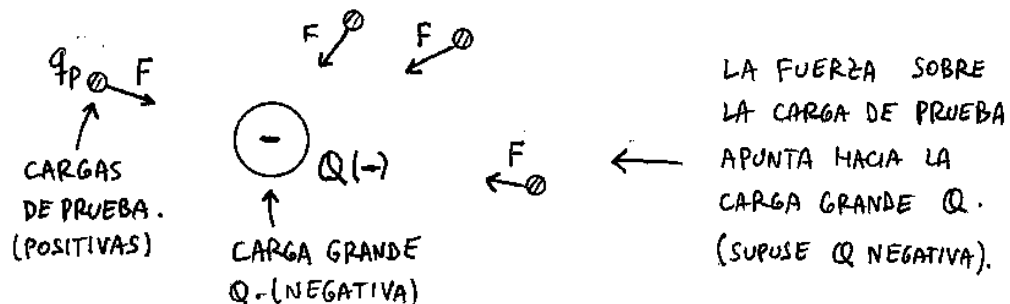
### Aclaraciones:

\* Las cargas eléctricas pueden ser positivas o negativas. No hace falta ponerla con el signo en la fórmula de Coulomb. Uno pone todas las cargas con signo positivo y calcula el valor de la fuerza. Después se indica para donde apunta la fuerza diciendo si es de atracción o de repulsión.

\* El signo positivo o negativo de las cargas no tiene un significado matemático. El hecho de hablar de cargas positivas y negativas es una convención. ( O sea, la gente se puso de acuerdo en llamarlas así ). Podrían haberlas llamado cargas " Norte " y cargas " sur " ( como los polos de los imanes ). O también cargas A y cargas B o cargas " lindas " y cargas " feas ". Positivo y negativo son solo nombres.

## CAMPO ELECTRICO

Supongamos que tengo una carga grande que está quieta y no se mueve. Esta carga está pegada a la mesa con plasticola. Agarro una carga chica y la voy poniendo a distintas distancias de la carga grande. A esta carga chica la voy a llamar carga de prueba. (  $q_p$  ). La voy a tomar positiva y de valor 1 Coulomb.



Veo que ponga donde ponga la carga de prueba, aparece una fuerza sobre ella. Esta fuerza está generada por la carga grande que está fija a la mesa. Si pensás un poco el asunto, podés llegar a esta conclusión:

La carga grande hace que aparezcan fuerzas todo a su alrededor. Se dice entonces que la carga genera una especie de " campo de fuerzas ". A este campo que aparece alrededor de una carga se lo llama campo eléctrico. El campo eléctrico es un vector. Se lo pone con la letra **E**. La fórmula para calcularlo es:

$$E = \frac{F}{q_p}$$

Al calcular el campo eléctrico a una distancia  $d$  de una carga, lo que estoy calculando es la fuerza que actuaría en ese punto si yo pusiera ahí una carga de prueba de valor 1 Coulomb. Las unidades de  $E$  son newton sobre Coulomb. Pero también se lo puede poner en otras unidades que son voltios por metro.

$$[E] = \frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}} \quad \sigma \quad \frac{\text{Volt}}{\text{m}}$$

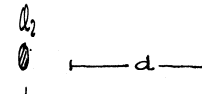
La equivalencia es

$$1 \frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}} = 1 \frac{\text{Volt}}{\text{m}}$$

EJEMPLO:

**CALCULAR EL CAMPO ELECTRICO A UNA DISTANCIA DE 1 m DE UNA CARGA Q = 10 COULOMB**

Hago un dibujito. El campo eléctrico a una distancia de 1 m es la fuerza que actúa sobre una carga de 1 C. Entonces:



$$E = \frac{F}{q}$$

La fuerza que actúa a una distancia  $d$  la calculo por la ley de Coulomb. Vale :

$$F = \frac{K}{\epsilon_r} \times \frac{Q_1 \times Q_2}{d^2}$$

Suponiendo que la carga está rodeada por aire, el Epsilon Erre vale 1. Entonces el campo  $E$  vale :

$$E = K \frac{Q_1 \times q_p}{d^2 q_p} \Rightarrow E = K \frac{Q}{d^2} \quad \leftarrow \text{CAMPO A UNA DISTANCIA } d \text{ DE UNA CARGA } Q.$$

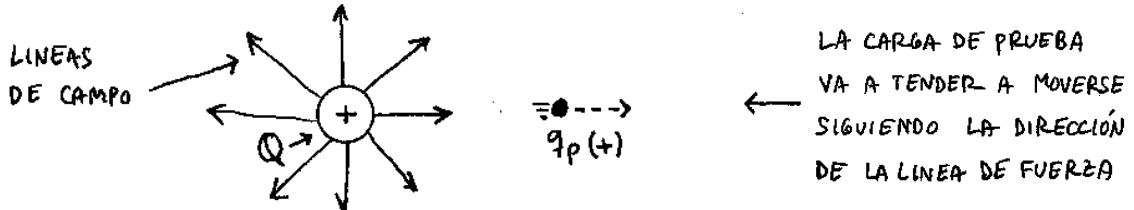
Reemplazo por los datos:

$$E_0 = 9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{Coul}^2} \times \frac{10 \text{ Coulomb}}{(1 \text{ m})^2}$$

$$\rightarrow E = 9 \times 10^{10} \text{ Newton / Coulomb}$$

## LINEAS DE FUERZA

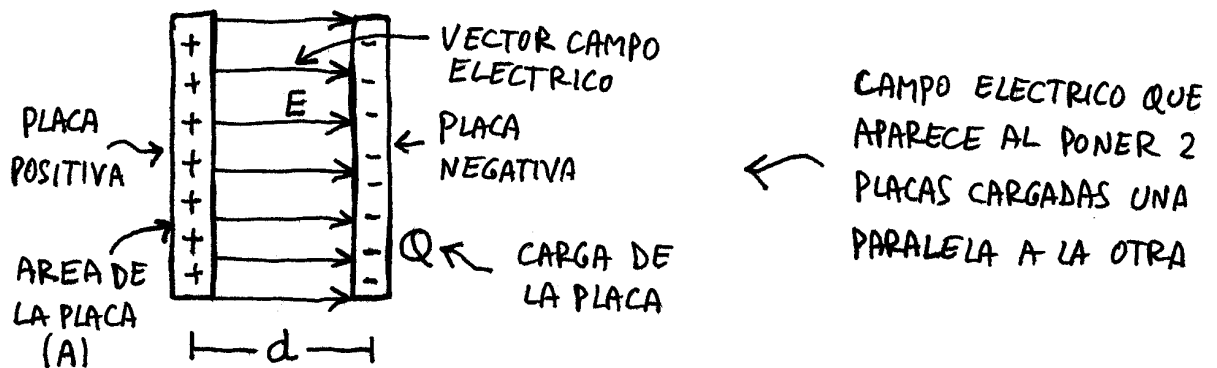
Las líneas de fuerza alrededor de una carga indican para donde apunta el vector campo  $\mathbf{E}$  en ese lugar. Más concretamente, las líneas de fuerza me muestran hacia dónde apunta la fuerza que actúa sobre una carga de prueba puesta en ese lugar. Las líneas de fuerza también se llaman líneas de campo.



Si lo querés ver de otra manera, podés pensarlo así: Si una carga de prueba se coloca sobre una línea de fuerza, esa carga de prueba se va a mover siguiendo la dirección de la línea de fuerza. Para dibujar líneas de fuerza hay que acordarse de que estas líneas siempre salen de las cargas positivas y entran en las negativas. Esto pasa porque por convención la carga de prueba  $q_p$  se elige siempre positiva.

## CAMPO ELECTRICO ENTRE 2 PLACAS PLANAS PARALELAS

Supongamos que tengo 2 placas planas. Cada placa tiene un área  $A$ . Cargo las placas. Una placa tiene una carga  $Q$  positiva y la otra placa tiene una carga  $Q$  negativa. Ahora pongo las placas en forma paralela. Me queda algo así:



Entre las 2 placas va a aparecer una campo eléctrico  $E$ . El valor de este campo es:

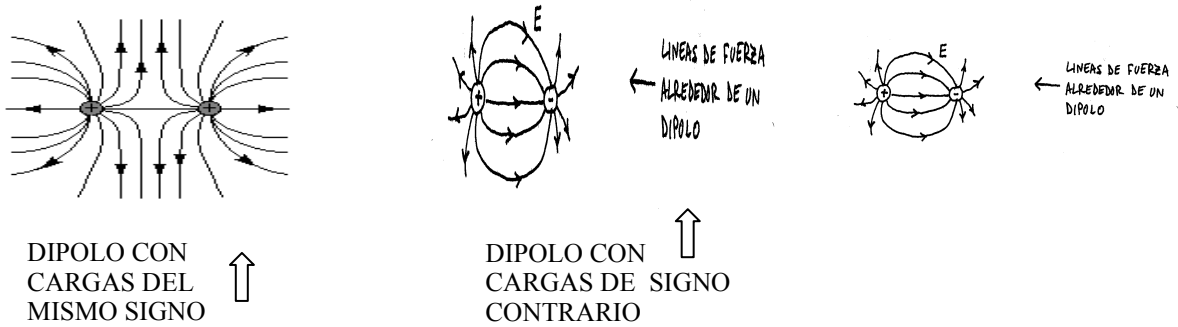
$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_r A}$$

CAMPO ENTRE 2 PLACAS PLANAS PARALELAS

La demostración de cómo se llega a este choclazo es un poco complicada. De todas maneras no vas a usar esta fórmula. Solo quiero que la conozcas porque después la vas a necesitar para entender el tema de capacitores.

LINEAS DE FUERZA ALREDEDOR DE UN DIPOLO

Un dipolo son 2 cargas separadas una cierta distancia. Las cargas pueden ser del mismo signo o de signo contrario. Si suponemos que la carga de prueba es positiva, las líneas de campo alrededor de un dipolo dan así :

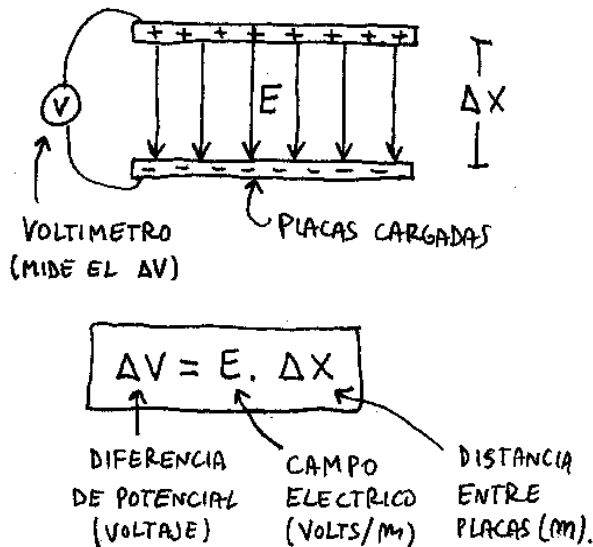


DIFERENCIA DE POTENCIAL ( V, ΔV, V<sub>A</sub>-V<sub>B</sub> o V<sub>AB</sub> )

La diferencia de potencial entre 2 puntos A y B es el trabajo que hay que hacer para llevar una carga de 1 Coulomb desde A hasta B. Se la pone como V, ΔV, V<sub>A</sub>-V<sub>B</sub> o V<sub>AB</sub>

$$V_{AB} = L \text{ Para llevar 1 Coulomb de A a B}$$

La diferencia de potencial se mide en voltios. Es lo que en la vida diaria suele llamarse voltaje. A veces uno tiene 2 placas paralelas (como en los capacitores). Ahí puedo calcular la diferencia de potencial entre las placas con esta fórmula:



Al  $\Delta V$  se lo suele poner directamente como  $V$ . A la distancia  $\Delta X$  se la suele llamar  $d$ . Así que la fórmula queda

$$V = E \cdot d$$



DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS PLACAS PLANAS CARGADAS

### TRABAJO PARA MOVER UNA CARGA DE A a B

La diferencia de potencial entre placas es el trabajo para mover una carga de 1 Coulomb de una placa a la otra. Si en vez de mover una carga de 1 Coulomb, quiero mover una carga  $q$ , el trabajo que tengo que hacer va a ser igual al producto de la carga por la diferencia de potencial entre las 2 placas. O sea,  $L = q \times V$ . Como  $V = E \times d$  me queda:

$$L_{AB} = q \cdot E \cdot d$$

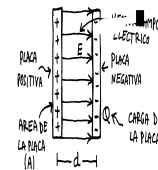


TRABAJO PARA LLEVAR UNA CARGA  $q$  del PUNTO A al B

### EJEMPLO:

ENTRE 2 PLACAS PLANAS CARGADAS SEPARADAS UNA DISTANCIA DE 10 cm HAY UN CAMPO ELECTRICO DE 20 VOLT / METRO.  
¿ QUE TRABAJO HAY QUE HACER PARA MOVER UNA CARGA DE 5 COULOMB DE UNA PLACA A LA OTRA ?

Rta: El trabajo para llevar una carga de una placa a la otra es  $L_{AB} = q E d$ . El campo de 20 volt por metro es equivalente al de 20 Newton / Coulomb. Entonces:



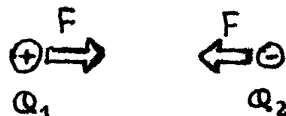
$$L_{AB} = 5 \text{ Coul} \times 20 \text{ Newton/Coul} \times 0,1 \text{ m}$$

$$L_{AB} = 10 \text{ Joules}$$

### Aclaraciones:

\*  $F$  y  $F$  SON ACCION - REACCION

Cuando uno tiene 2 cargas separadas una cierta distancia, calcula la fuerza de atracción o de repulsión con la fórmula de Coulomb.



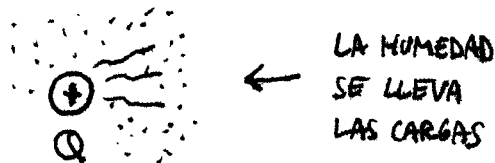
LAS FUERZAS QUE APARECEN SON ACCION - REACCION

La fuerza esa que uno calcula es tanto la que actúa sobre la carga 1 como la que actúa sobre la carga 2. Estas fuerzas son un par acción - reacción. Son opuestas y valen lo mismo. No importa que una de las cargas sea más grande que la otra.



### \* LOS EXPERIMENTOS NO SALEN

Uno puede hacer experimentos para tratar de ver las fuerzas eléctricas. Por ejemplo, podés cortar pelotitas de telgopor o algo por el estilo. La cosa es que a veces uno frota un cuerpo y la fuerza eléctrica no aparece. Eso pasa por la humedad que hay en el ambiente. La humedad del aire hace que los cuerpos se descarguen. Vas a ver que las patadas de las manijas de los autos o de los carritos de supermercados sólo aparecen los días SECOS.



A veces al comprar plaquetas para la computadora hay un cartel que dice que no hay que tocar la plaqueta con la mano. Eso es por la electricidad estática que uno puede llegar a tener. En la práctica, si uno está en un lugar con mucha humedad relativa, no hay problema. Podés tocar la plaqueta todo lo que quieras y no la vas a arruinar. (Ejemplo, en Buenos Aires)

### \* EL mili-COULOMB Y EL micro-COULOMB

Conviene recordar estas equivalencias:

$$1 \text{ mC} = 1 \text{ milicoulomb} = 10^{-3} \text{ Coulomb}$$

$$1 \text{ } \mu\text{C} = 1 \text{ microCoulomb} = 10^{-6} \text{ Coulomb}$$

### \* COLITA RUTERA

Los autos y los camiones se cargan porque rozan con el aire. Por eso a veces dan patada cuando uno los toca. Para evitar esto, la gente a veces suele poner una cadenita o una especie de goma colgada que va tocando el piso. (colita ruterera). Esto descarga las cargas del auto y las pasa al suelo.

### \* CARGA DE UN ELECTRÓN.

Las cargas negativas en realidad son electrones cargados. La carga que tiene un electrón es  $-1,60 \times 10^{-19}$  Coulomb. A su vez  $1 \text{ Coulomb} = 6,23 \times 10^{18}$  electrones.

### \* EL ELECTRON-VOLT

Un electrón volt (eV) es la energía que adquiere un electrón al pasar a través de una diferencia de potencial de un volt. Un eV equivale a  $1.6 \times 10^{-19}$  joules, o bien un joule son  $6.2 \times 10^{18}$  eV

### \* ¿ TE DA PATADA ?

Si sos propenso a que las cosas te den patadas, tenés que tratar de no ir muy aislado. Por ejemplo, no uses zapatillas de goma, pulóveres de nylon o cosas por el estilo.

### \* LOS RAYOS

Las nubes se cargan con electricidad estática. Digamos que se frotan unas con otras y adquieren carga. ( Así dicen ). Eso causa que cada tanto se descarguen por medio de una gigantesca chispa que se llama rayo.

### \* CAMPO ELÉCTRICO ALREDEDOR DE UN PRESIDENTE

Si uno hila finito, la idea de campo eléctrico es muy interesante. Fijate que al poner una carga eléctrica en algún lugar, aparece un campo de fuerza. Es decir, todo el espacio alrededor de la carga "se modifica". Es algo parecido a poner al presidente de la república en medio de la facultad. Al ver al presidente toda la gente se alteraría y se armaría un alboroto. Sin embargo, fijate que el presidente en sí no hace nada. El tipo está ahí, y por el hecho de estar ahí, ya todo el espacio a su alrededor se modifica. Hay una especie de " campo de fuerza a su alrededor ".

### \* IMANES

Si querés tener una idea de cómo se comporta una carga eléctrica o de como va a ser un campo eléctrico, podés pensarlo como si fueran imanes. Imaginándose un imán uno puede ver un poco mas clara la cosa.

### ULTIMA CUESTION

Electrostática es un tema importante desde el punto de vista conceptual. Uno tiene que saber como se comportan las cargas eléctricas para entender los capacitores y la corriente eléctrica. Sin embargo, electrostática es un tema poco tomado. Es demasiado fácil para tomarlo. Ellos prefieren siempre tomar cosas más complicadas como capacitores o circuitos eléctricos.