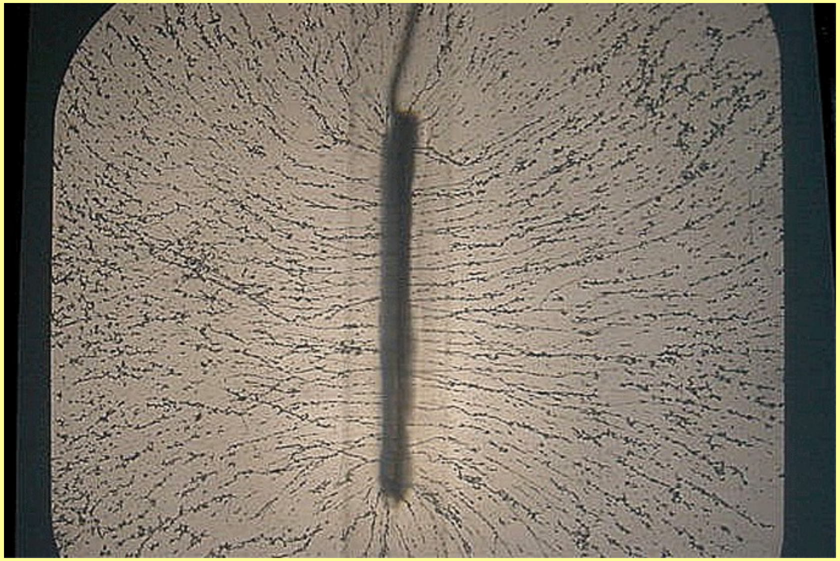
Campos Electromagnéticos



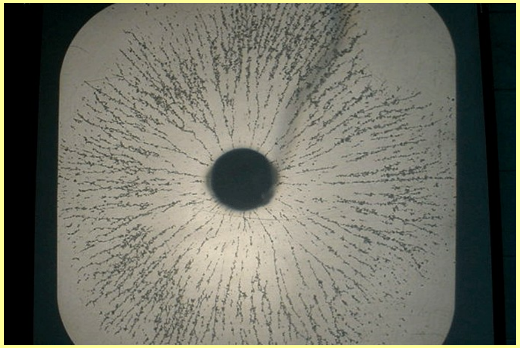
Profesor: Pedro Labraña
Departamento de Física,
Universidad del Bío-Bío

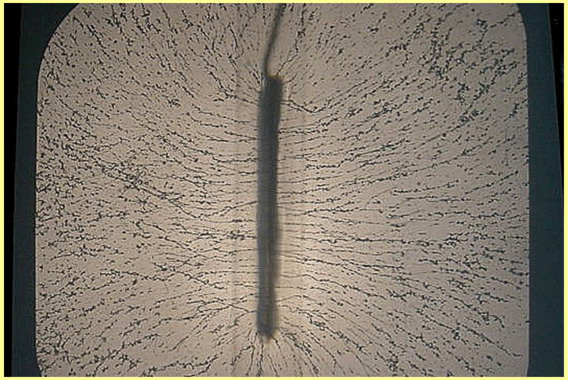
Carrera: Ingeniería Civil en Automatización
Créditos: 5

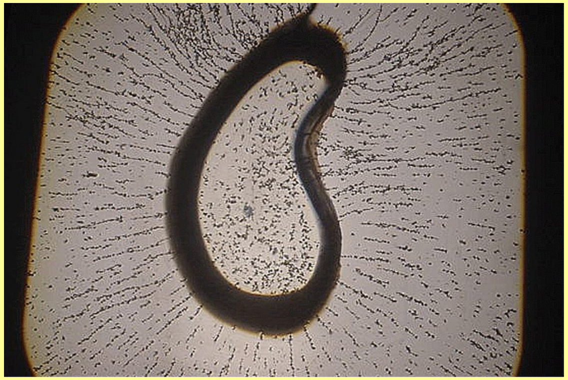
Campos Eléctricos

*Cargas Eléctricas, Aisladores y conductores, Ley de Coulomb, Campo Eléctrico. **Movimiento de partículas cargadas en campos eléctricos uniformes**. Campo eléctrico de distribuciones continuas. **Líneas de Campo Eléctrico (líneas de fuerza)**.*

Clases anteriores

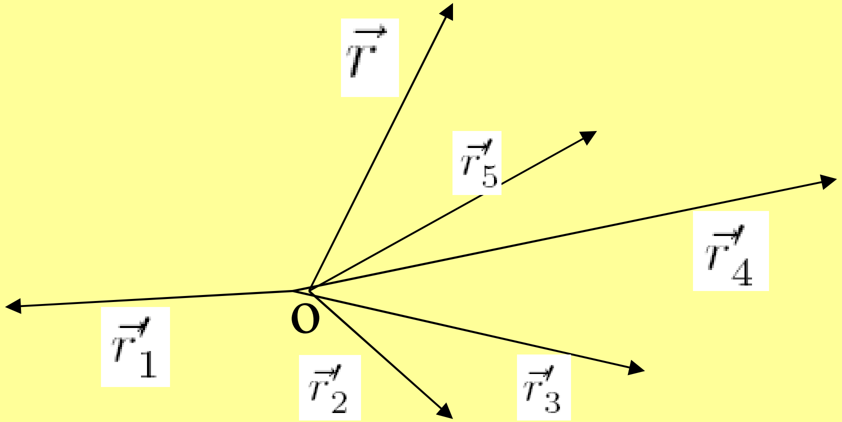




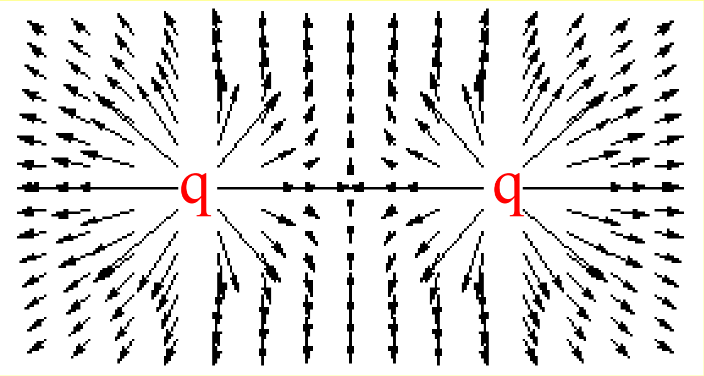


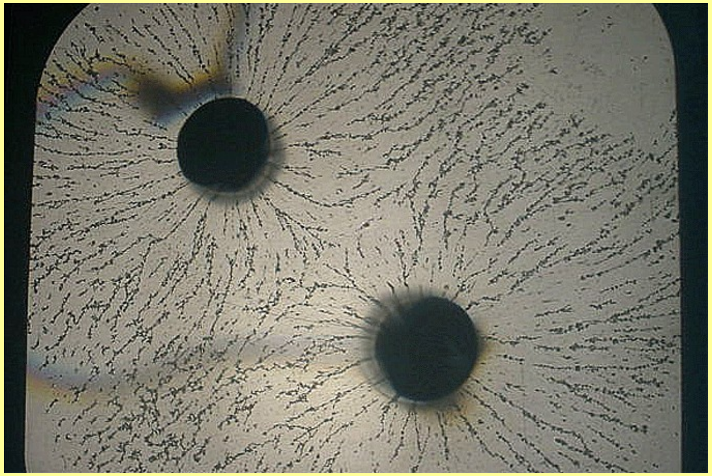
Campo eléctrico de una distribución de cargas puntuales evaluado en $\vec{r}$

$$\vec{E}(\vec{r}) = K \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i'}{||\vec{r} - \vec{r}_i'||^3} (\vec{r} - \vec{r}_i')$$

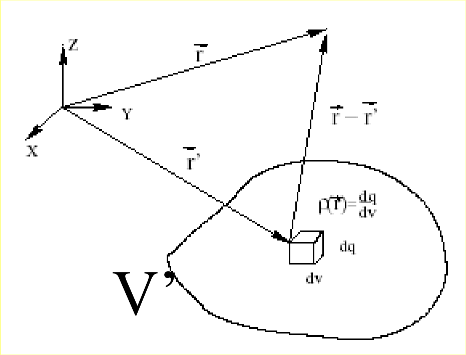


Ej. Dos cargas puntuales del mismo signo





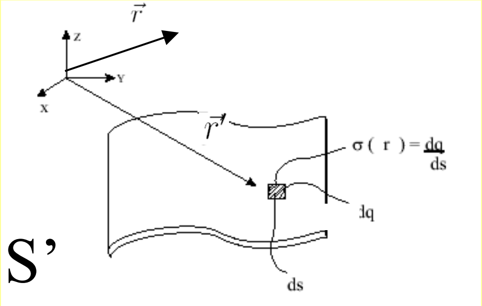
Distribución volumétrica



$$dq' = \rho(\vec{r}')d^3r'$$

$$\boxed{\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_{V'}\frac{\rho(\vec{r}')(\vec{r}-\vec{r}')}{||\vec{r}-\vec{r}'||^3}d^3r'}$$

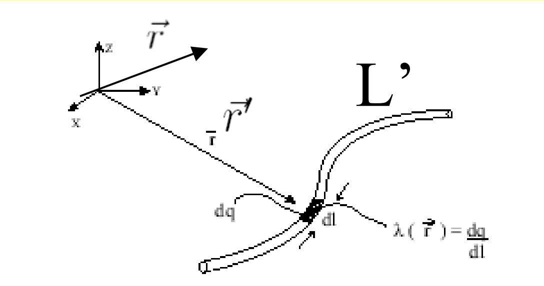
Distribución superficial



$$dq' = \sigma(\vec{r}')d^2r'$$

$$\boxed{\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_{S'}\frac{\sigma(\vec{r}')(\vec{r}-\vec{r}')}{||\vec{r}-\vec{r}'||^3}d^2r'}$$

Distribución lineal



$$dq' = \lambda(\vec{r}')dr'$$

$$\boxed{\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_{L'}\frac{\lambda(\vec{r}')(\vec{r}-\vec{r}')}{||\vec{r}-\vec{r}'||^3}dr'}$$

Algunos ejemplos

Campo eléctrico debido a una lámina infinita de carga situada en el plano z = 0.

$$\vec{E} = \begin{cases} +\dfrac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}\hat{z} & \text{Si } z > 0 \\ \dfrac{-\sigma_0}{2\varepsilon_0}\hat{z} & \text{Si } z < 0 \end{cases}$$

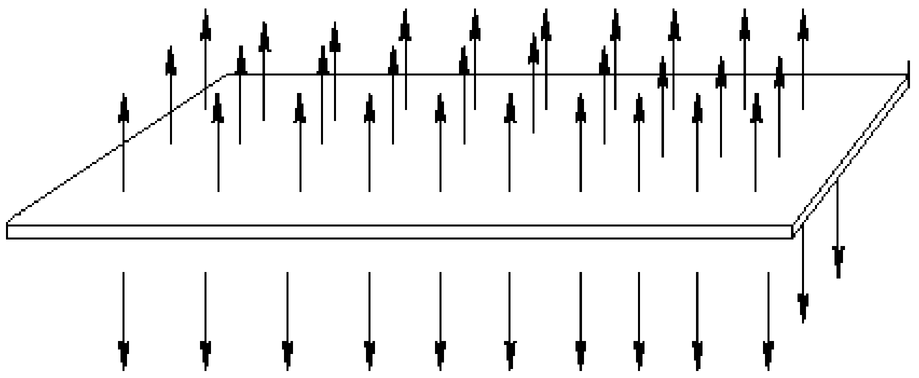
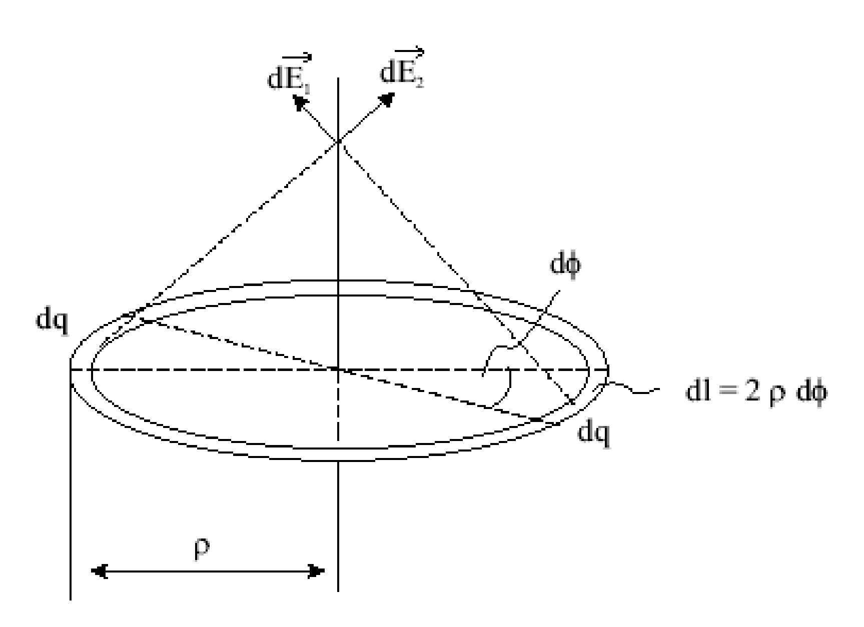


Figura 2.12: **Simetría traslacional del campo de una placa plana con densidad uniforme de carga**

$\sigma_0 > 0$



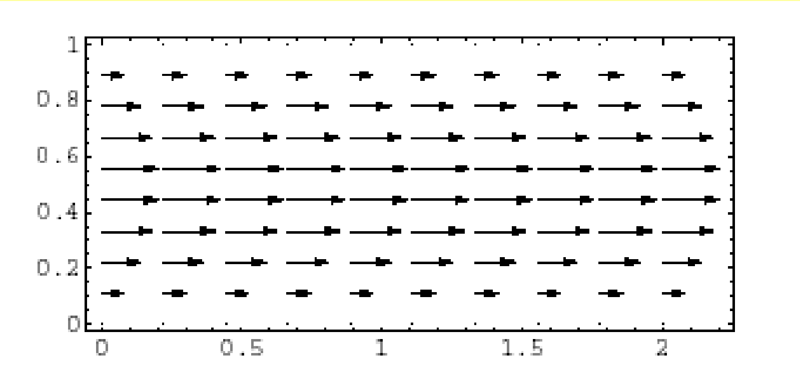
$$\vec{E} = \int_0^{\pi} \frac{2K\, z\, \lambda \rho\, d\phi}{(\rho^2+z^2)^{3/2}}\hat{z}$$
$$= 2\pi K \lambda \frac{z\rho}{(\rho^2+z^2)^{3/2}}\hat{z}$$

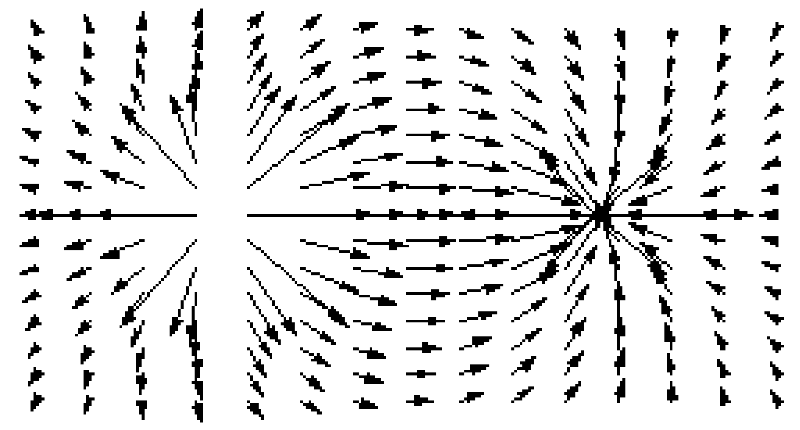
Movimiento de partículas cargadas en campo eléctricos uniformes

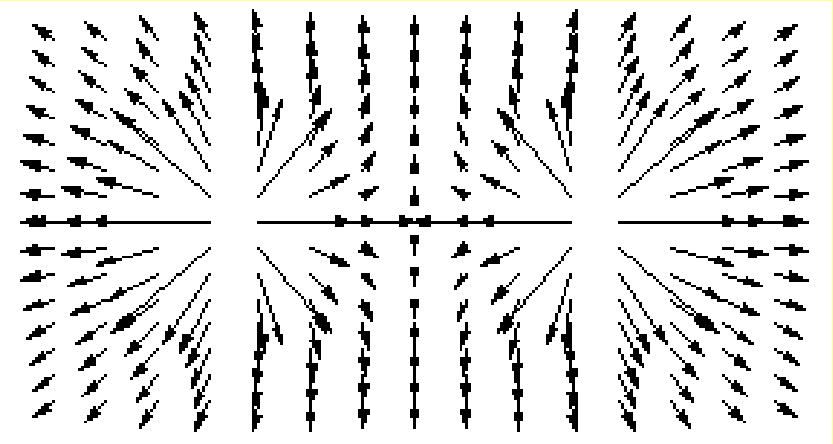
Si conocemos el valor del campo eléctrico para todo punto del espacio $\vec{E}(\vec{r})$. Entonces la fuerza que siente una carga q ubicada en $\vec{r}$ está dada por la siguiente expresión:

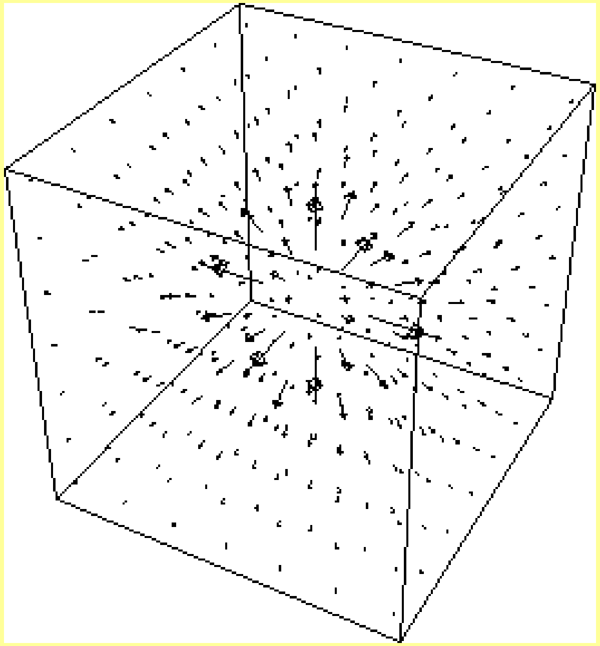
$$\vec{F}(\vec{r}) = q\vec{E}(\vec{r})$$

¿Para una carga q > 0, en qué dirección apunta la fuerza en los siguientes ejemplos de campo eléctrico? ¿dónde es mayor y donde es menor el valor de esta fuerza?









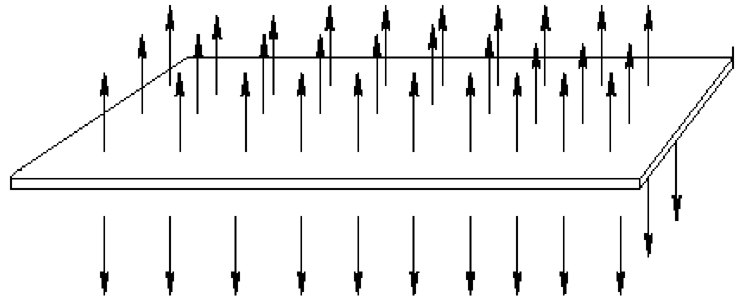
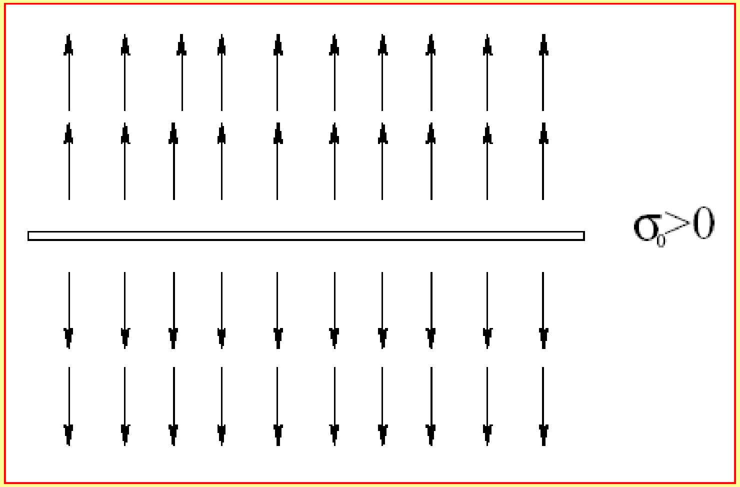
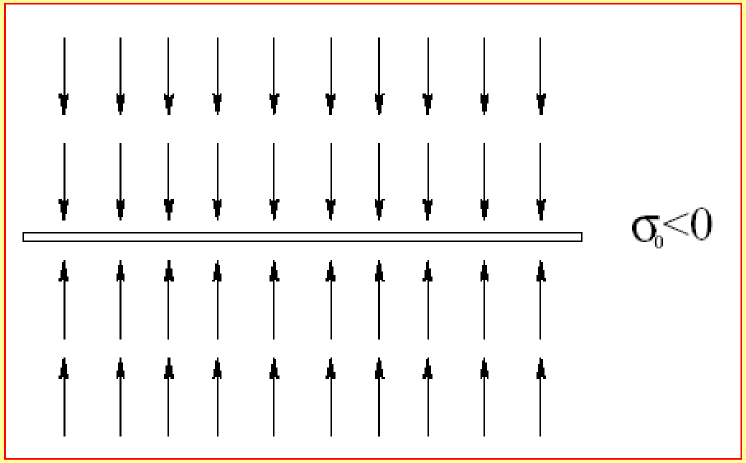


Figura 2.12: **Simetría traslacional del campo de una placa plana con densidad uniforme de carga**





Por simplicidad sólo consideraremos el movimiento de cargas puntuales q en campos eléctricos uniformes

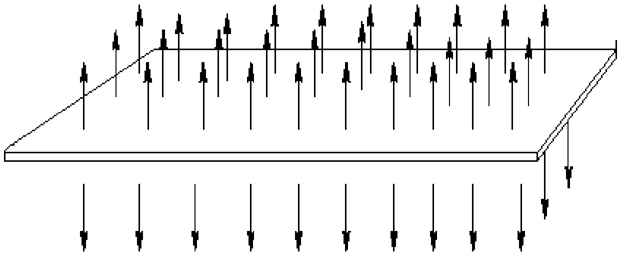
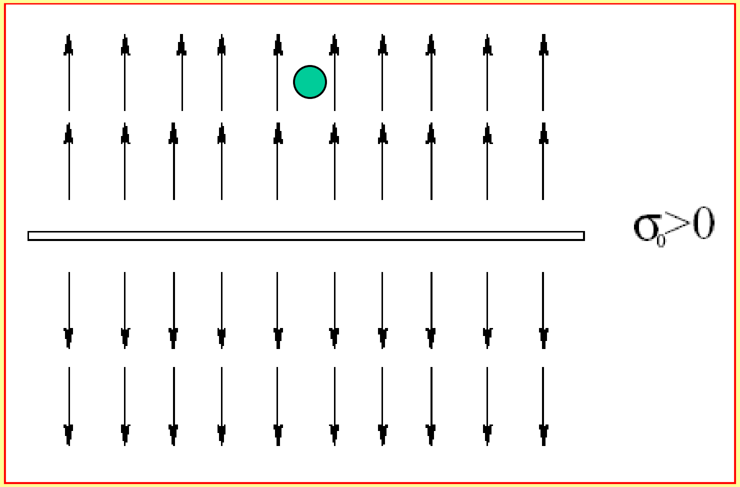
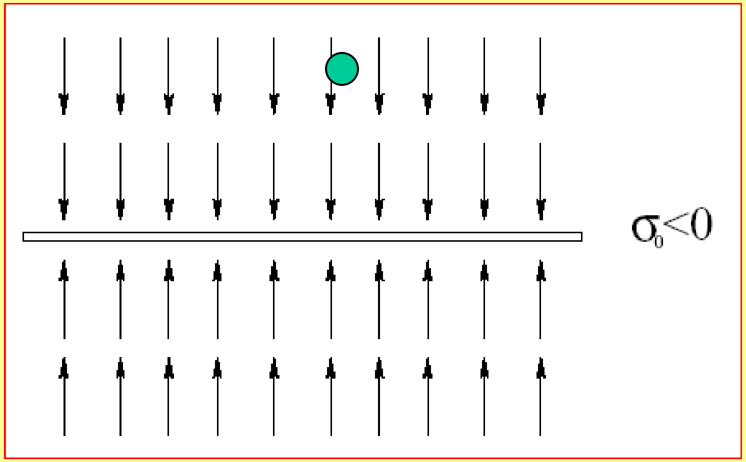


Figura 2.12: **Simetría traslacional del campo de una placa plana con densidad uniforme de carga**

$$\vec{E} = \begin{cases} +\dfrac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}\hat{z} & \text{Si } z > 0 \\ -\dfrac{-\sigma_0}{2\varepsilon_0}\hat{z} & \text{Si } z < 0 \end{cases}$$

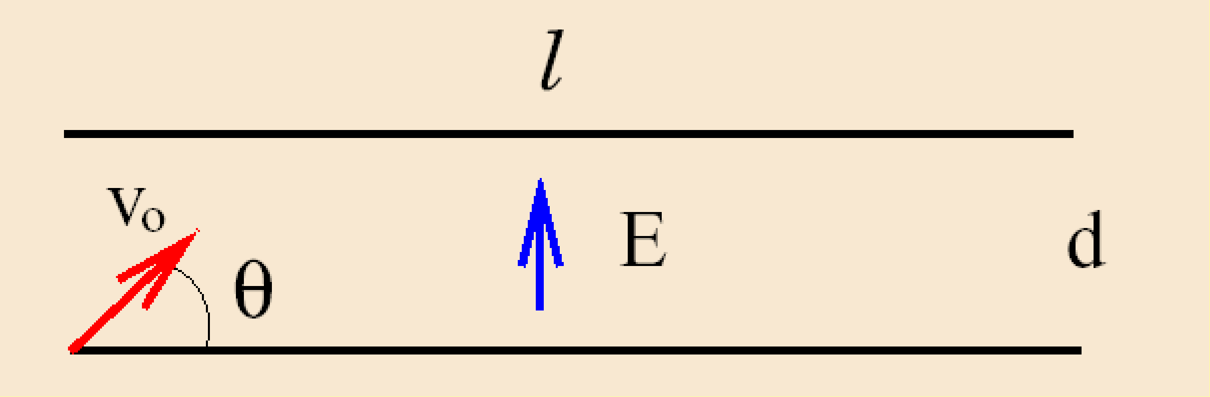
$$\vec{F}(\vec{r}) = q\vec{E}(\vec{r})$$





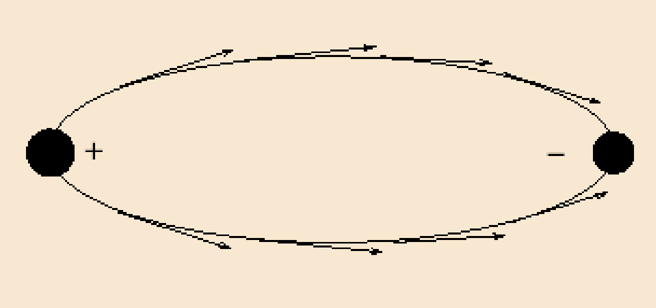
Trayectoria de electrón en campo eléctrico

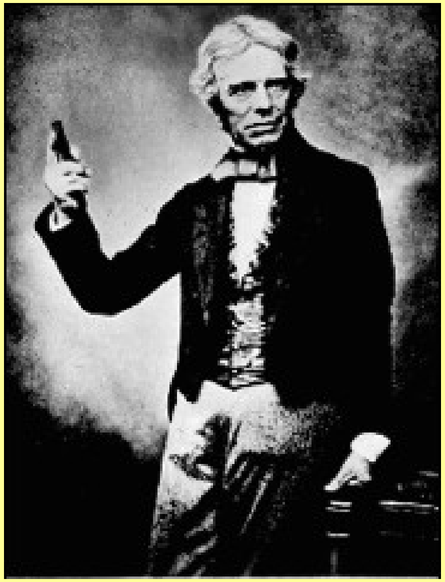
Entre dos placas de longitud $l = 10$ cm y separación $d = 2$ cm, existe un campo eléctrico uniforme perpendicular a las placas. Un electrón parte de un extremo de la placa inferior con una velocidad $v_o = 6 \times 10^6$ m/s, haciendo un ángulo $\theta = 45^o$ con la placa. ¿Choca el electrón con placa superior? y si es así ¿ donde choca?



Líneas de Fuerza

Líneas de fuerza El concepto de líneas de fuerza fué introducido por Michael Faraday (1791–1867). Esta línea está definida de tal manera de que es tangente al campo eléctrico en todo punto del espacio.

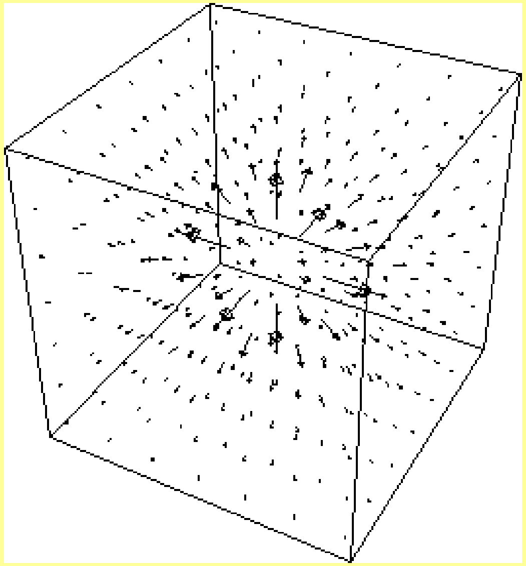


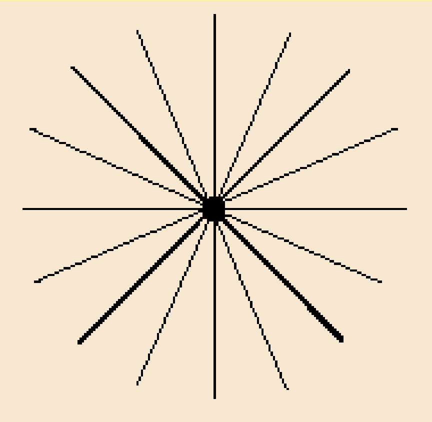


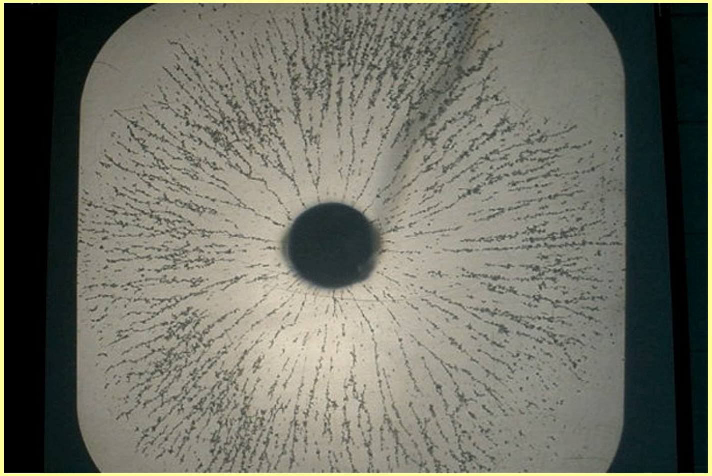
Las líneas de fuerza tienen las siguientes propiedades:

- Las líneas empiezan en cargas positivas y terminan en las negativas o en infinito y nunca se cruzan.
- El número de líneas que salen de una carga positiva o que entran a una carga negativa es proporcional a la magnitud de la carga.
- Lejos de un sistema de cargas la líneas son radiales y estan igualmente espaciadas como si vinieran de una única carga puntual cuya magnitud es igual a la carga neta del sistema.

Líneas de fuerza de una carga puntual







DOS CARGAS PUNTUALES DE SIGNOS OPUESTOS

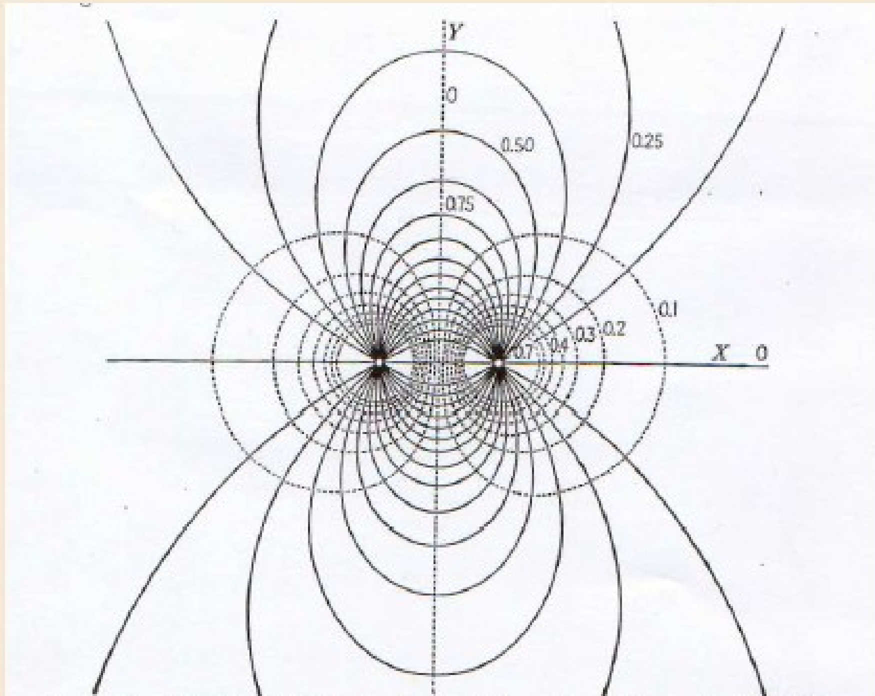
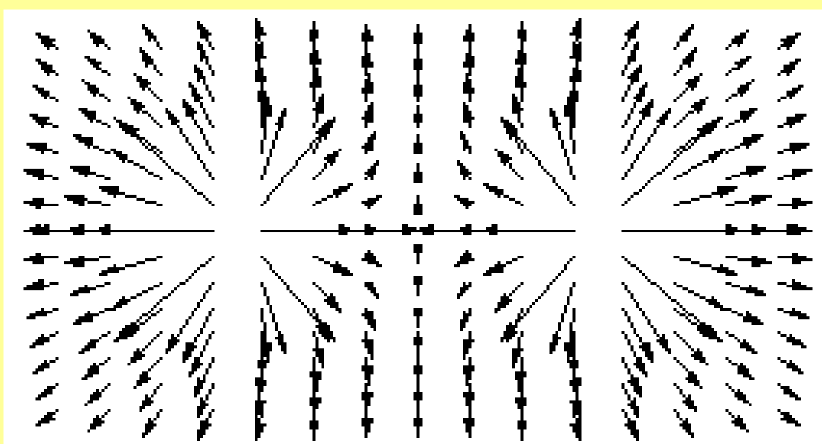


Fig. 1.08a — Field about equal charges of opposite sign. Lines of force and equipotential



Campo eléctrico

DOS CARGAS PUNTUALES DE SIGNOS IGUALES

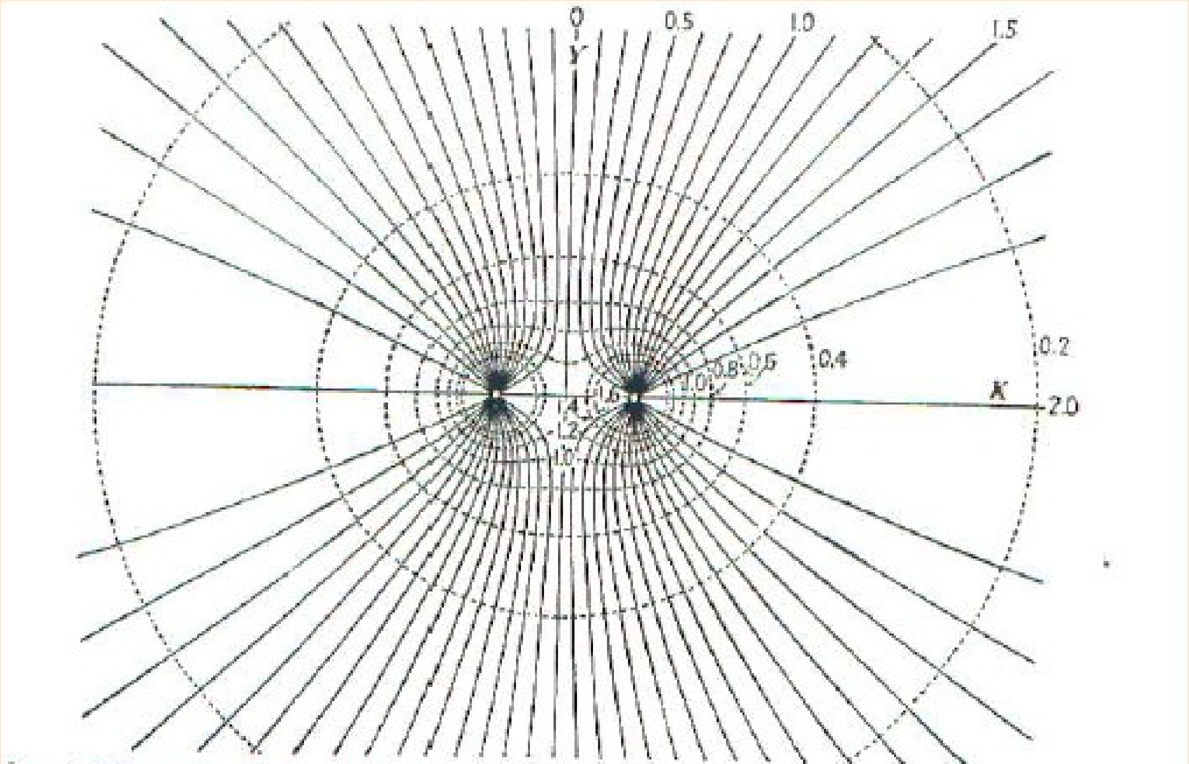
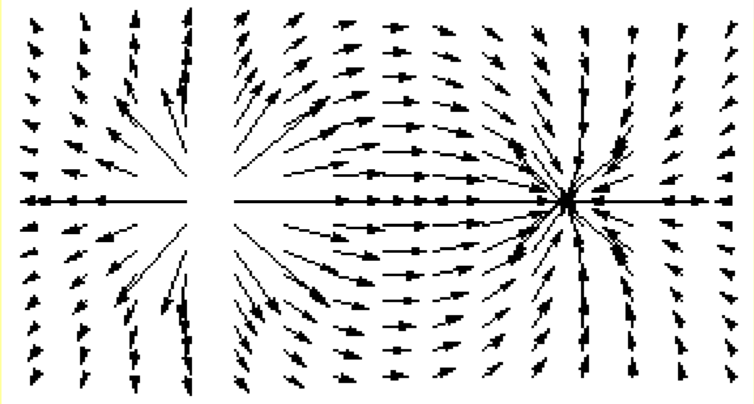
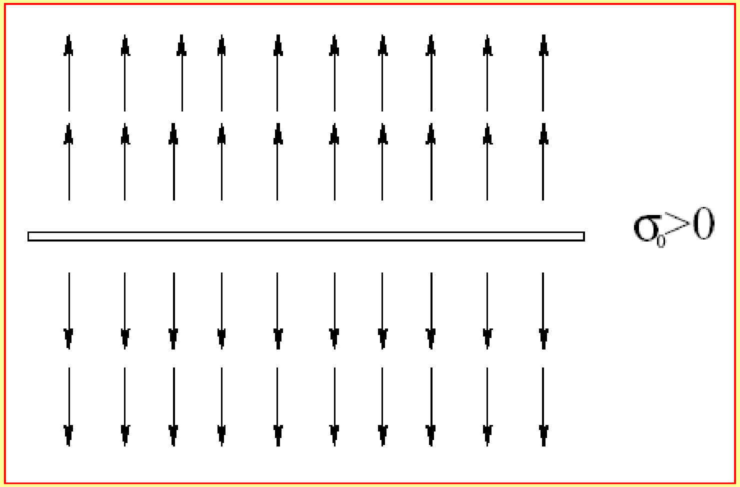


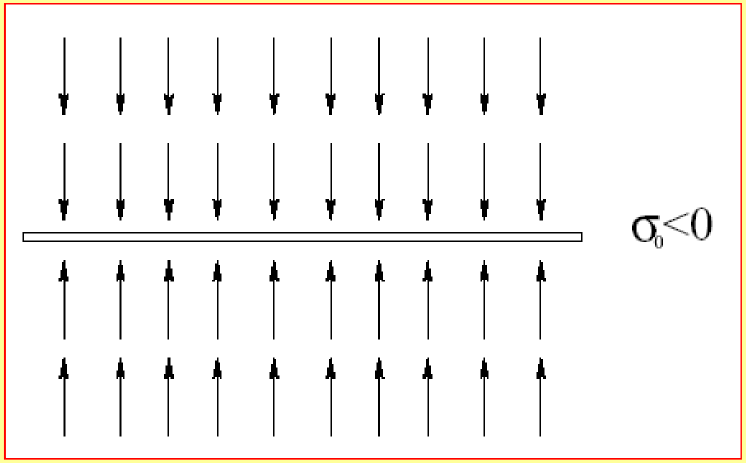
FIG. 1.08b.—Field about equal charges of the same sign.



Campo eléctrico

Campo eléctrico



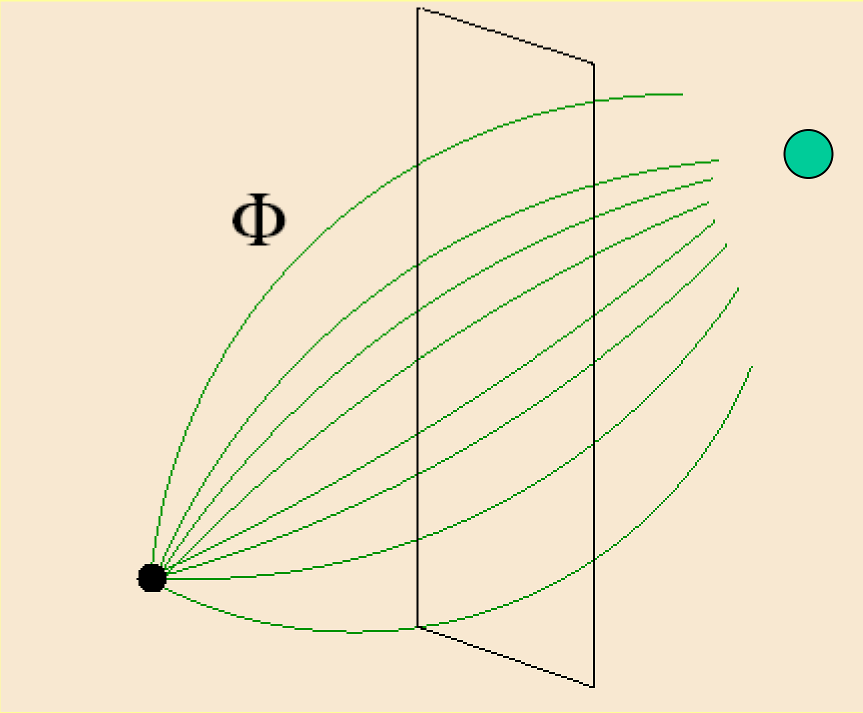


Líneas de fuerza (ver pizarra)

Ley de Gauss

Flujo eléctrico, *Ley de Gauss, Aplicaciones de la ley de gauss a asiladores cargados, Conductores en equilibrio electroestático.*

Flujo del campo eléctrico Φ



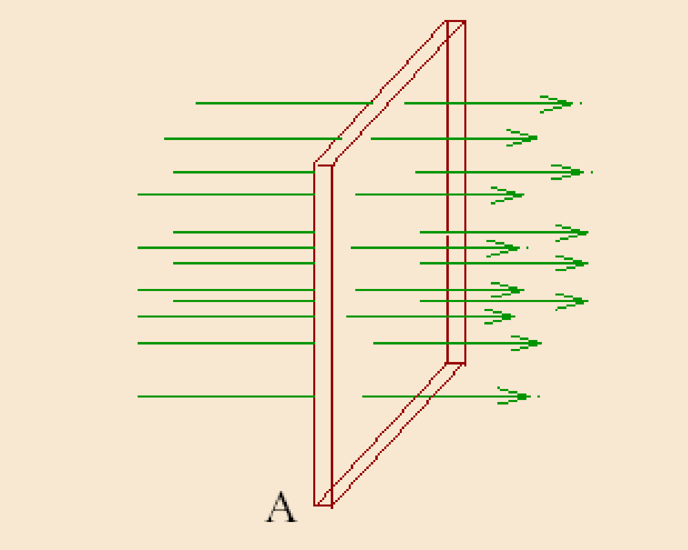
Número de líneas de fuerza que atraviesan a una determinada área

Estudiemos algunas consideraciones generales a este respecto

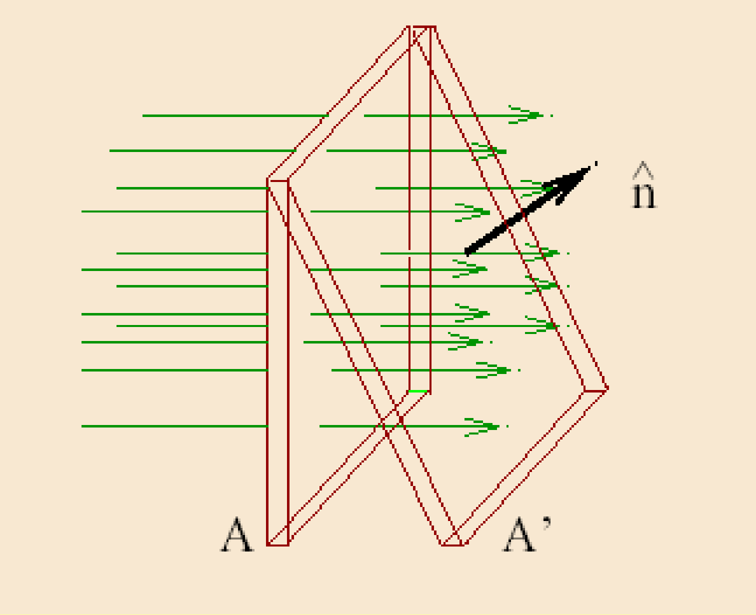
Flujo de un campo electrico uniforme

El flujo se define como el número de líneas de fuerzas que atraviesa una superficie.

En el caso de un campo eléctrico E uniforme, el flujo que atraviesa una superficie A perpendicular al campo se define como: $\Phi = EA$.



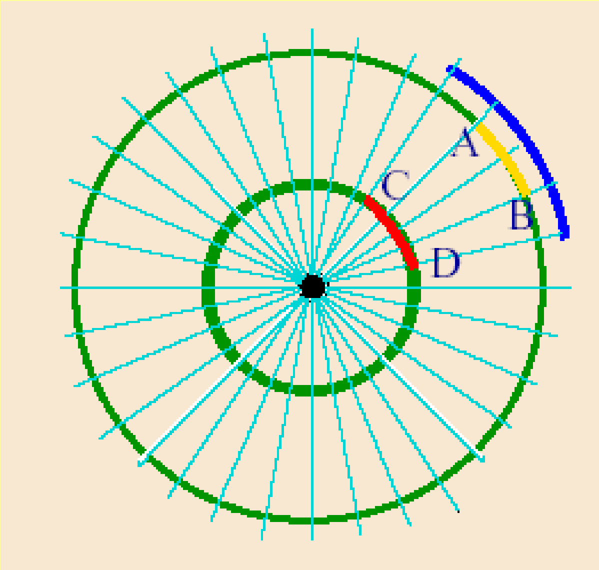
Si la superficie A' no es perpendicular al campo el número de líneas que la atraviesa es igual al caso anterior y por lo tanto el flujo es el mismo. Entonces, para la superficie inclinada $\Phi = A'\vec{E} \cdot \hat{n}$, donde $\hat{n}$ es perpendicular a A'.



Proyección del área A' al plano definido por el área A
(Ver pizarra)

Flujo por unidad de area

El mismo número de líneas que pasa por el área roja, pasa por el área azul, pero por el área AB (amarilla) (que es igual a CD (roja)) pasa un número menor de líneas.



Notar: Por las áreas verdes pasa siempre el mismo número de líneas

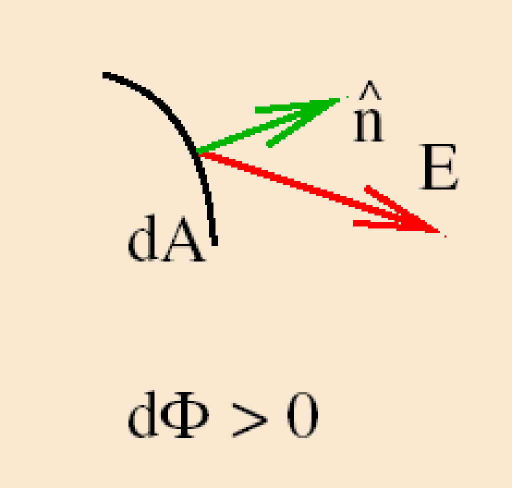
Comente respecto al flujo por unidad de área en estos casos

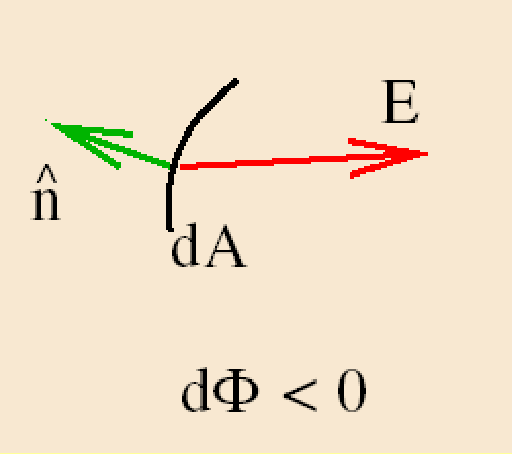
Flujo a través de superficies curvas Definimos el flujo de campo eléctrico a través de un elemento de área de una superficie curva *dA* como:

$$d\Phi = \vec{E} \cdot \hat{n} dA$$

$\hat{n}\, dA$ = Área orientada

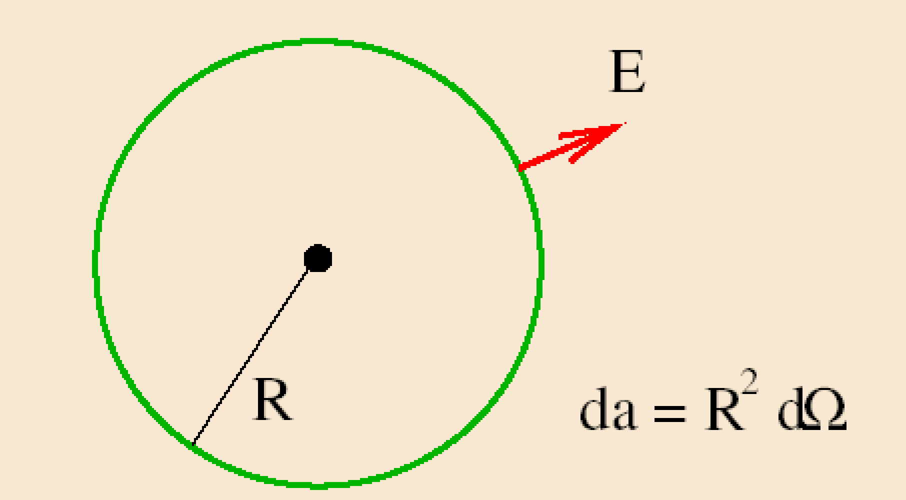
$\hat{n}$ Vector unitario, normal a la superficie y que apunta hacia afuera de ésta.





Un ejemplo

Ley de Gauss. ESFERA Consideremos una carga puntual q en el centro de una esfera de radio R. El flujo a través de la superficie de la esfera está dado por:

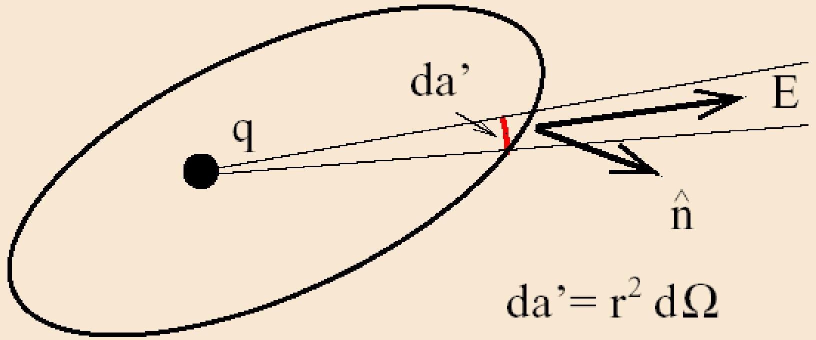


$$\oint \vec{E} \cdot \hat{n} da = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{q}{R^2} R^2 d\Omega = \frac{q}{\epsilon_o}$$

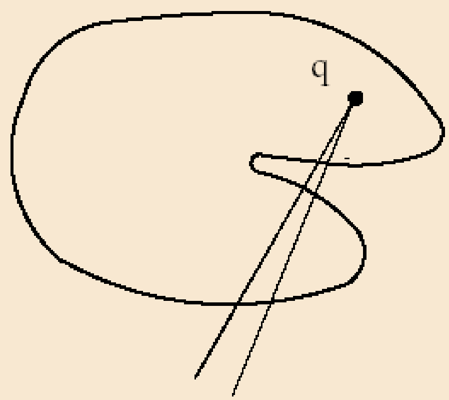
¿Cuanto vale el flujo en estos casos?

Ley de Gauss. CARGA PUNTUAL

$$\oint_S \vec{E}\cdot\hat{n}\,da = \frac{q}{4\pi\epsilon_o}\oint\frac{\vec{r}\cdot\hat{n}}{r^3}da = \frac{q}{4\pi\epsilon_o}\oint\frac{r}{r^3}da' = \frac{q}{\epsilon_o}$$



Ley de Gauss II. CASO ESPECIAL



Fin