

Electrostática: Ley de Coulomb y Campo Eléctrico

Electrostática : Estudio de las **fuerzas** sobre **cargas eléctricas** en **reposo**.

Carga eléctrica: Produce una **fuerza eléctrica**; hay 2 tipos de cargas en la naturaleza, **cargas + y -**.

Existen **2 partículas elementales** con **carga eléctrica** : **electrón (e)** y **protón (p)**.

En el **S.I.** , la unidad de carga eléctrica es el **Coulomb (C)**.

$$1e^- = - 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}; \quad 1p^+ = + 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-30} \text{ Kg}; \quad m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

Todos los **cuerpos** están compuestos por **átomos**, que *normalmente* tienen **igual** cantidad de **electrones** y **protones**. Por esta razón son **eléctricamente neutros**.

Los fenómenos eléctricos (fuerzas eléctricas) se observan en **cuerpos cargados eléctricamente**. Para **cargar** un **cuerpo eléctricamente neutro** se le **agregan mas electrones (con exceso de carga negativa)** o se le **sacan electrones (con exceso de carga positiva)**.

Ley de Coulomb (fuerza eléctrica):

- Entre dos cuerpos **cargados eléctricamente** existe una **fuerza de atracción o repulsión**, dependiendo del **signo** de las cargas de los cuerpos: es **atractiva** si tiene **distinto signo**; es **repulsiva** si tienen el **mismo signo**:

- Y es igual a:

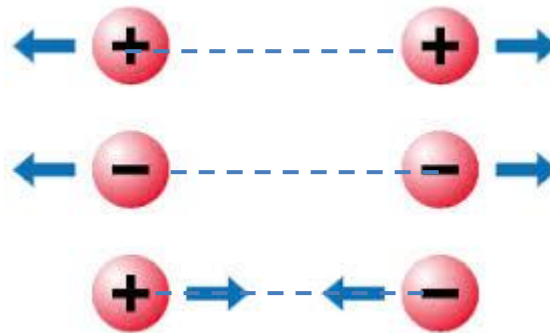
$$F_{elec} = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

- Donde **q₁** y **q₂** son las cargas de los 2 cuerpos que interactúan; **d** es la distancia de separación, y **k** es una constante cuyo valor depende del medio donde se encuentran las cargas. Si el medio es **vacío** o **aire** vale:

$$k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

Si el medio interpuesto entre las cargas no es conductor (madera, cerámica, plástico) la fuerza disminuye en un factor que depende de las características del material interpuesto (permitividad relativa del medio $\epsilon_r > 1$).

Ley de Coulomb; fuerzas entre cargas puntuales



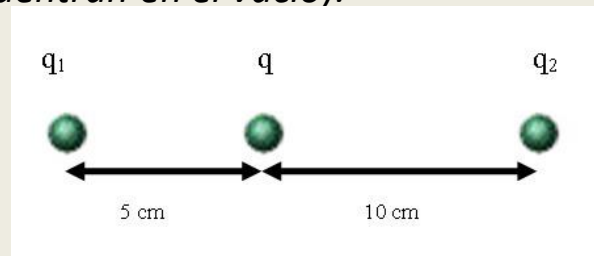
Nota:

A veces se escribe la constante k como $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon}$

donde ϵ es una constante (que depende del medio) llamada **permitividad del medio**. En el vacío ϵ (nuevamente para indicar que el “medio” es vacío se escribe ϵ_0) vale

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{C^2}{N \cdot m^2} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}.$$

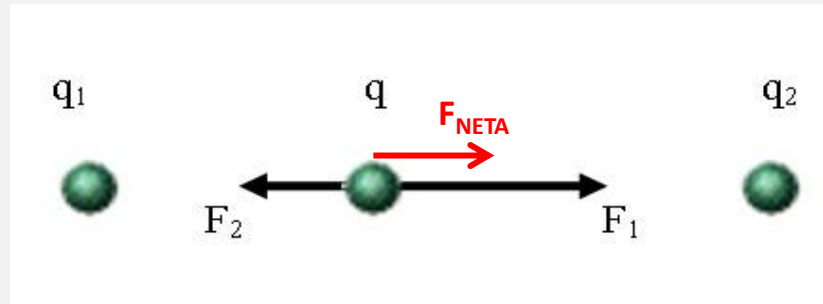
- **Ejemplo:**
- Calcular la **fuerza neta** sobre $q = +2 \mu C$ debida a las cargas q_1 y q_2 ambas de $+1 \mu C$ en la siguiente situación (se encuentran en el vacío):



- Para saber la **fuerza resultante** sobre q , debo **sumar vectorialmente** la fuerza que aplica q_1 sobre q (llamémosla F_1) y la fuerza que aplica q_2 sobre q (llamémosla F_2); es decir, la fuerza neta F_R sobre q será igual a:

$$F_R = F_1 + F_2$$

- Podemos ver la situación en la siguiente figura:



- Cada una de estas fuerzas (F_1 y F_2) salen por la **ley de Coulomb** (en valor absoluto):

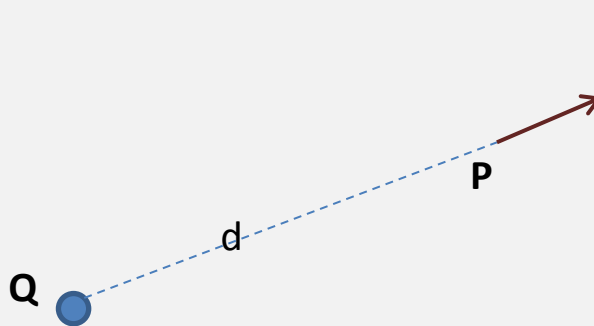
$$F_1 = \frac{k_0 \cdot q_1 \cdot q}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,05\text{m})^2} = 7,2\text{N}$$
$$F_2 = \frac{k_0 \cdot q_2 \cdot q}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(0,1\text{m})^2} = 1,8\text{N}$$

- Luego la fuerza neta sobre q será la resta de los módulos de ambas fuerzas:

$$F_{\text{neta sobre } q} = 7,2\text{N} - 1,8\text{N} = 5,4\text{N}$$

Campo Electrico

- El concepto de **Campo Eléctrico** aparece asociado a la **fuerza eléctrica**; pero **no es lo mismo**, aunque se relacionan entre si. La **fuerza eléctrica** (como la de gravedad y la fuerza magnética) actúan entre cuerpos que están separados (actúan a **distancia**).
- Para que exista una **fuerza eléctrica** debe haber **al menos 2 cargas** (atractiva o repulsiva),
- El **campo eléctrico**, en cambio, es **una propiedad** que tiene una **sola carga Q**, ya que esta carga puede atraer o repeler a otra carga ubicada a su alrededor. Para ejemplificar, veamos como es el CE que produce esta carga **Q** (**carga fuente +**) en un punto **P** cualquiera.



The diagram illustrates a source charge Q (represented by a blue dot) and a point P (represented by a red dot). A dashed blue line connects Q and P , with the distance labeled d . A red arrow points from P towards the right, representing the electric field vector $E_{(P)}$.

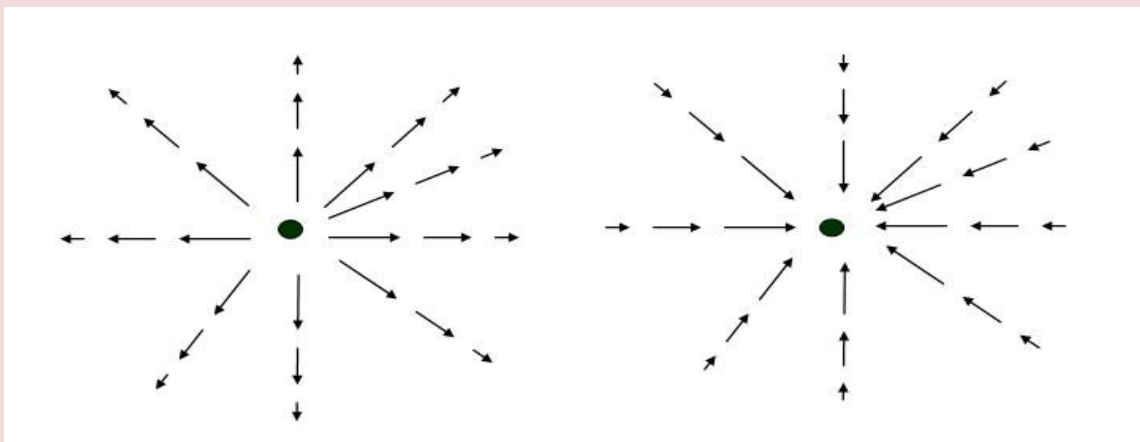
$$E_{(P)} = \frac{F_q}{q} = \frac{\frac{k \cdot Q \cdot q}{d^2}}{q} = \frac{k \cdot Q}{d^2}$$

Si coloco una carga q en P , sentirá debido a Q una fuerza $F_q = k \cdot Q \cdot q / d^2 \longrightarrow E_{(P)} = F_q / q = k \cdot Q / d^2$
 $E_{(P)}$: Es un **vector** con la **misma dirección y sentido** que la **fuerza aplicada** sobre una carga q (+).

En **cada punto** del espacio alrededor de **Q** tendré un **campo eléctrico E** (en cada punto del espacio puedo *dibujar* un vector).

Como $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$; $[\mathbf{E}] = [\mathbf{F}]/[q] = \text{N} / \text{C}$

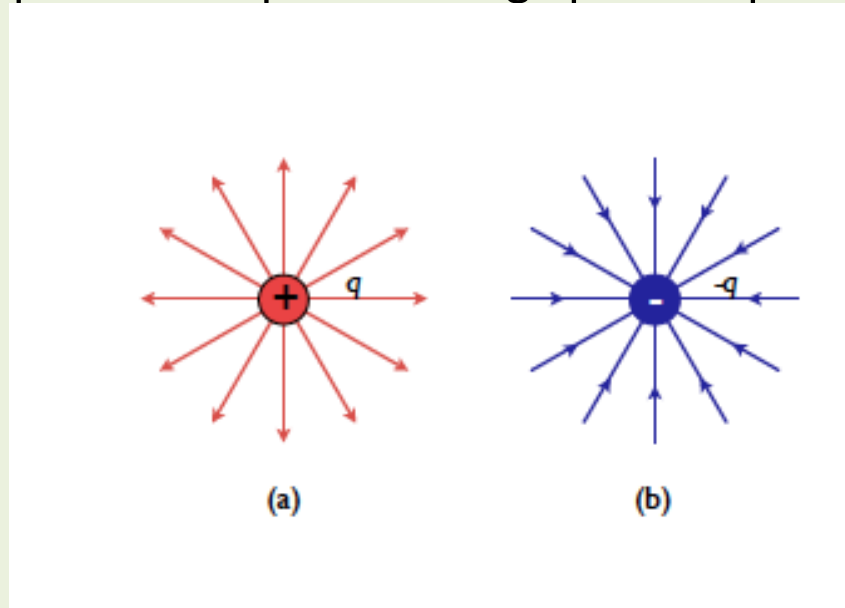
- El **E** creado por **Q** (mirando la formula) **disminuye** con el cuadrado de la distancia a **Q**:



- *Vectores campo eléctrico **E** para una carga puntual positiva y otra negativa.*
- *Obsérvese que el módulo de los vectores disminuye a medida que se alejan de la carga fuente. Estos vectores se dirigen hacia fuera de la carga fuente cuando ésta es positiva y hacia dentro cuando ésta es negativa. Representan la fuerza que “sentiría” una carga positiva que se colocase en esos puntos.*
- *El CE producido por una carga se puede calcular en **cualquier punto del espacio, salvo en el punto** donde esta ubicada la propia carga fuente.*

Líneas de Campo eléctrico : Son líneas continuas que en cada punto son **tangentes** al vector de **Campo Eléctrico (E)**.

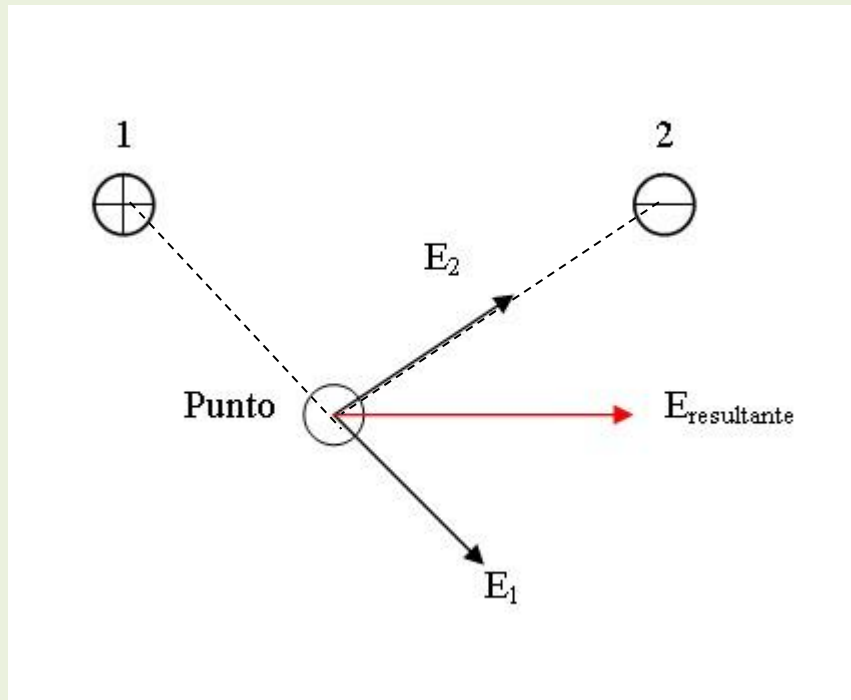
- Líneas de campo creadas por una carga puntual positiva. (líneas azules).



- Las líneas **nacen** de la carga +. Son **salientes**. (Si **q** fuese – serian **entrantes**).
- El nº de líneas dibujadas es arbitrario (magnitud de la carga, 12 en el ejemplo).
- Las **líneas se separan** a medida que **me alejo de la carga**, indica que el **E** se debilita (disminuye) a medida que me alejo de la carga(**líneas separadas, campo pequeño; líneas apretadas, campo grande**).

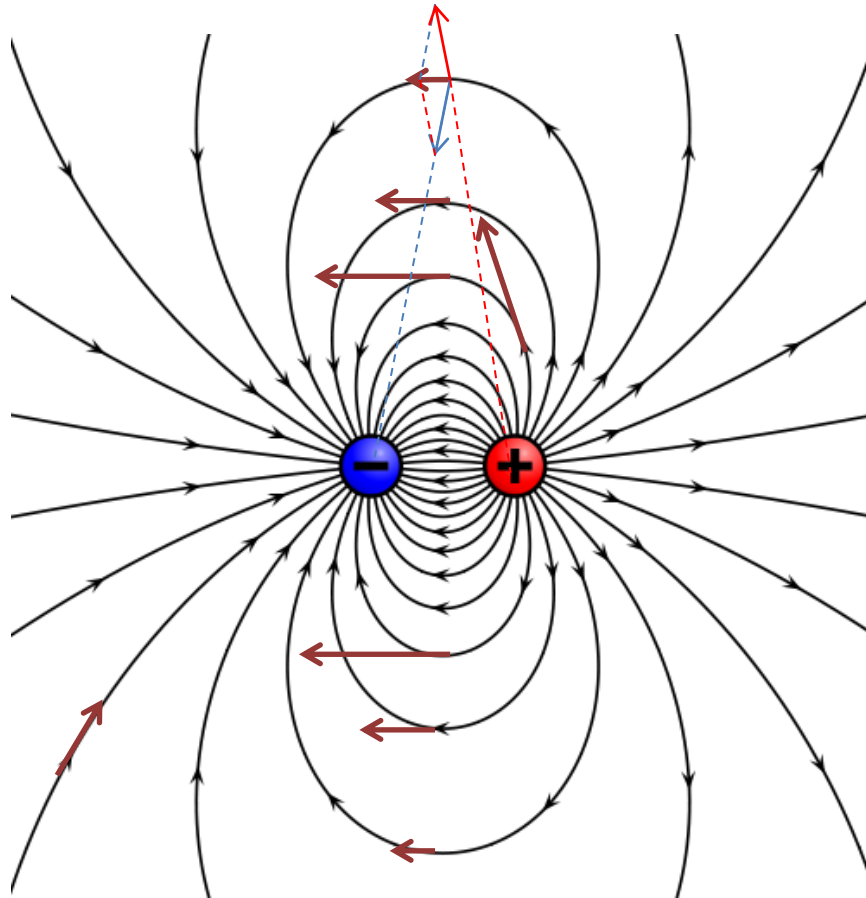
Campo eléctrico creado por 2 o mas cargas puntuales: *sobre un punto es la suma vectorial de los campos eléctricos producido por cada carga en ese punto.*

- E creado por dos cargas puntuales "1 "y "2" en un punto .

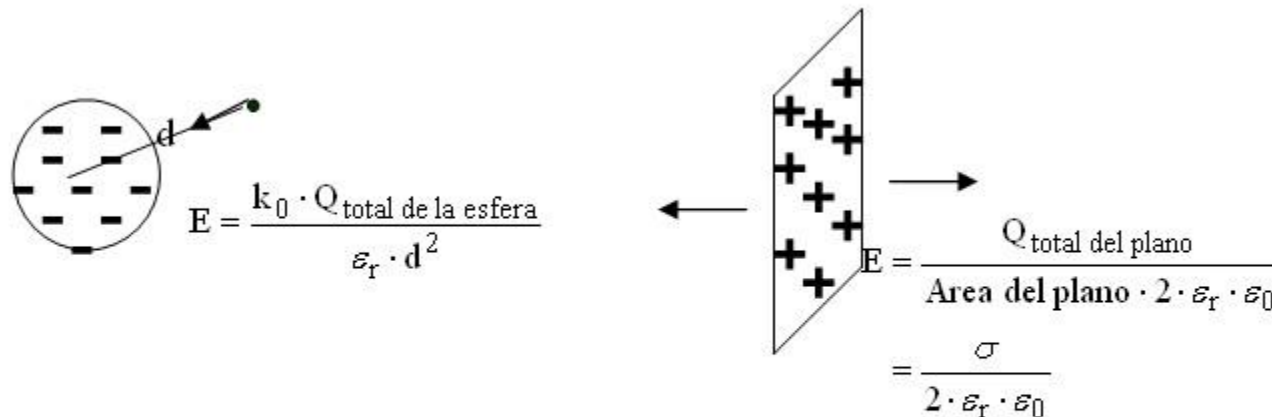


Campo eléctrico creado por un dipolo: *Una carga + y otra – de igual magnitud separadas una dada distancia.*

- **DIPOLO ELECTRICO:** *Están dibujadas las líneas de CE y algunos vectores de CE*



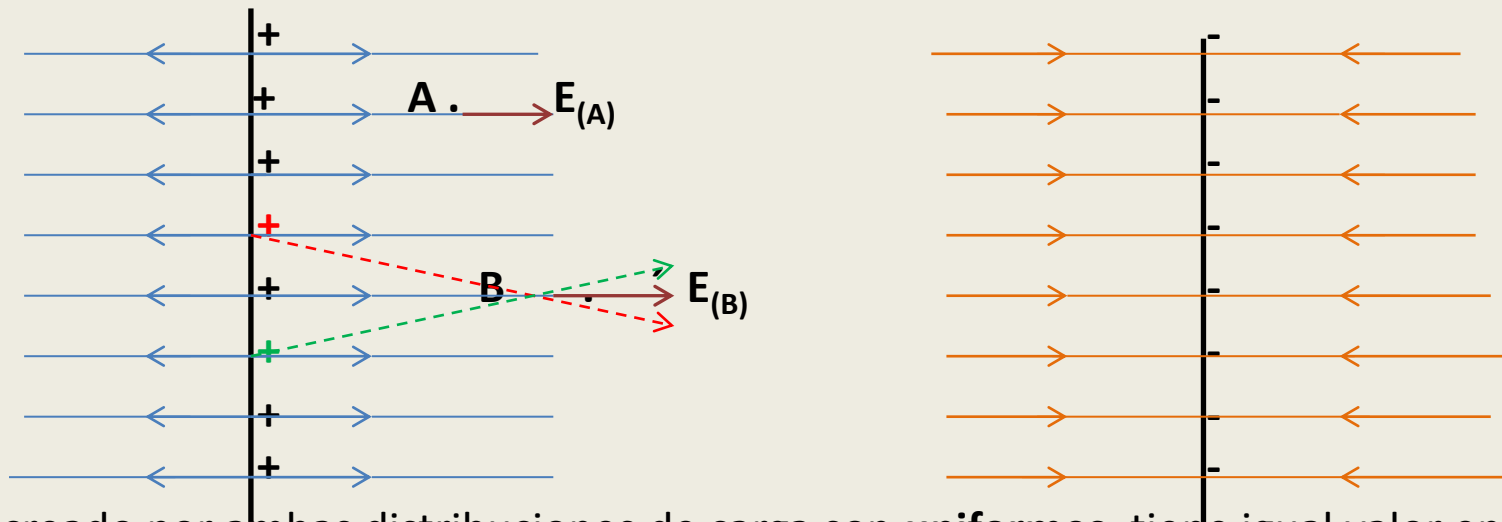
Campo eléctrico generado por un plano infinitamente cargado



El campo eléctrico fuera de una esfera cargada disminuye a medida que nos alejamos del centro de la misma en proporción al cuadrado de la distancia. En cambio, el campo eléctrico generado por un plano infinito es constante en todos los puntos del espacio.

Lineas de Campo de un plano infinito uniformemente cargado

- Cuando se distribuyen cargas sobre una superficie, tiene sentido hablar de cuanta carga hay por unidad de superficie; **densidad superficial** de cargas; $\sigma = Q / \text{Sup.}$

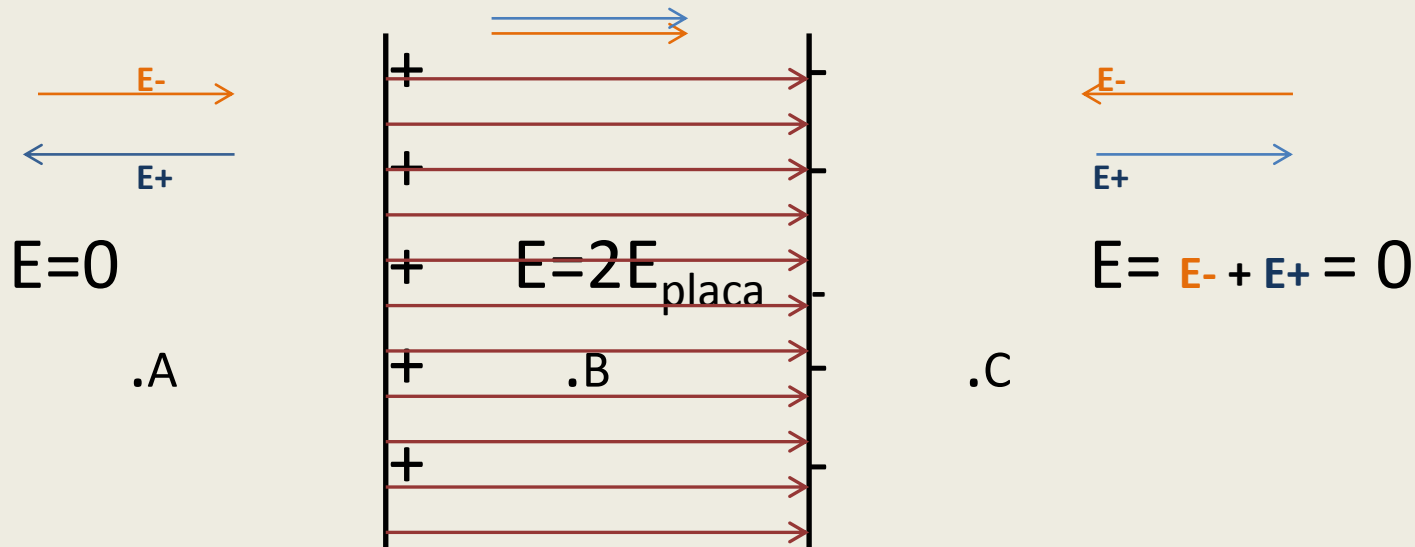


El \mathbf{E} creado por ambas distribuciones de carga son **uniformes**, tiene igual valor en todos los puntos del espacio $\mathbf{E}_{(A)} = \mathbf{E}_{(B)} = \frac{+\sigma}{2\epsilon_0\epsilon_r}$, independientemente de la distancia a la placa.

Si ambas superficies son idénticas y con = carga ($+\mathbf{Q}$ en una y $-\mathbf{Q}$ en la otra); el \mathbf{E} será de **idéntica magnitud** en ambas configuraciones. Es **perpendicular** a las placas.

Campo eléctrico creado por 2 placas paralelas con cargas de igual magnitud y distinto signo

- Si junto ambas placas, solo tendré E en el espacio entre ambas:



$E_{2\text{ PLACAS}} = E_+ + E_-$. Fuera del espacio entre placas, las líneas azules (placa +) y naranjas (placa -) tienen **distinto sentido**, al sumar ambos vectores la resultante da 0.

En el espacio entre placas, ambas líneas tienen el mismo sentido (derecha)

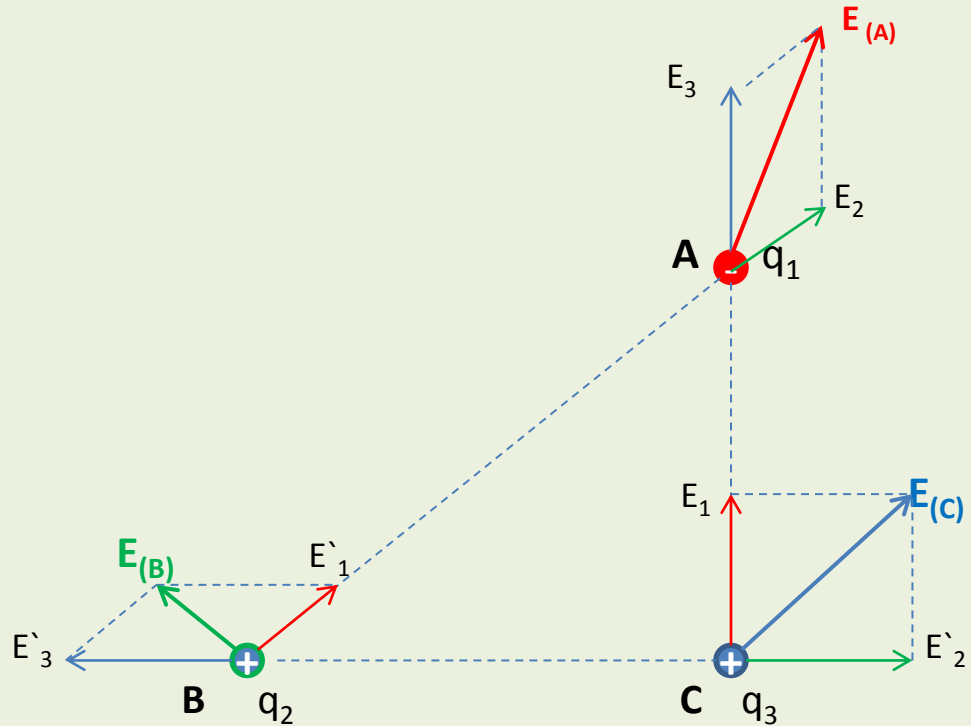
$$E_R = 2 \cdot E_{\text{cada placa}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

Pregunta ¿ Que sucede si pongo una carga q , primero en A, después en B, y luego en C?.

- Tener en cuenta que si pongo una carga q en un punto del espacio donde hay un \mathbf{E} , entonces, la carga sentirá una fuerza eléctrica $\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$ en la **misma dirección del \mathbf{E}** ;
- Si la carga es $+$,la F tendrá el mismo sentido que el \mathbf{E} .
- Si la carga es $-$, la F tendrá sentido contrario al \mathbf{E} .

Un ejemplo de Campos Eléctricos creados por cargas puntuales.

Tres cargas de **igual magnitud**, dos + y una negativa (q_1 es -; q_2 y q_3 son +) **forman un triángulo recto.**



En mayúscula están indicados los puntos donde están ubicadas cada una de las 3 cargas.

q_3 se encuentra a igual distancia de q_1 y de q_2 . (Es claro del dibujo que q_1 y q_2 están más alejadas entre sí). Voy a dibujar el **CE** que produce cada carga con el color correspondiente (por ej, el que produce q_2 en los puntos A y C los dibujo en verde; E_2 y E_2).

En trazo fino y en color están indicados los CE producidos por cada carga en los puntos A, B y C; por ej, el CE producido por q_1 en B es E_1 (en color rojo).

En **trazo grueso** están dibujados los **CE resultantes sobre cada carga** (ej; $E_{(A)}$ es el CE en la posición de q_1).

No dibuje la fuerza sobre cada carga; pero no es difícil saber para donde apunta; Por ej; la **fuerza resultante** sobre q_1 tendrá igual dirección que $E_{(A)}$; pero sentido contrario, porque q_1 es -.

- Una vez que conozco el CE (E) en un punto, (por ej; $E_{(A)}$), es fácil saber la fuerza sobre una carga ubicada en ese punto; $F = q \cdot E$; hay solo 2 posibilidades:
- Si la carga es +, la **fuerza** tiene = dirección y sentido que el E ;
- Si la carga es -, la **fuerza** tiene sentido contrario al E .