

# El campo eléctrico

Prof. Gustavo Forte

# El campo eléctrico

Se creía que la fuerza ejercida por una carga eléctrica sobre otra era una interacción directa e instantánea -> **acción a distancia**

$\text{carga} \rightleftharpoons \text{carga}$

Esta idea es reemplazada por el concepto de **campo**

$\text{carga} \rightleftharpoons \text{campo} \rightleftharpoons \text{carga}$

La presencia de una carga eléctrica en un punto del espacio modifica las propiedades físicas del espacio que la rodea creando un **campo eléctrico**

La primera carga crea un **campo eléctrico** y la segunda carga interactúa con el campo eléctrico de la primera

Primero,

$\text{carga} \rightleftharpoons \text{campo} \rightleftharpoons \text{carga}$

Luego,

$\text{carga} \rightleftharpoons \text{campo} \rightleftharpoons \text{carga}$

# El campo eléctrico

Primero,  $\text{carga} \rightleftharpoons \text{campo} \rightleftharpoons \text{carga}$

## Algunas definiciones previas...

Una función  $\varphi(x,y,z)$  definida en una región del espacio o en todo el espacio se llama *función escalar* y define un *campo escalar*, ya que a cada punto le hace corresponder un escalar, que es el valor que toma la función en el punto.

Por ejemplo: la temperatura  $T(x,y,z)$  en cualquier lugar del aula es el *campo de temperatura*,  $P(x,y,z)$  es el *campo de presión*

Un vector  $\vec{A}$  cuyas componentes son funciones  $a_i(x,y,z)$  definidas en cierta región del espacio o en todo el espacio, define un **campo vectorial**, ya que a cada punto le hace corresponder un vector.

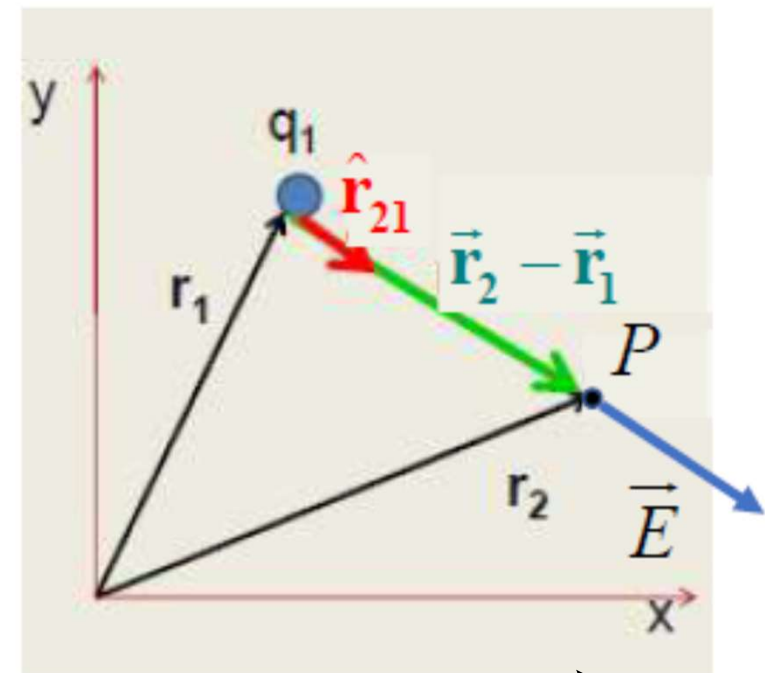
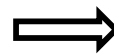
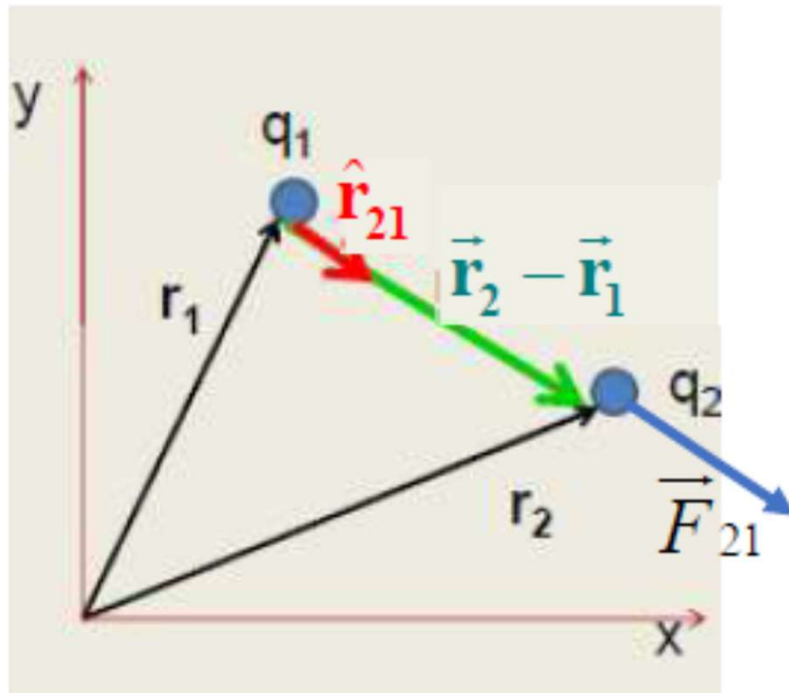
Por ejemplo: la velocidad  $\vec{v}(x,y,z)$  en todos los puntos de un fluido es el *campo de velocidades*, la fuerza gravitacional por unidad de masa  $\vec{g}(x,y,z) = \vec{F}_G(x,y,z)/m_0$  en todos los puntos que rodean la Tierra es el *campo gravitacional* de la Tierra.

# El campo eléctrico

Podemos pensar que  $q_2$  es una “carga de prueba” con la que sondeamos los alrededores de  $q_1$ . Para independizarnos de la influencia de  $q_2$  dividimos  $\vec{F}_{21}$  por  $q_2$ , de esta manera definimos el **campo eléctrico de  $q_1$**   $\rightarrow \vec{E}$

$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}_{21}}{q_2} = k \frac{q_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^2} \hat{r}_{21}$$

Solo depende de  $q_1$   
y de su distancia al  
punto considerado



Campo eléctrico  $\vec{E}$

# El campo eléctrico

$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}_e}{q_0}$$

Fuerza electrostática

Carga de prueba

Campo vectorial

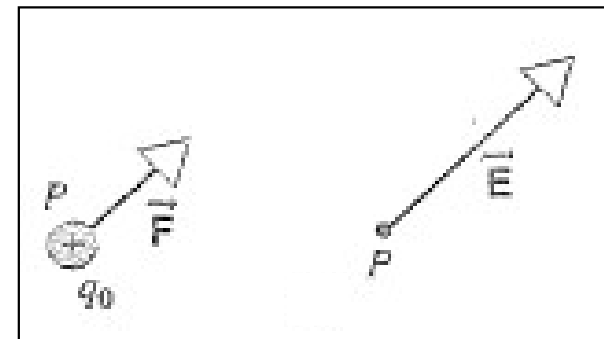
Unidad de campo eléctrico

$$\longrightarrow [\vec{E}] = \frac{N}{C}$$

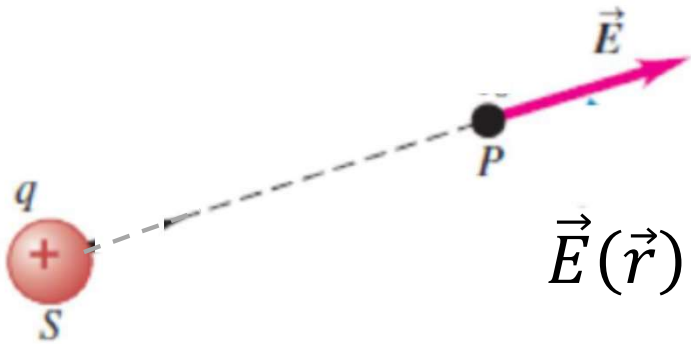
Carga de prueba:

- Se considera positiva por convención
- Pequeña en magnitud

La dirección y sentido del campo eléctrico **coincide** con la dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre la carga de prueba

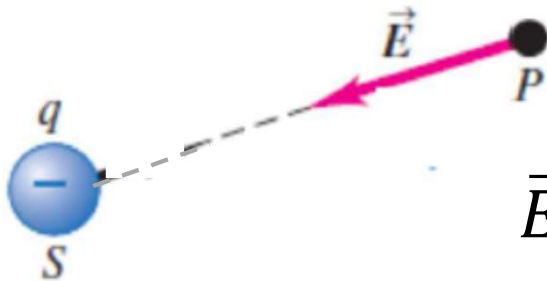


## Campo eléctrico de una carga puntual



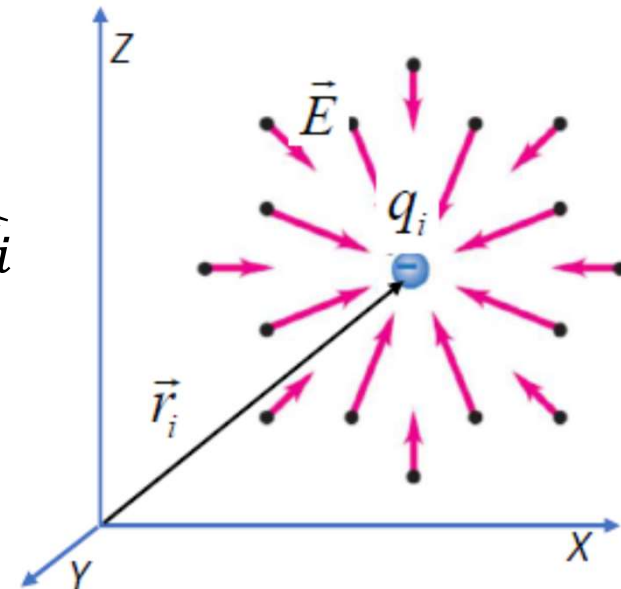
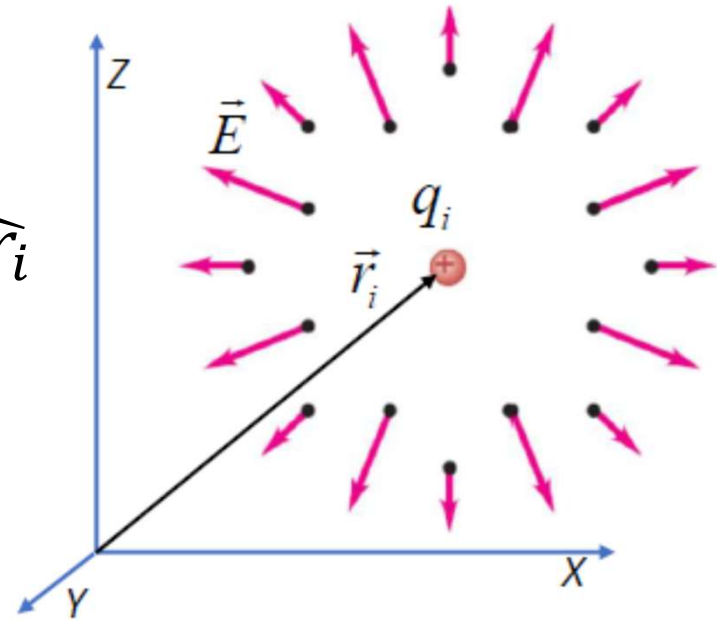
$$\vec{E}(\vec{r}) = k \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^2} \widehat{r\vec{r}_i}$$

En cada punto P el campo  $\vec{E}$  originado por una **carga puntual positiva** tiene el sentido que se aleja de la carga

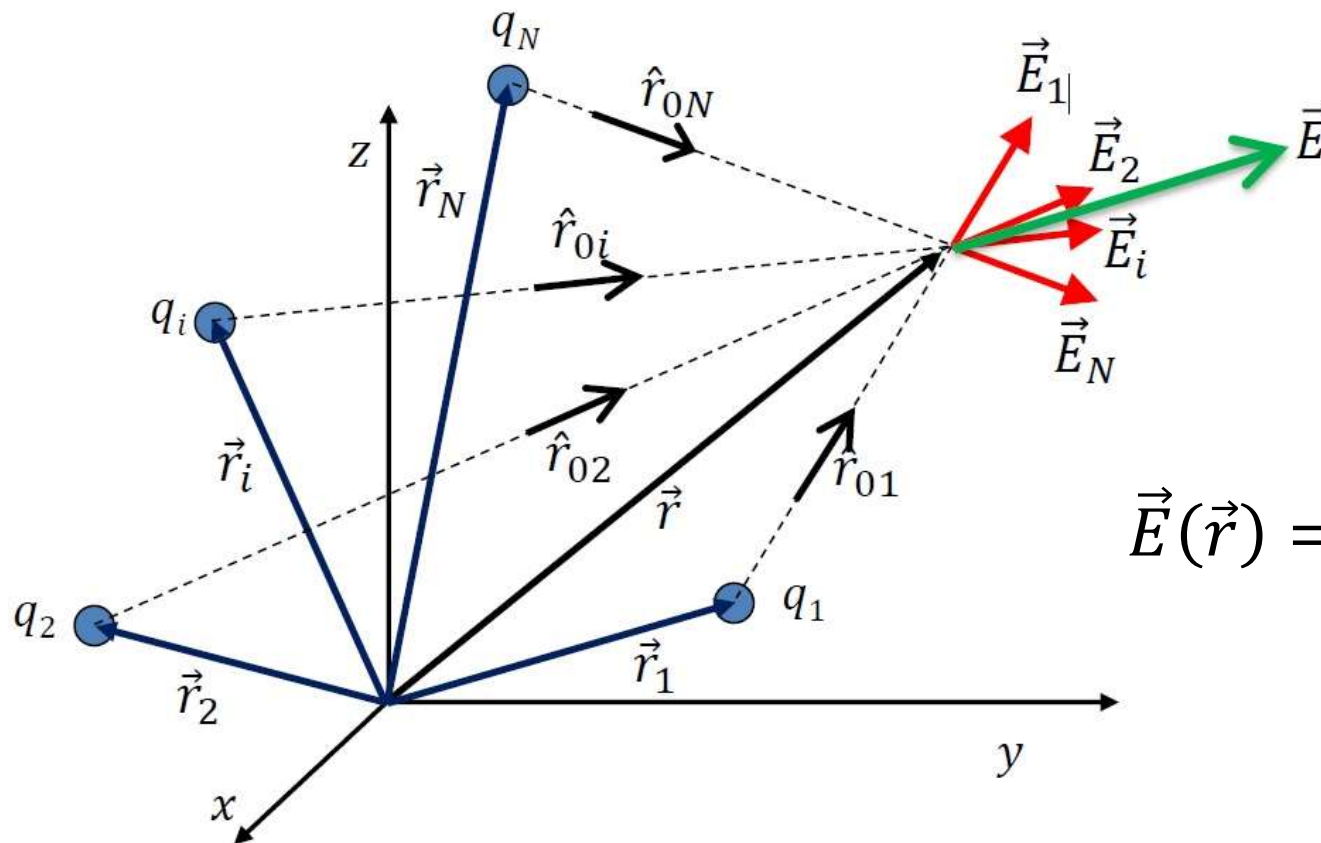


$$\vec{E}(\vec{r}) = k \frac{(-q_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^2} \widehat{r\vec{r}_i}$$

En cada punto P el campo  $\vec{E}$  originado por una **carga puntual negativa** tiene el sentido hacia la carga



## Campo eléctrico de un conjunto de cargas puntuales



$$\vec{E}(\vec{r}) = k \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^2} \widehat{r r_i}$$

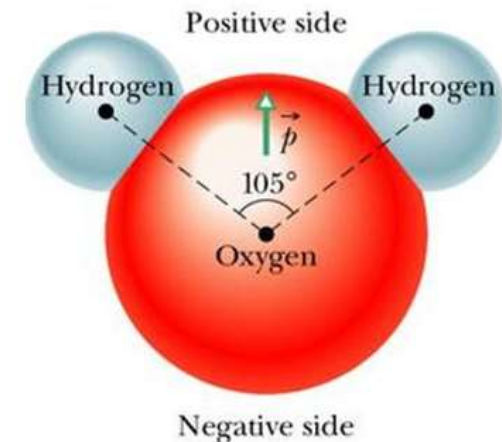
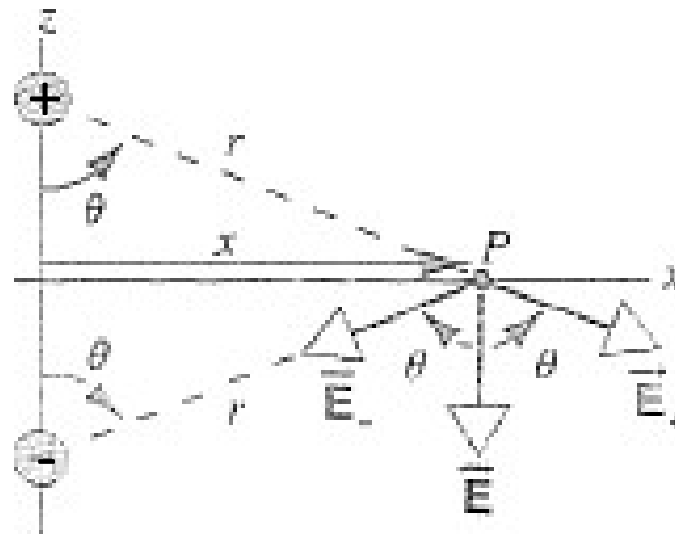
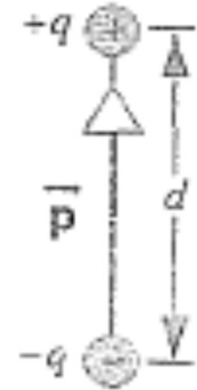
**Principio de superposición:** el campo eléctrico en un punto es la suma vectorial de los campos eléctricos producidos en ese punto por cada una de las cargas puntuales que forman el sistema.

## Campo de un dipolo eléctrico

**Dipolo eléctrico:** un objeto que no tiene carga neta, consta de cargas positivas y negativas iguales  $+q$  y  $-q$ , separadas por una distancia fija  $d$ .

Se define el **momento dipolar eléctrico**  $p = qd$ , esta cantidad se comporta como un vector.

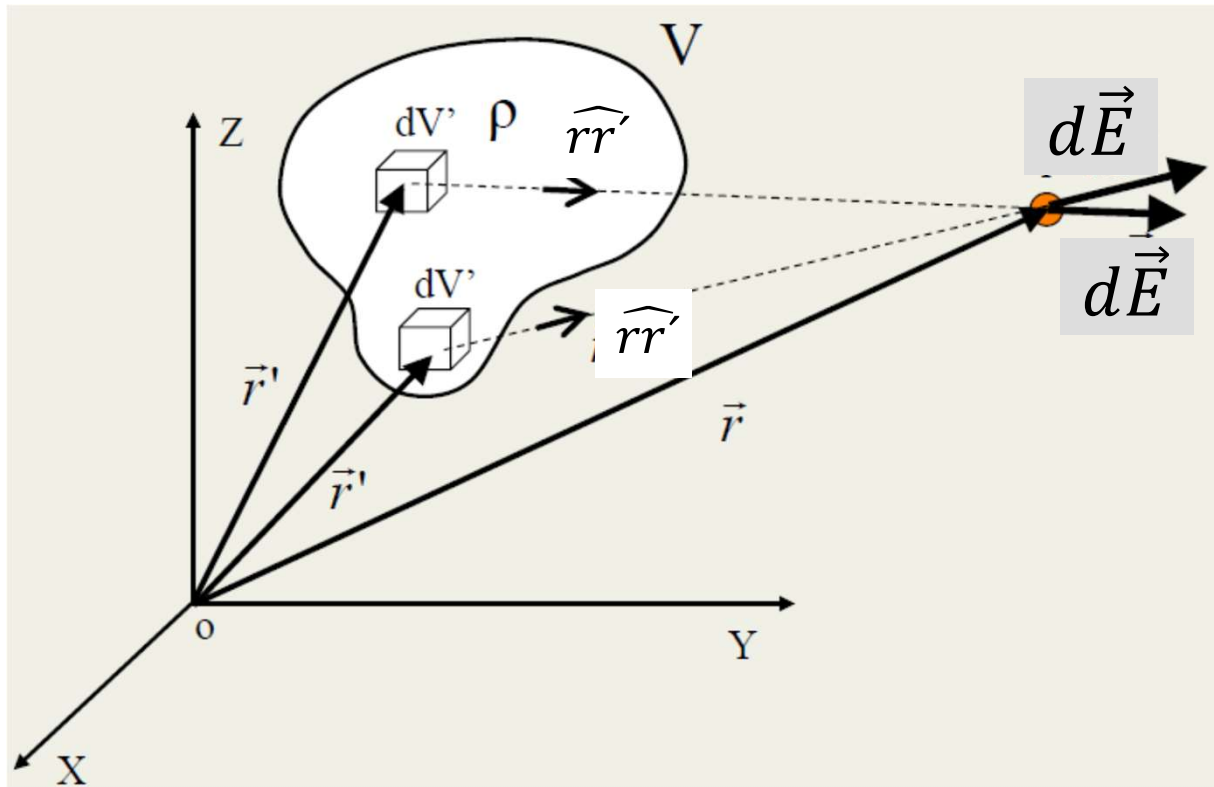
Por ejemplo: la molécula de agua (solvente), antena de television.





## Campo eléctrico de distribuciones continuas de carga

Por ejemplo para una distribución volumétrica de carga  $\rho(\vec{r}')$



$$d\vec{E}(\vec{r}) = k \frac{dq}{|\vec{r} - \vec{r}'|^2} \widehat{r r'}$$
$$dq = \rho(r') dV'$$

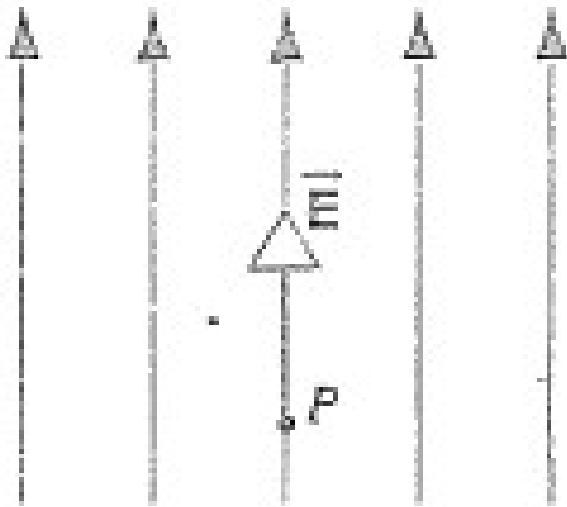
$$\vec{E}(\vec{r}) = k \iiint_V \frac{\rho(r') dV'}{|\vec{r} - \vec{r}'|^2} \widehat{r r'}$$

# Las líneas de campo eléctrico

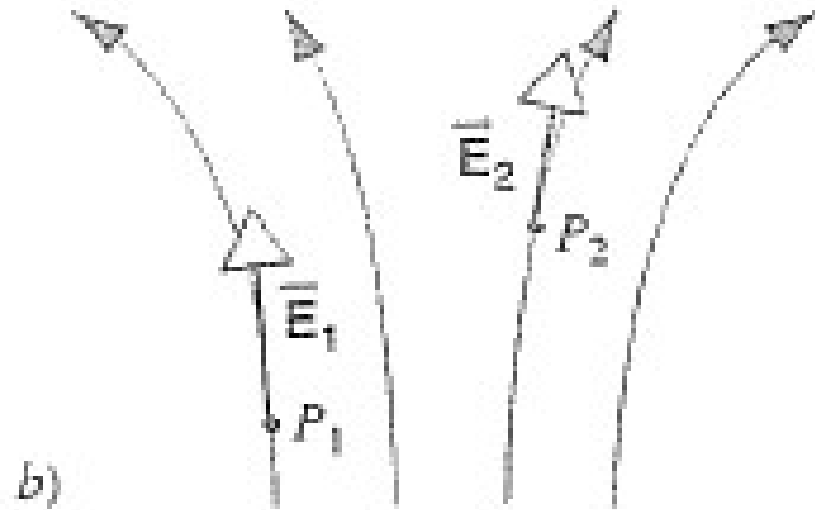


Michael Faraday introdujo el concepto de campo eléctrico a principios del siglo XIX en términos de *líneas de fuerza*. Hoy en día se habla de **líneas de campo**.

Por convención, se trazan las líneas con la siguiente propiedad: **la tangente a la línea de campo eléctrico en un punto cualquiera del espacio determina la dirección del campo eléctrico en ese punto.**



campo uniforme



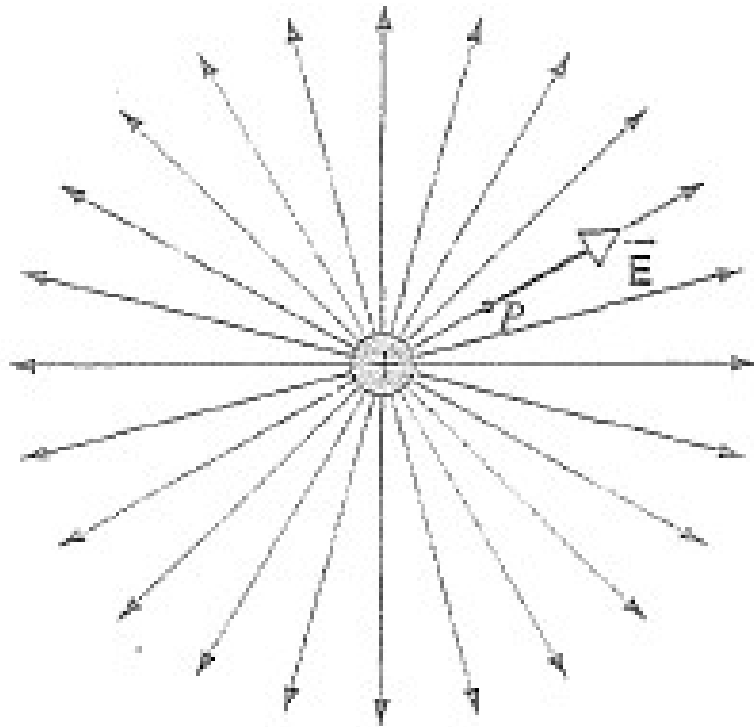
campo no uniforme

## Las líneas de campo eléctrico

Las líneas de campo son representaciones parciales pero útiles del campo eléctrico

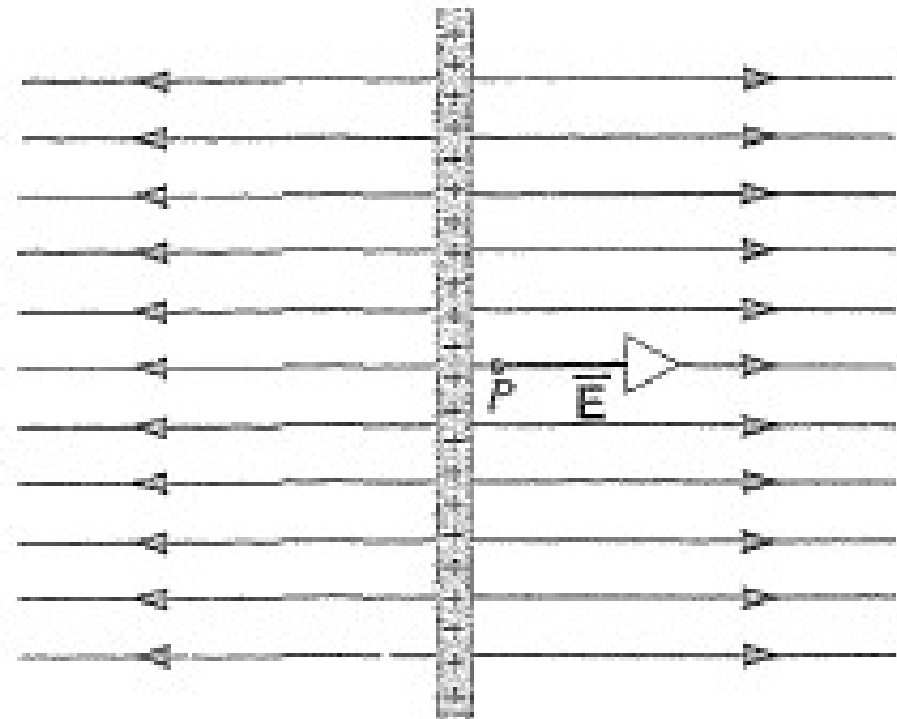
Las líneas de campo se pueden dibujar con las siguientes reglas:

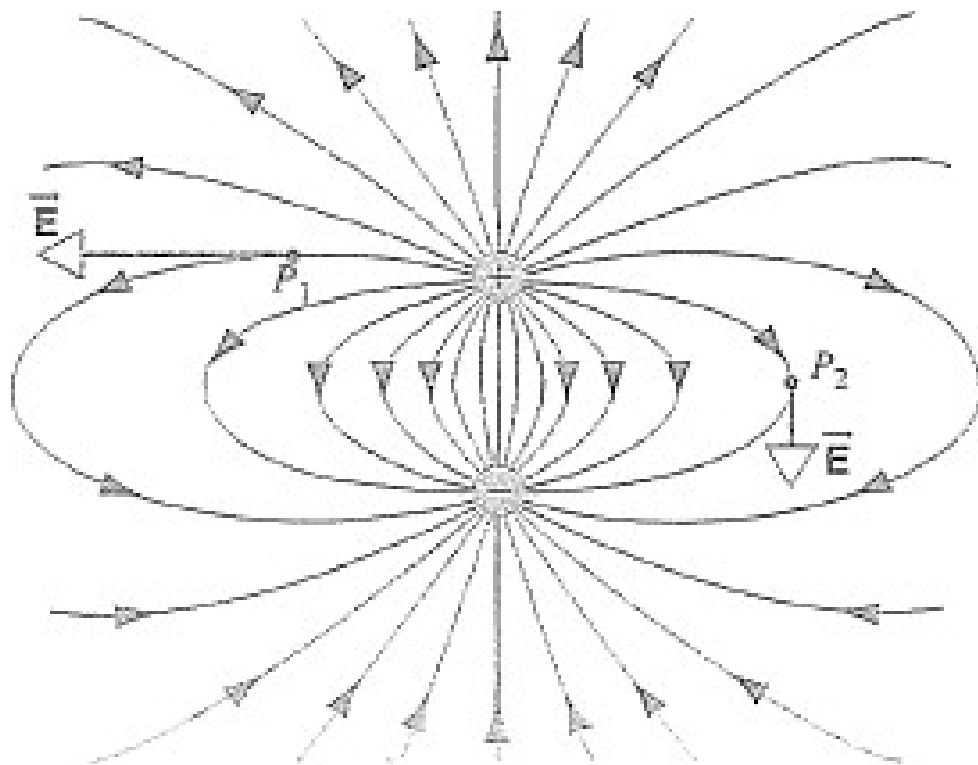
- ❖ Las líneas deben empezar en una carga positiva (**fuelle**) y terminar en una carga negativa (**sumidero**)
- ❖ Las líneas de campo nunca se cruzan (**campo monovaluado**)
- ❖ El **número total de líneas** de campo que salen o entran a una carga deben ser **proporcionales al valor de la carga**



Carga puntual positiva y aislada o  
esfera uniforme de carga positiva

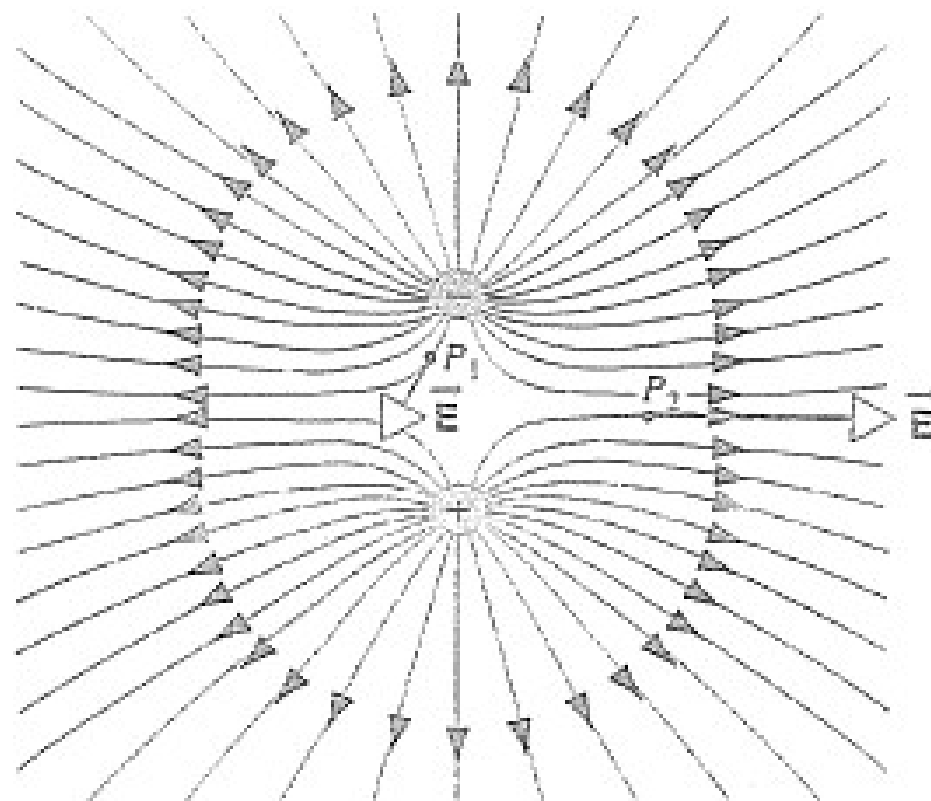
Lámina delgada uniforme de  
carga positiva (vista de perfil)



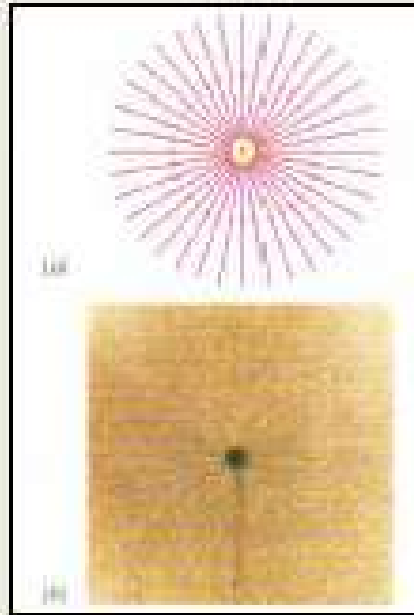


Dos cargas positivas iguales

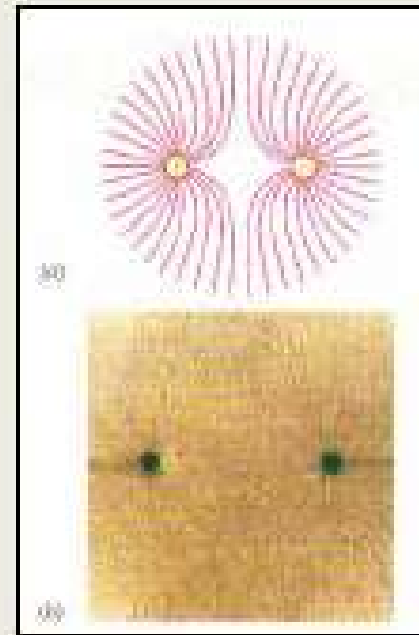
Dipolo eléctrico



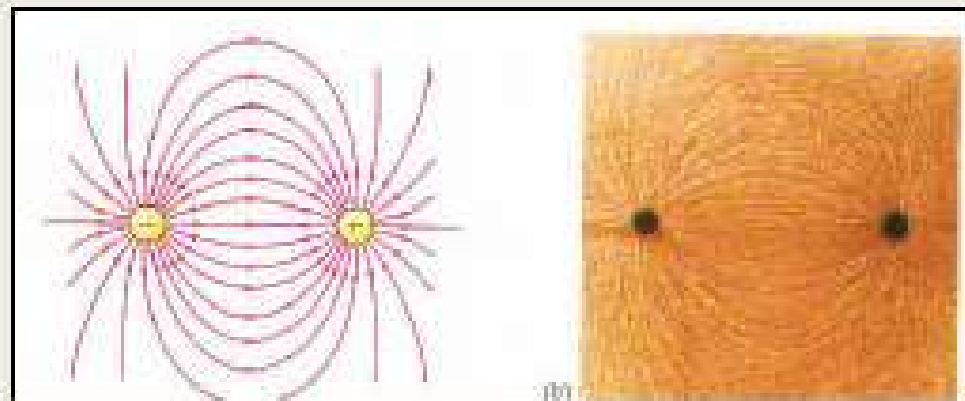
# Visualización de líneas de campo eléctrico



Carga puntual



Dos cargas mismo signo



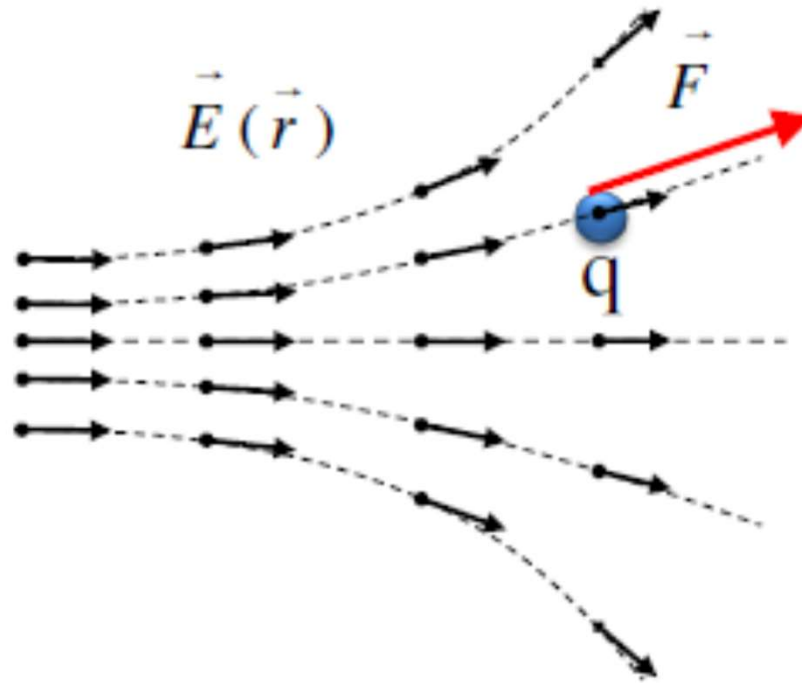
Dos cargas distinto signo: **DIPOLO**

## Carga puntual en un campo eléctrico

Luego,

carga  $\rightleftharpoons$  campo  $\rightleftharpoons$  carga

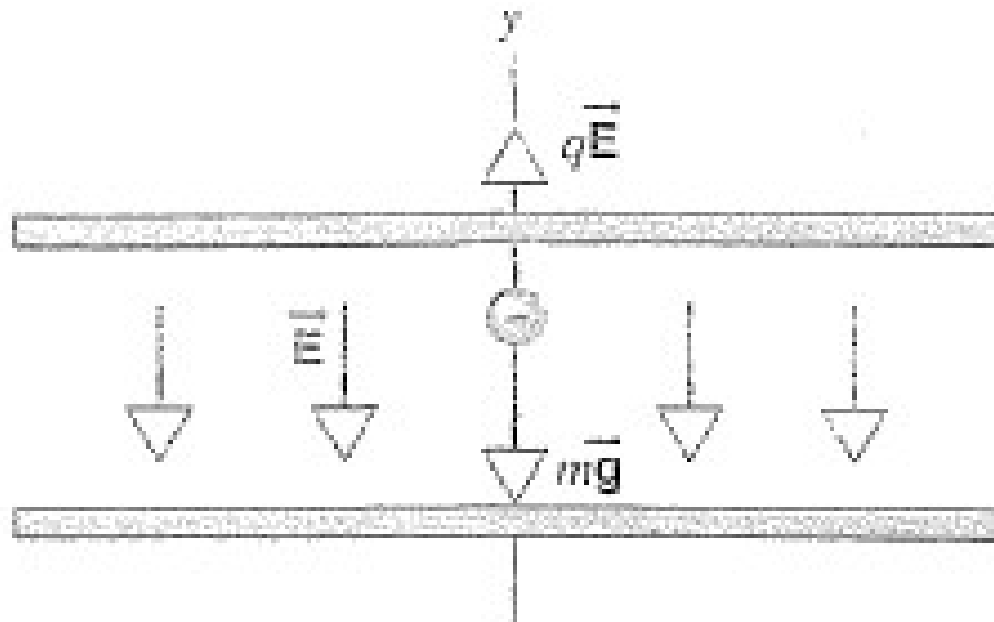
La fuerza que ejerce el campo sobre una carga  $q$  es:  $\vec{F} = q\vec{E}$



## Carga puntual en un campo eléctrico

CE uniforme (no varía con la posición) y constante (no varía con el tiempo)

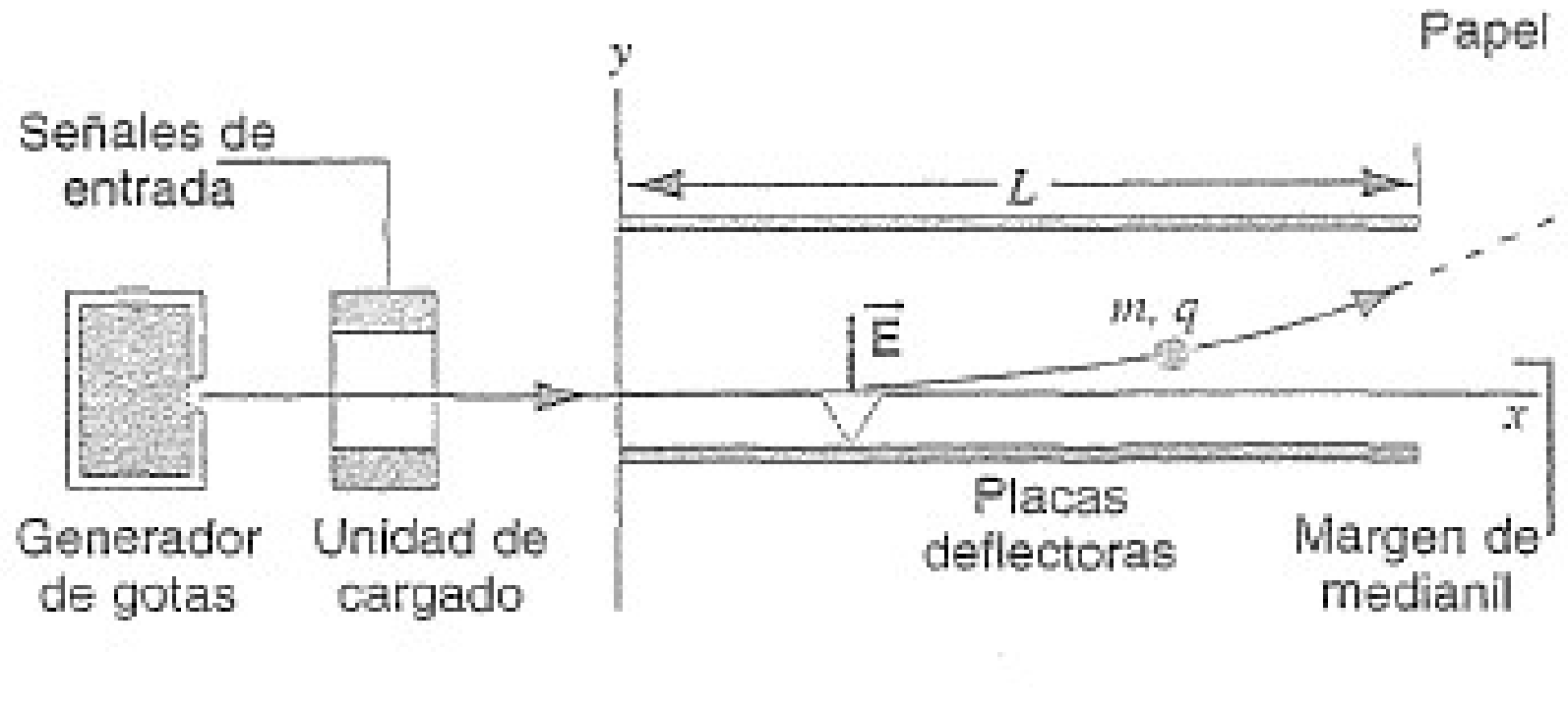
- i. Una gota de aceite con carga negativa en un CE uniforme se mueve bajo el efecto combinado de su peso y de la fuerza electrica.





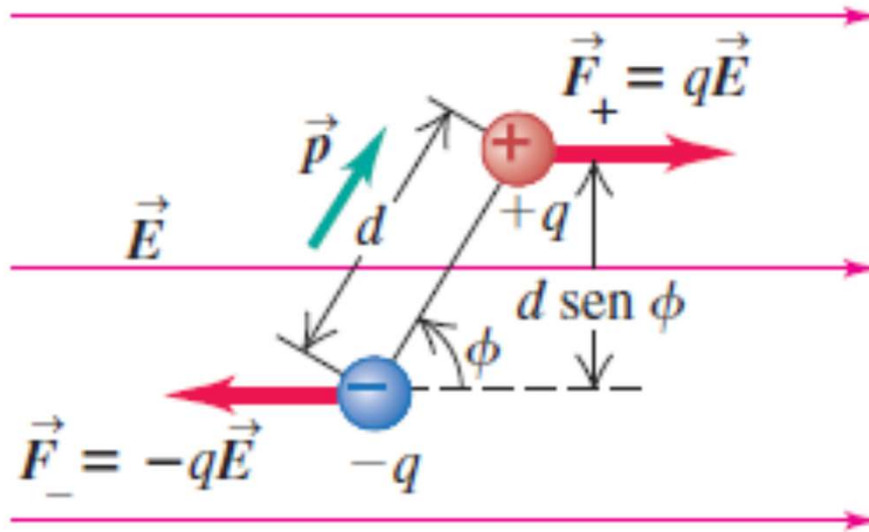
## Carga puntual en un campo eléctrico

- ii. Una gota de tinta con carga negativa entra en el sistema deflector de electrodos de una impresora de inyección de tinta



## Carga puntual en un campo eléctrico

iii. Un dipolo eléctrico en un CE uniforme



$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{F} = 0 \\ \sum \vec{\tau} \neq 0 \end{array} \right.$$

$$\tau = F \frac{d}{2} \sin \theta + F \frac{d}{2} \sin \theta = F d \sin \theta$$

$$\tau = (qE) d \sin \theta = (qd) E \sin \theta = p E \sin \theta$$

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

## Valores típicos de campo eléctrico

<i>Ubicación</i>	<i>Campo eléctrico (N/C)</i>
En la superficie de un núcleo de uranio	$3 \times 10^{21}$
En un átomo de hidrógeno, en el radio promedio del electrón	$5 \times 10^{11}$
La ruptura eléctrica ocurre en el aire	$3 \times 10^6$
En el tambor cargado de una fotocopidora	$10^5$
El acelerador de haces de electrones en un televisor	$10^5$
Cerca de un peine de plástico cargado	$10^3$
En la atmósfera inferior	$10^2$
Dentro del alambre de cobre de los circuitos caseros	$10^{-2}$