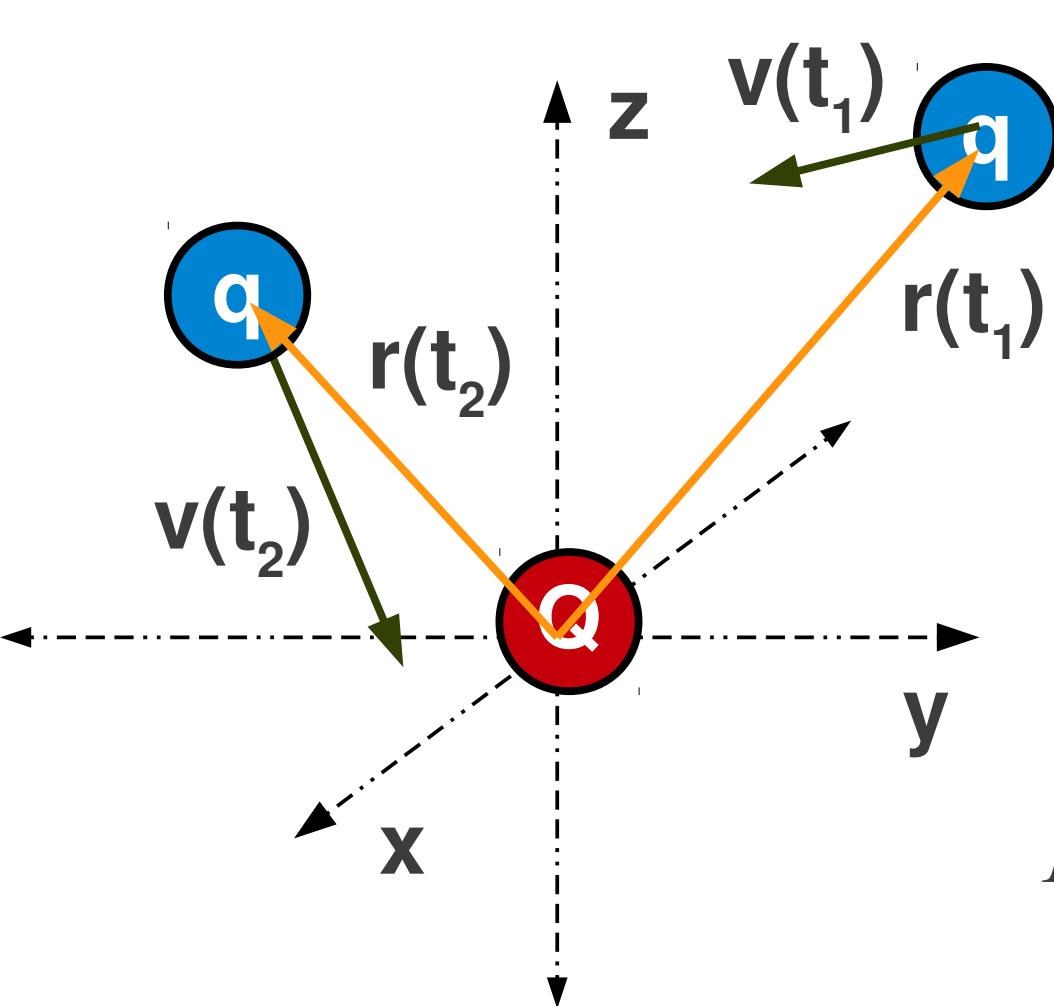


Introducción a la Física (2013)

- Unidad: 02
- Clase: 06
- Fecha: 20130813M
- Contenido: Potencial y Campo
- Web: http://halley.uis.edu.co/fisica_para_todos/
- Archivo: 20130813M-HA-potencial-y-campo.pdf

Allá lejos y hace tiempo...

Energía mecánica = Energía cinética + Energía potencial



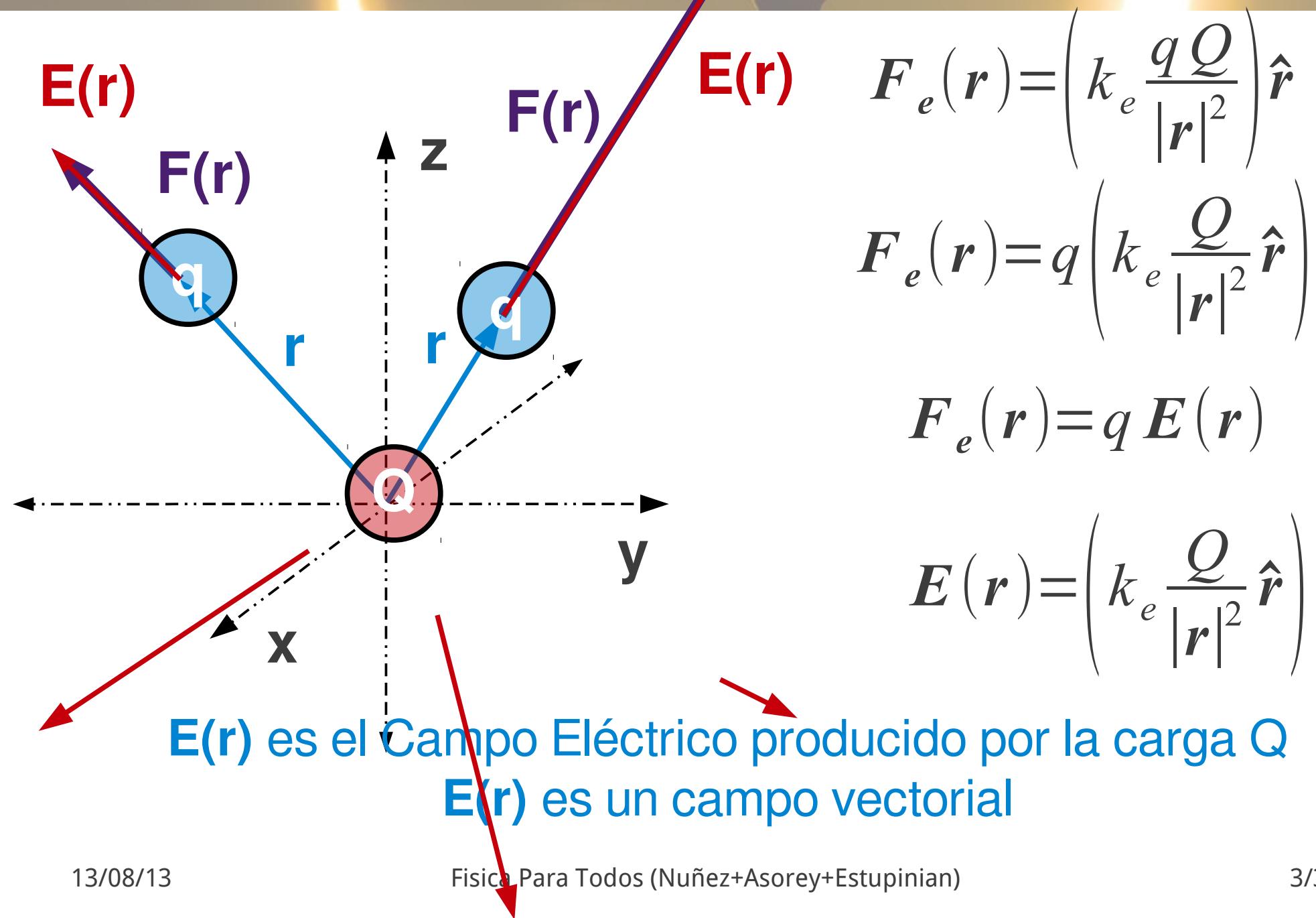
$$E_e = k_e \frac{q Q}{|r(t)|}$$

$$E_m = E_k + E_e$$

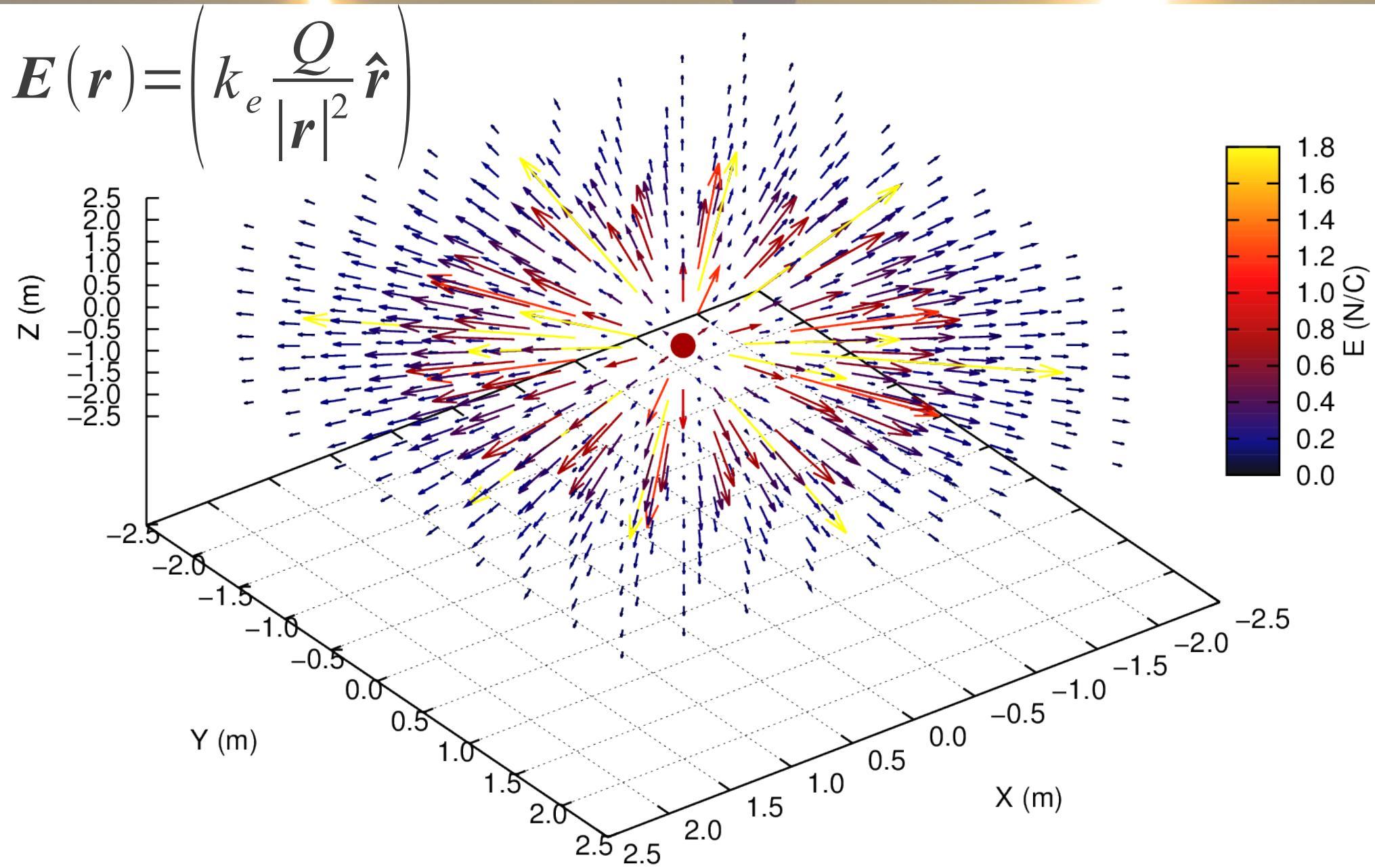
$$\frac{\Delta E_m}{\Delta t} = 0$$

$$F = m a = - \lim_{\Delta r \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta E_e}{\Delta r} \right) \hat{r}$$

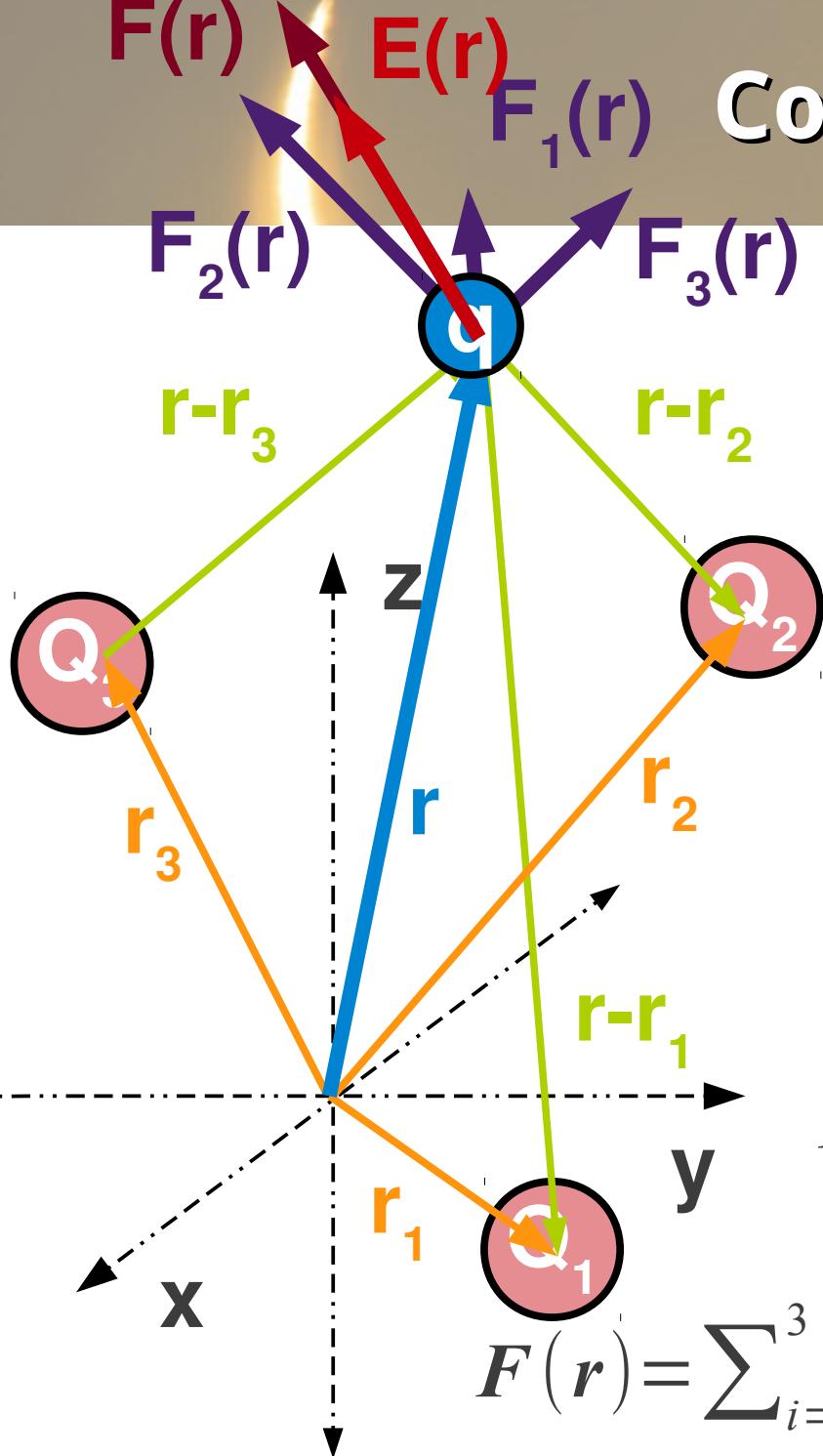
Campo eléctrico



Campo Eléctrico, carga puntual en el origen



Configuración de cargas



$$\mathbf{F}_1(\mathbf{r}) = q \left(k_e \frac{Q_1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_1|^2} \right) \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_1|}$$

$$\mathbf{F}_2(\mathbf{r}) = q \left(k_e \frac{Q_2}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_2|^2} \right) \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_2|}$$

$$\mathbf{F}_3(\mathbf{r}) = q \left(k_e \frac{Q_3}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_3|^2} \right) \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_3)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_3|}$$

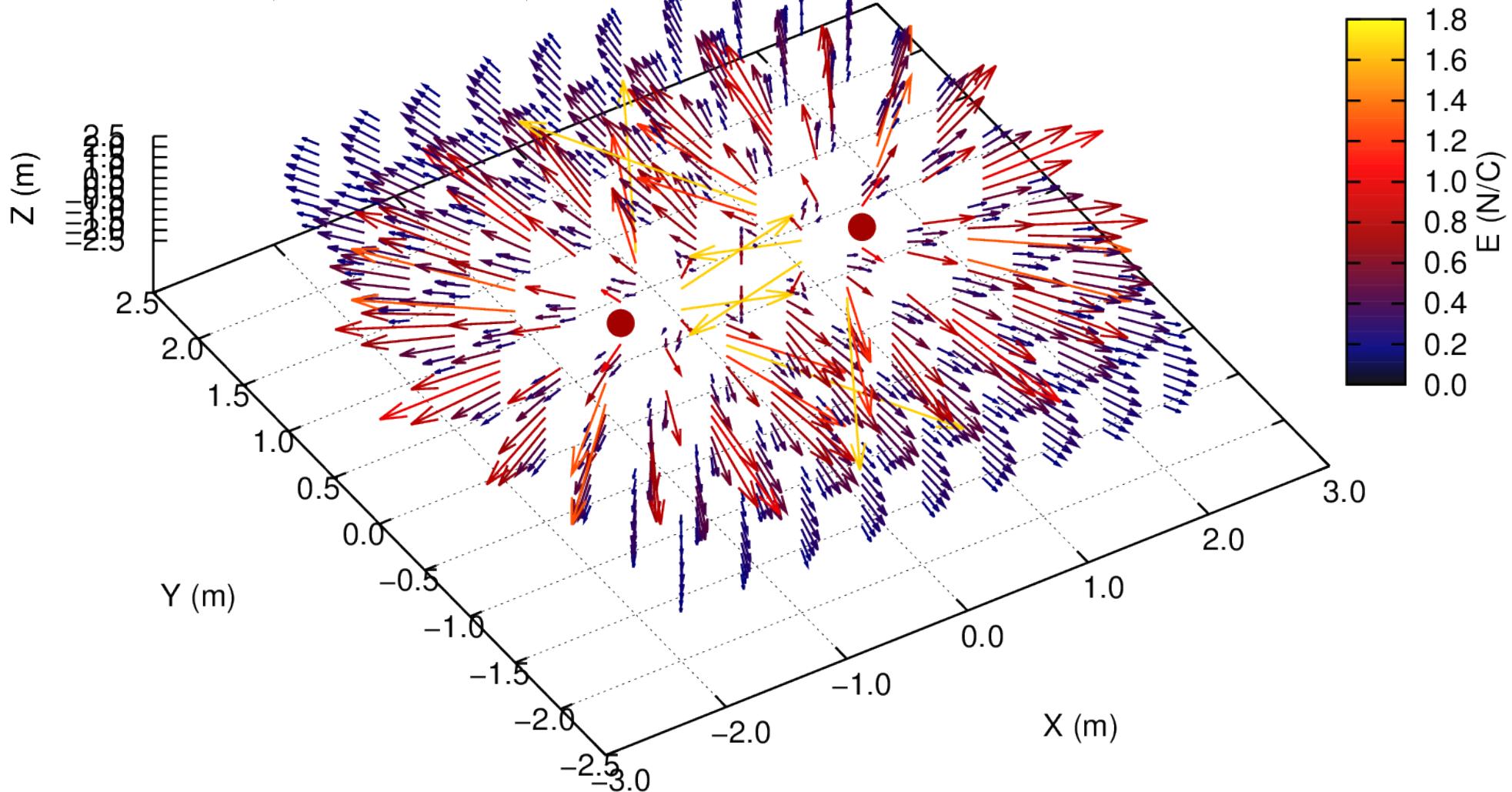
$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^3 \left(k_e \frac{Q_i}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|^2} \right) \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|}$$

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^3 \mathbf{F}_i = q \sum_{i=1}^3 \left(k_e \frac{Q_i}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|^2} \right) \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|}$$

Campo eléctrico: dos cargas

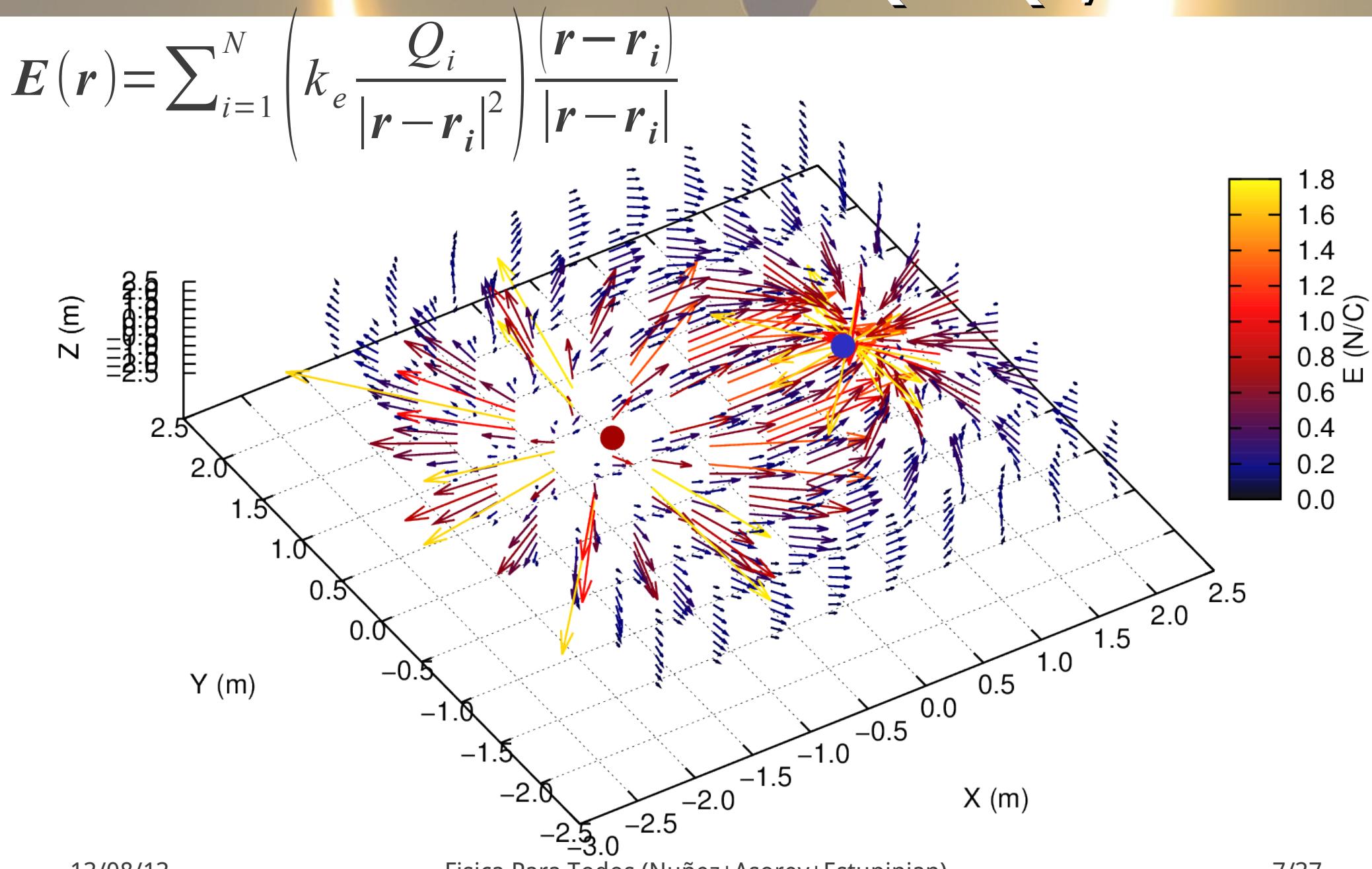
Q1=Q2; $x = +/- 1$

$$E(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^N \left(k_e \frac{Q_i}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|^2} \right) \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|}$$



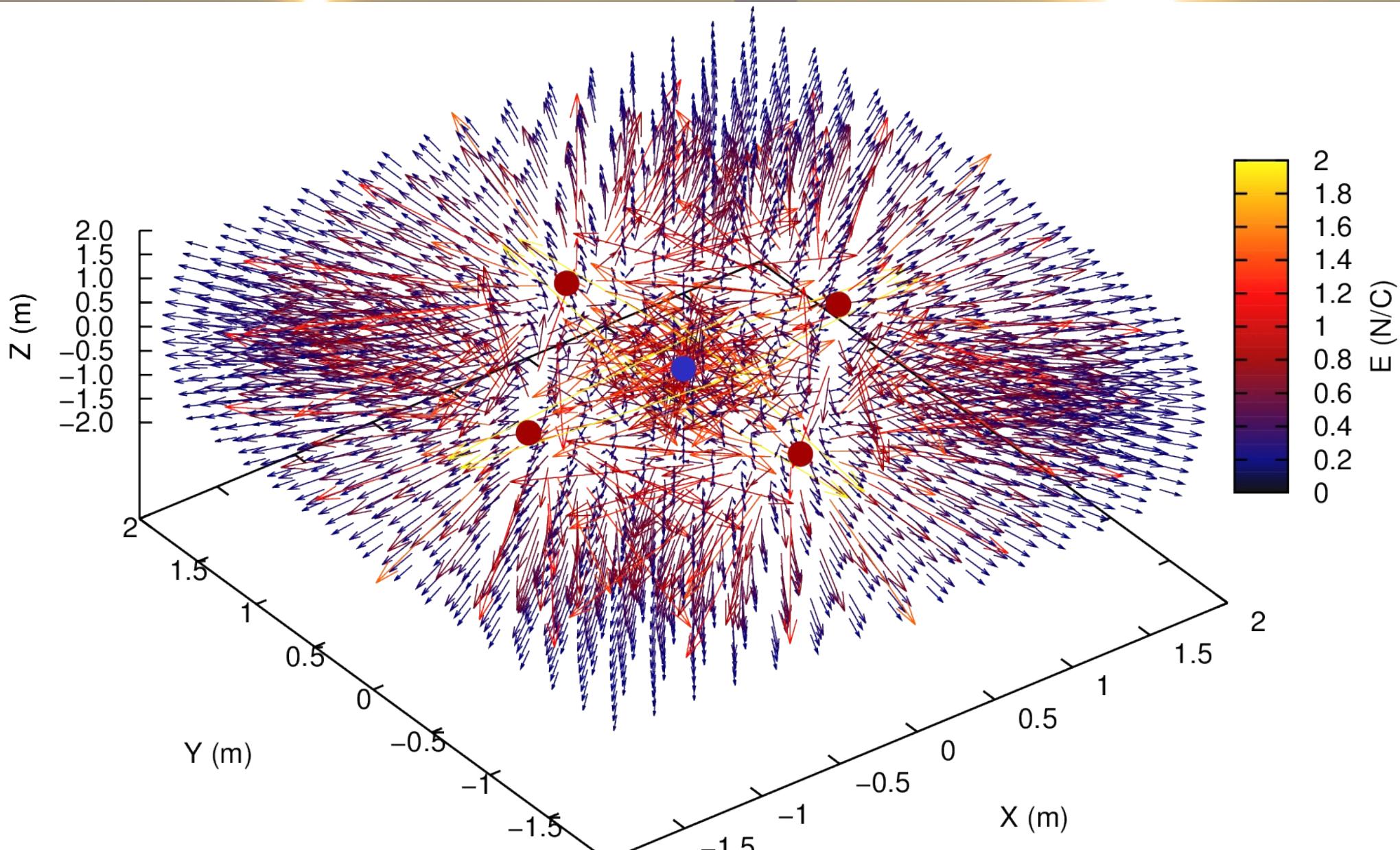
Campo eléctrico: dos cargas

Q1=-Q2; X=+/- 1



Campo eléctrico: cinco cargas

$Q_1=Q_2=Q_3=Q_4=-Q_5; X=+/- 1; Y=+/- 1; 0,0$



Potencial y Campo

- Tengo un potencial eléctrico $V(\mathbf{r})$ generado por una distribución de cargas:

$$V(\mathbf{r}) = \sum_{i=0}^N k_e \frac{Q_i(\mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|}$$

- Al colocar una carga de prueba q en \mathbf{r} la *energía* del sistema es:

$$E(\mathbf{r}) = q V(\mathbf{r})$$

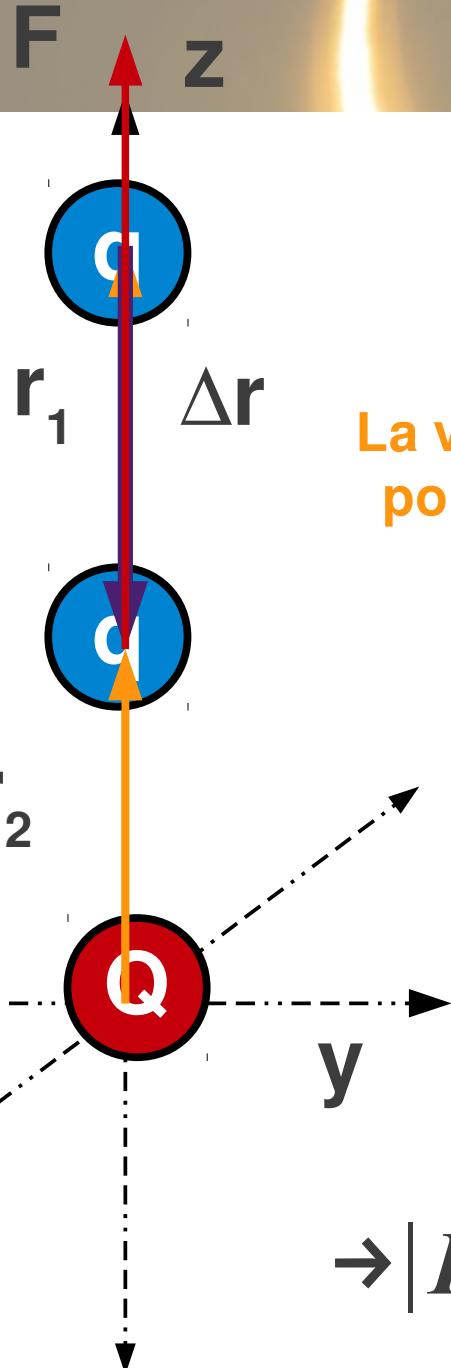
- Tengo un campo eléctrico $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ generado por una distribución de cargas:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \sum_{i=0}^N k_e \frac{Q_i(\mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|^2} (\hat{\mathbf{r}} - \hat{\mathbf{r}}_i)$$

- Al colocar una carga de prueba q en \mathbf{r} la **fuerza** sobre q es:

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

Potencial y Campo



$$E_e(\mathbf{r}_1) = q V(\mathbf{r}_1) \text{ y } E_e(\mathbf{r}_2) = q V(\mathbf{r}_2)$$

$$\Delta E_e = E_e(\mathbf{r}_2) - E_e(\mathbf{r}_1) = q \Delta V$$

La variación de energía potencial es igual al trabajo realizado por un agente externo para traer “armar” esa configuración ($\Delta \mathbf{r}$ es un diferencial “dr” en el mundo de lo pequeño)

$$W = -\Delta E_e = -q \Delta V = -q \Delta V \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{|\Delta \mathbf{r}|}$$

$$W = -q \frac{\Delta V}{|\Delta \mathbf{r}|} |\Delta \mathbf{r}| = -q \frac{\Delta V}{|\Delta \mathbf{r}|} |\Delta \mathbf{r}|$$

$$W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{r} = |\mathbf{F}| |\Delta \mathbf{r}| \cos(\theta) = -|\mathbf{F}| |\Delta \mathbf{r}|$$

$$\rightarrow |\mathbf{F}| = q |\mathbf{E}| = q \frac{\Delta V}{|\Delta \mathbf{r}|} \rightarrow |\mathbf{E}| = \frac{\Delta V}{|\Delta \mathbf{r}|} \rightarrow [E] = \frac{V}{m}$$

Superficies de equipotencial

- Es el lugar de todos los puntos del espacio con el mismo valor para el potencial eléctrico V

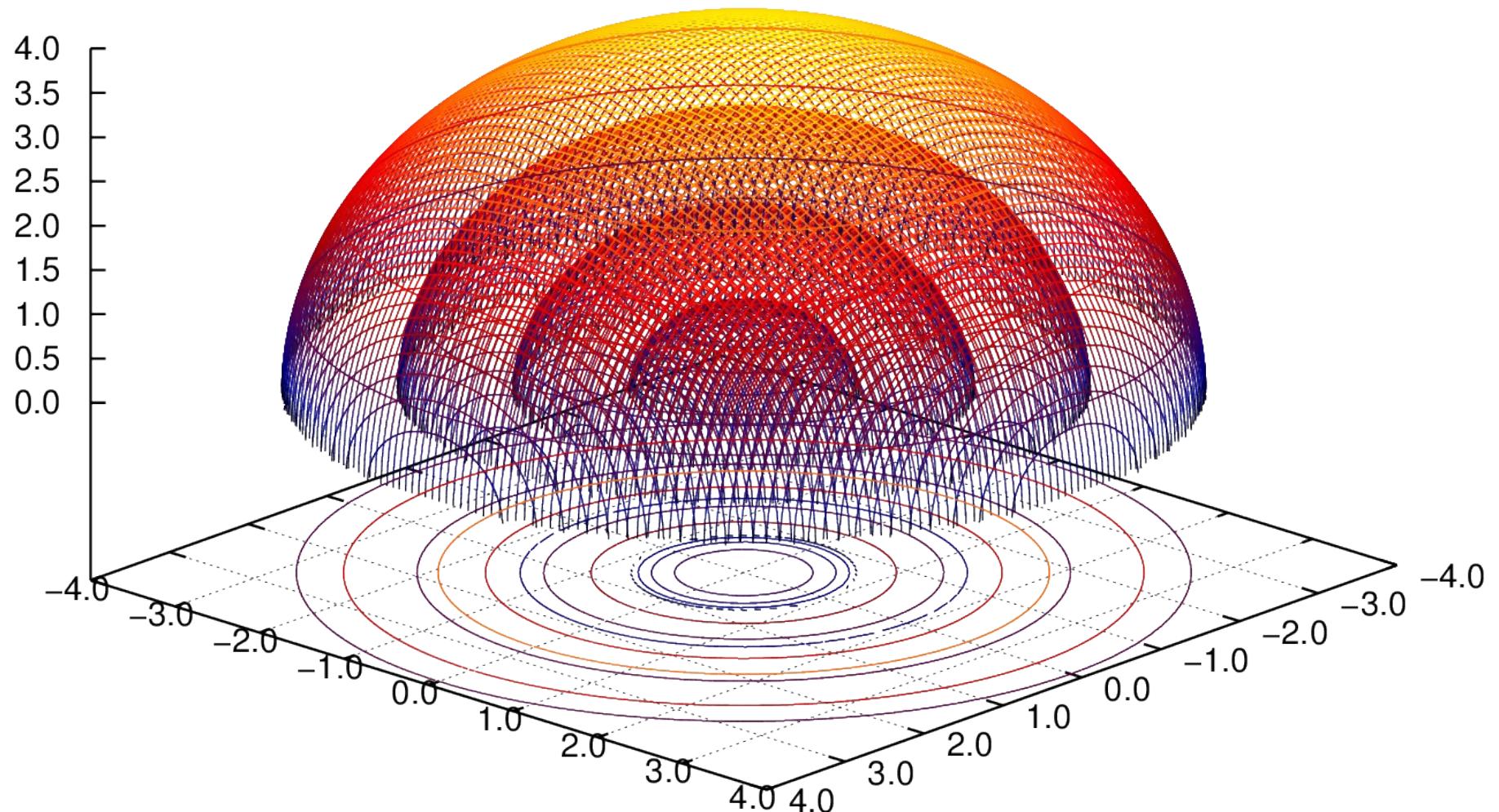
$$\mathbf{r} \text{ tal que } V(\mathbf{r}) = \text{constante}$$

- P. ej: carga puntual Q en el origen $\mathbf{r}_1 = (0,0,0)$

$$V(\mathbf{r}) = k_e \frac{Q}{|\mathbf{r}|}$$

- ¿Qué superficie tengo para los equipotenciales?

Curvas de equipotencial



Curvas de equipotencial

- Para una carga puntual en el origen:

$$V(\mathbf{r}) = k_e \frac{Q}{|\mathbf{r}|} = \text{cte} \rightarrow |\mathbf{r}| = \text{cte}$$

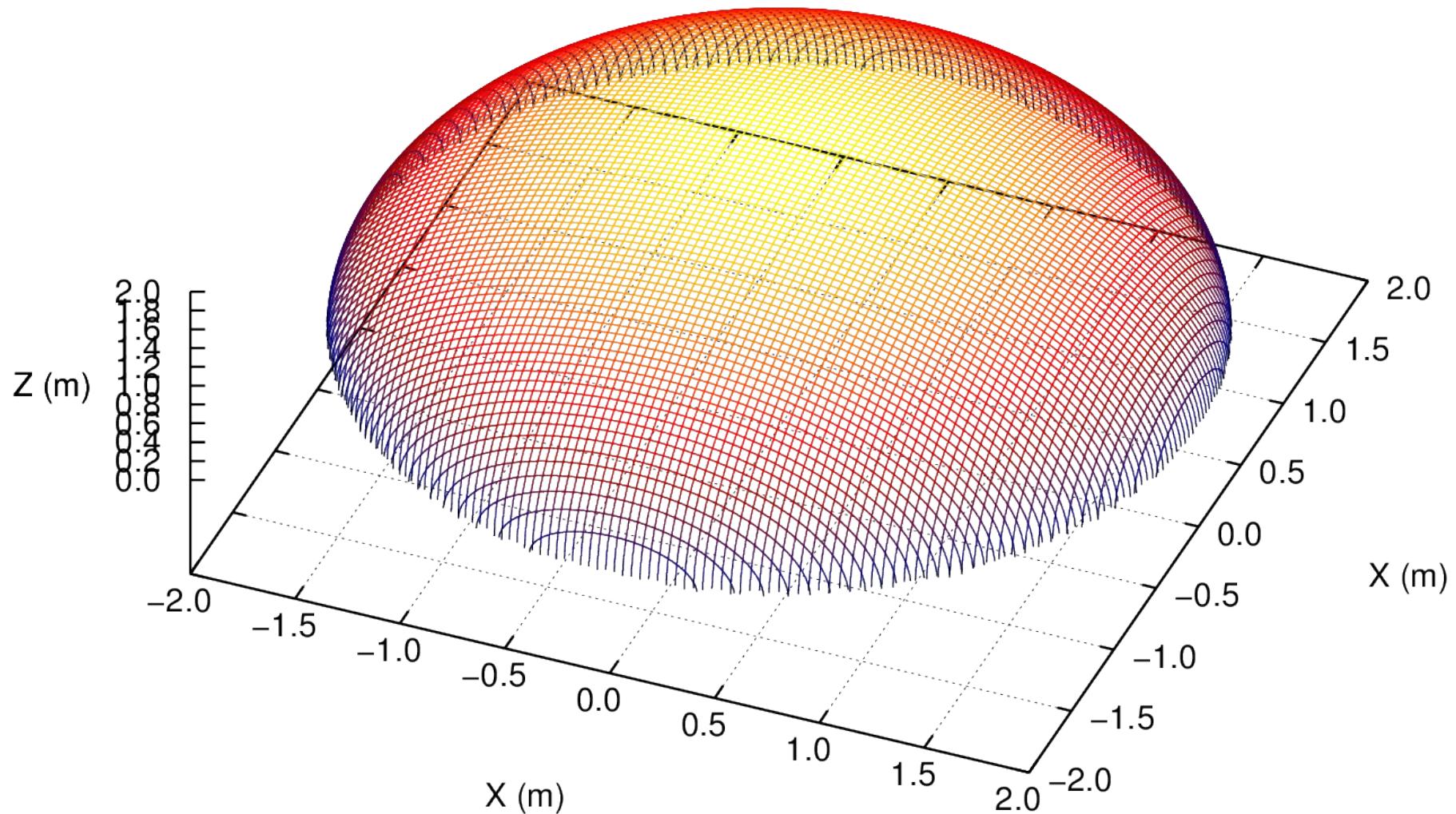
- Pero...

$$|\mathbf{r}| = \sqrt{\sum_i x_i^2} = \text{cte} = a$$

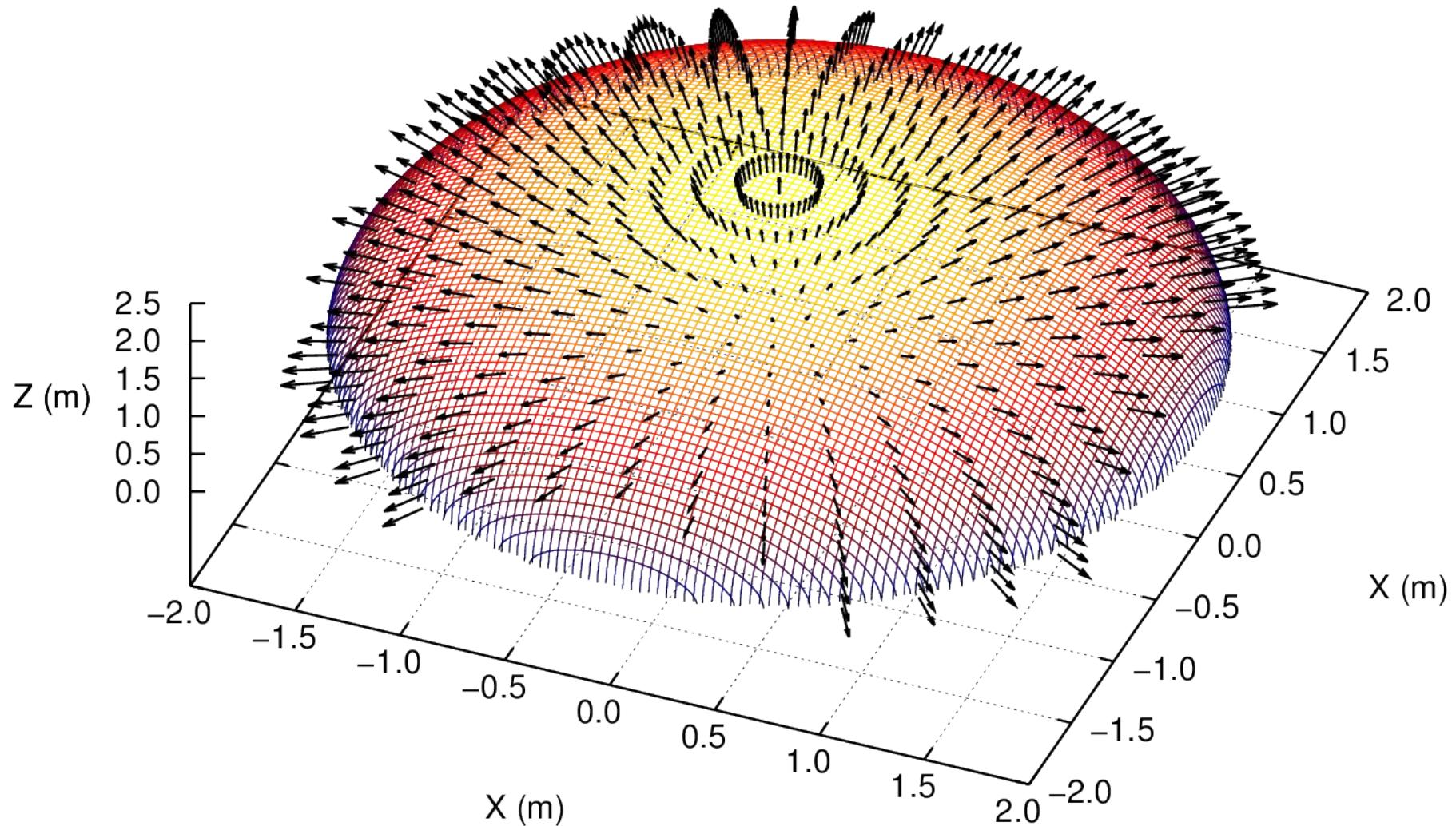
$$\text{en } R^3 : x^2 + y^2 + z^2 = a^2$$

- Las curvas de equipotencial son esferas
- Pero, si $|\mathbf{r}| = \text{cte} \rightarrow$
 $\rightarrow \mathbf{E}(\mathbf{r}) = (\text{cte}) \mathbf{r} \leftarrow$ Mismo módulo, distinta dirección

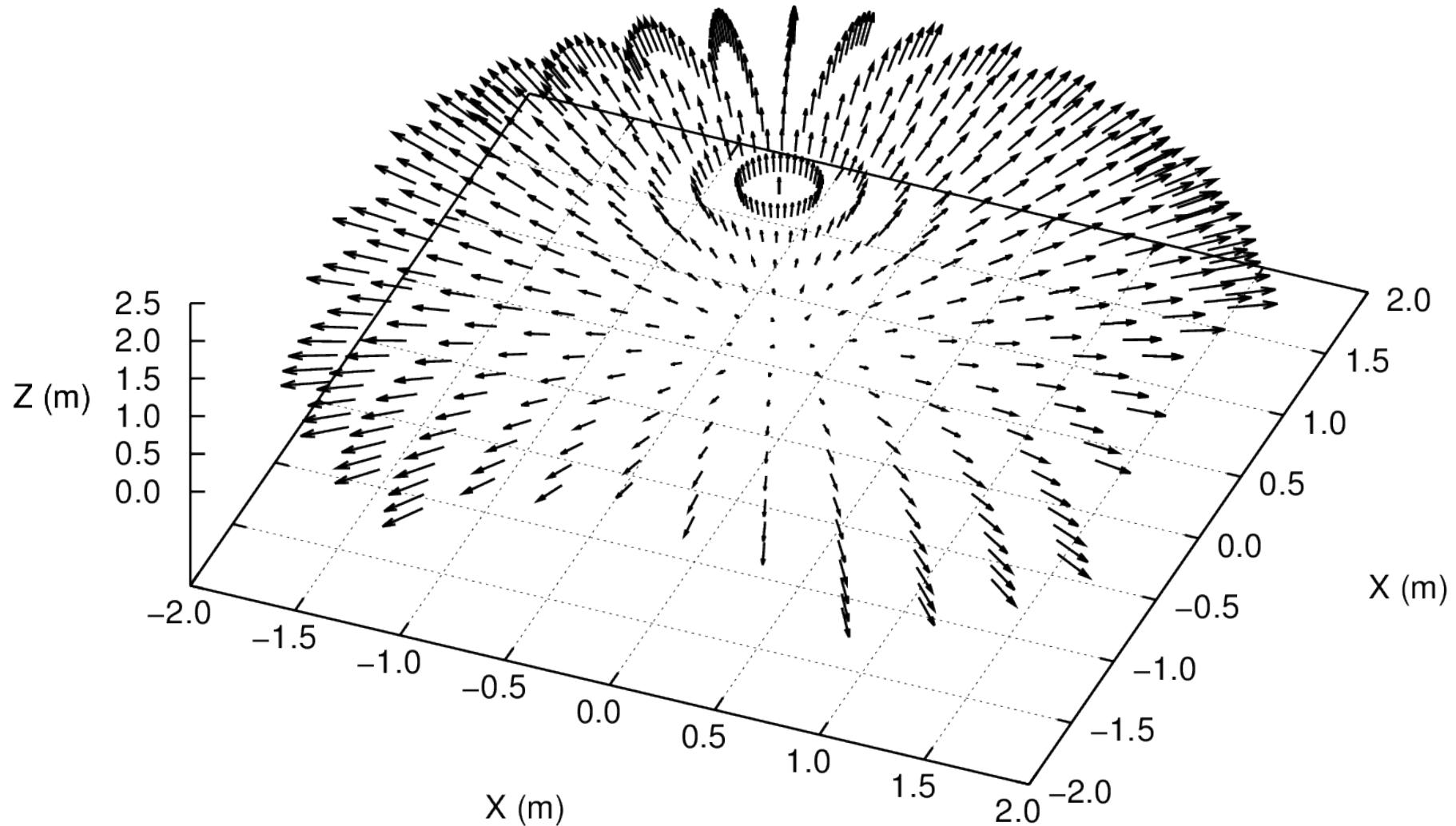
Potencial y campo



Potencial y campo



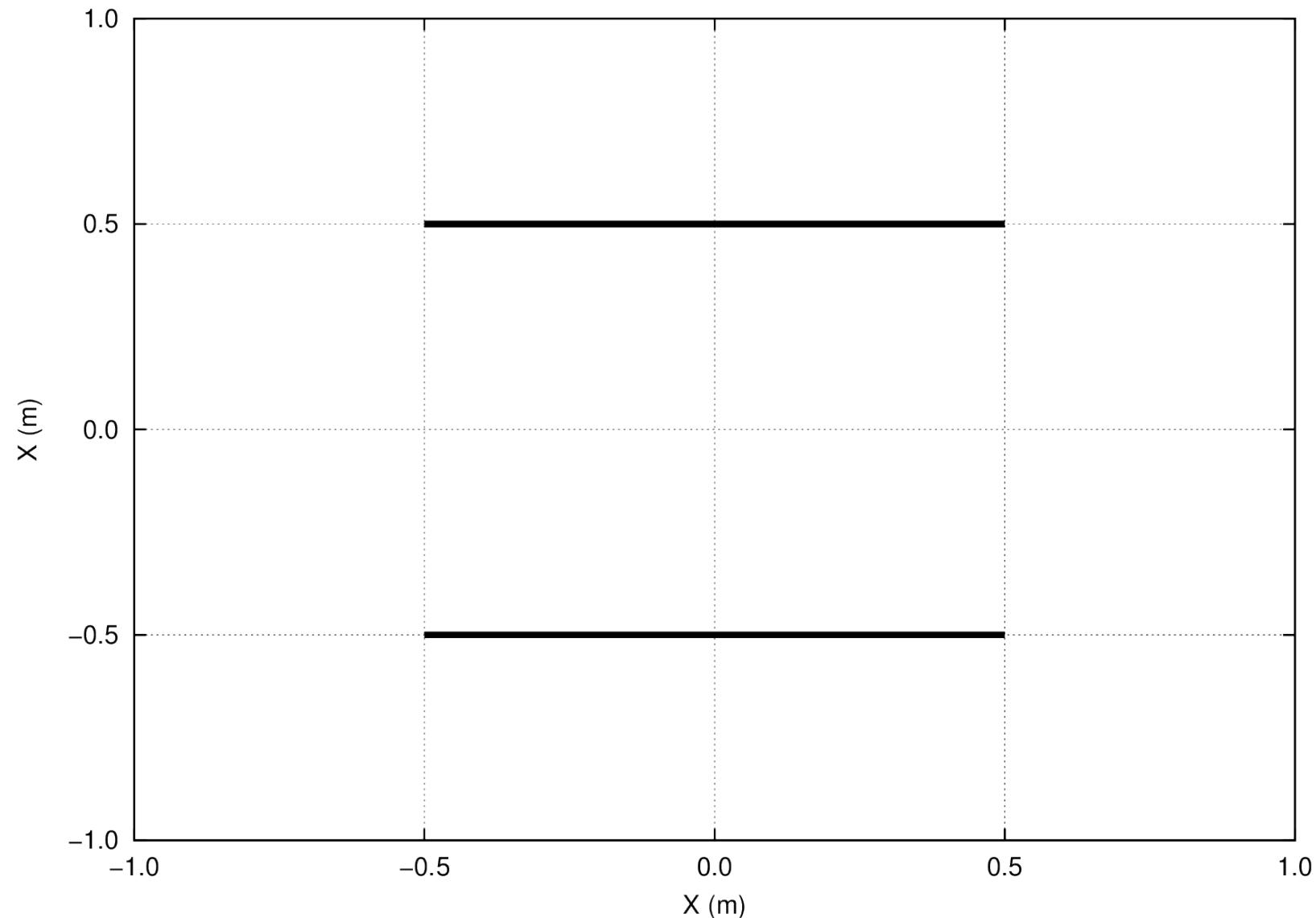
Potencial y campo

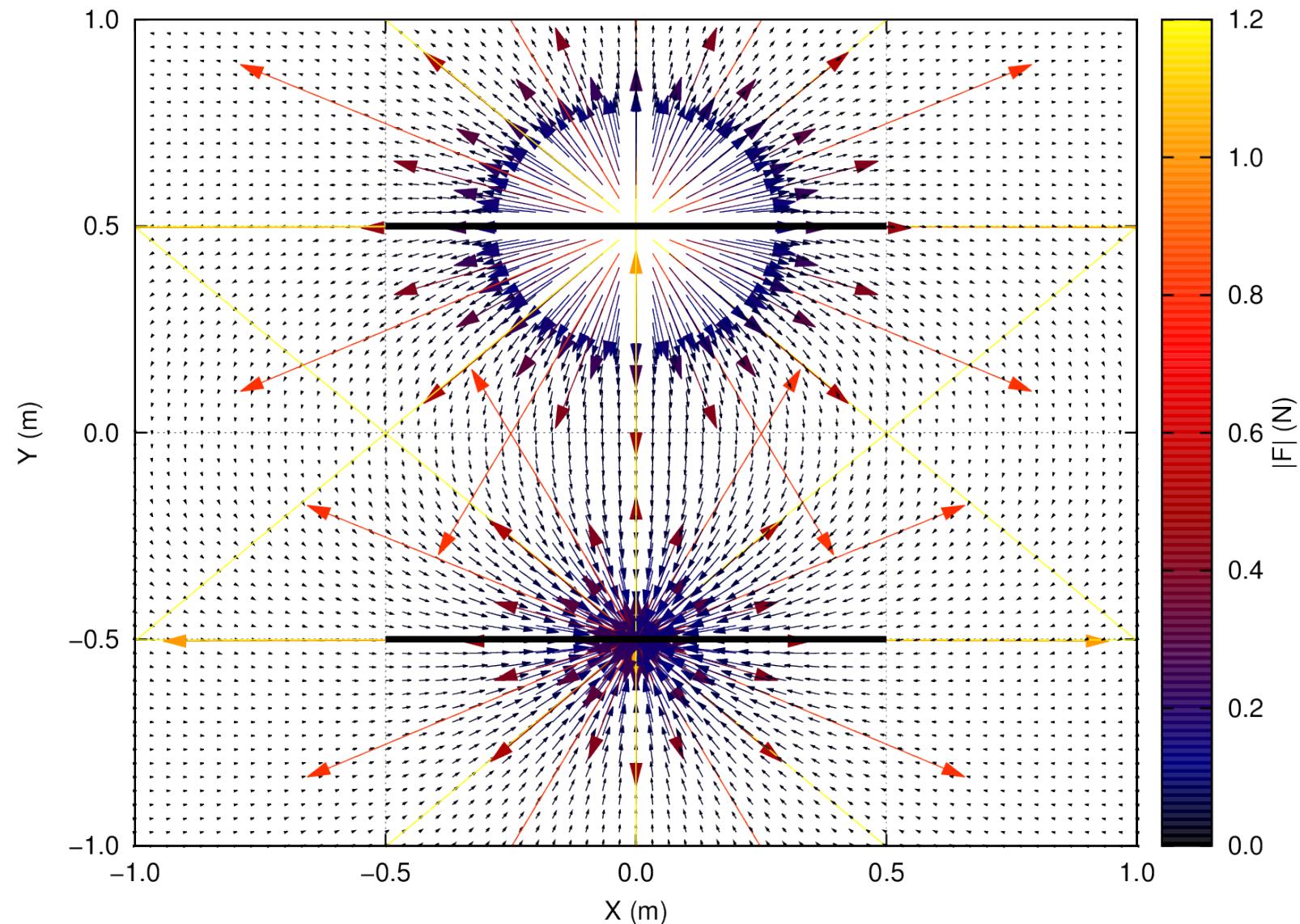


- Los “líneas de campo” son tangentes a los vectores campo eléctrico
- Las trayectorias de una carga de prueba seguirán las líneas de campo
- Las líneas de campo son perpendiculares a las superficies equipotenciales
- Sobre una equipotencial:
 - El valor del potencial es constante
 - El campo eléctrico cambia de dirección, pero su módulo es constante

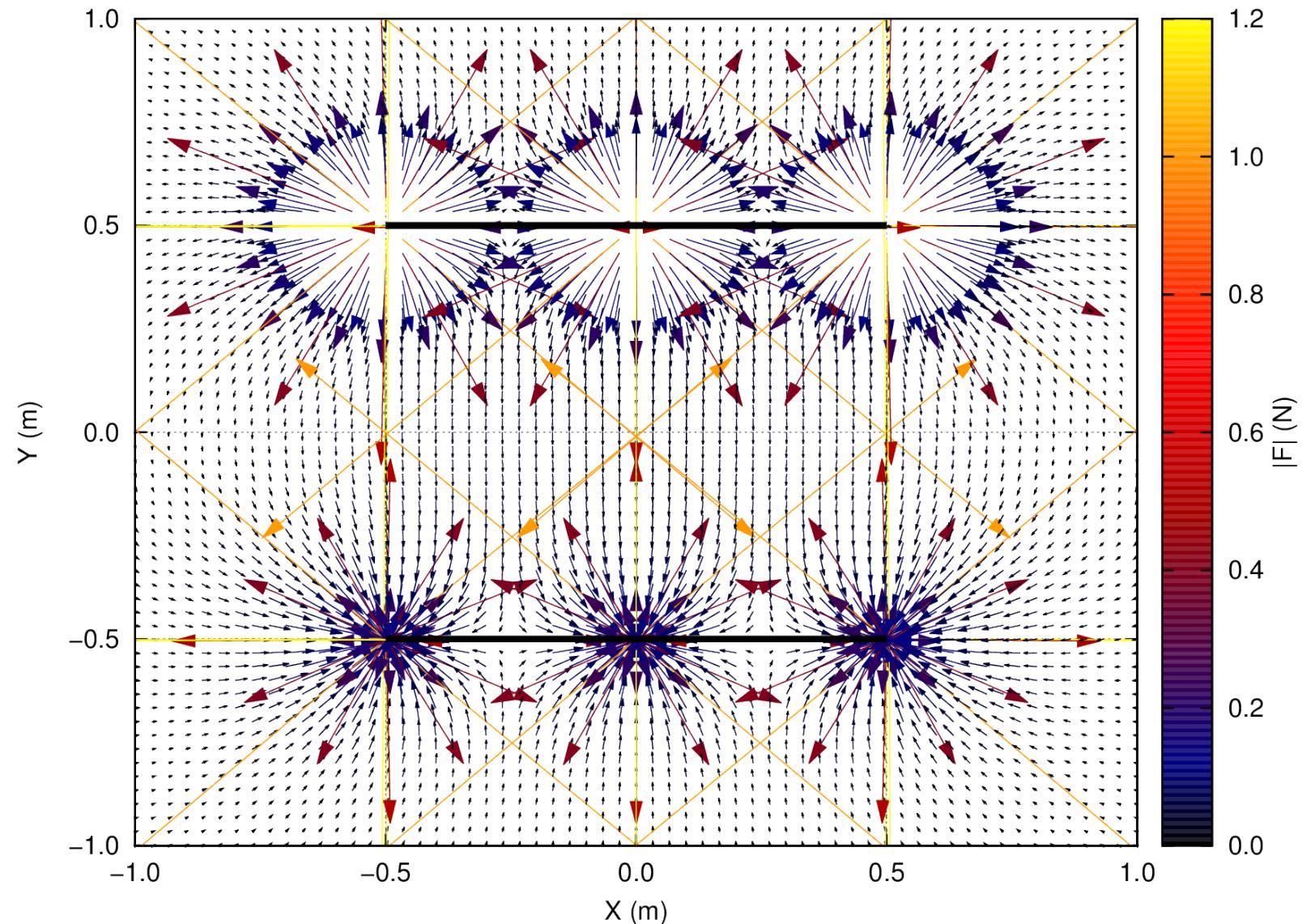
Nueva configuración

- Supongamos que tenemos dos placas paralelas separadas por una distancia d
- Ponemos cargas positivas en una, y negativas en la otra
- Empezamos con una carga positiva y una negativa
- Y luego vamos agregando cargas positivas y negativas a distancias cada vez más pequeñas
- El campo eléctrico siempre es:
$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \sum_{i=0}^N k_e \frac{Q_i(\mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r} - \hat{\mathbf{r}}_i|^2} (\mathbf{r} - \hat{\mathbf{r}}_i)$$
- Y la fuerza:
$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = q \mathbf{E}(\mathbf{r})$$

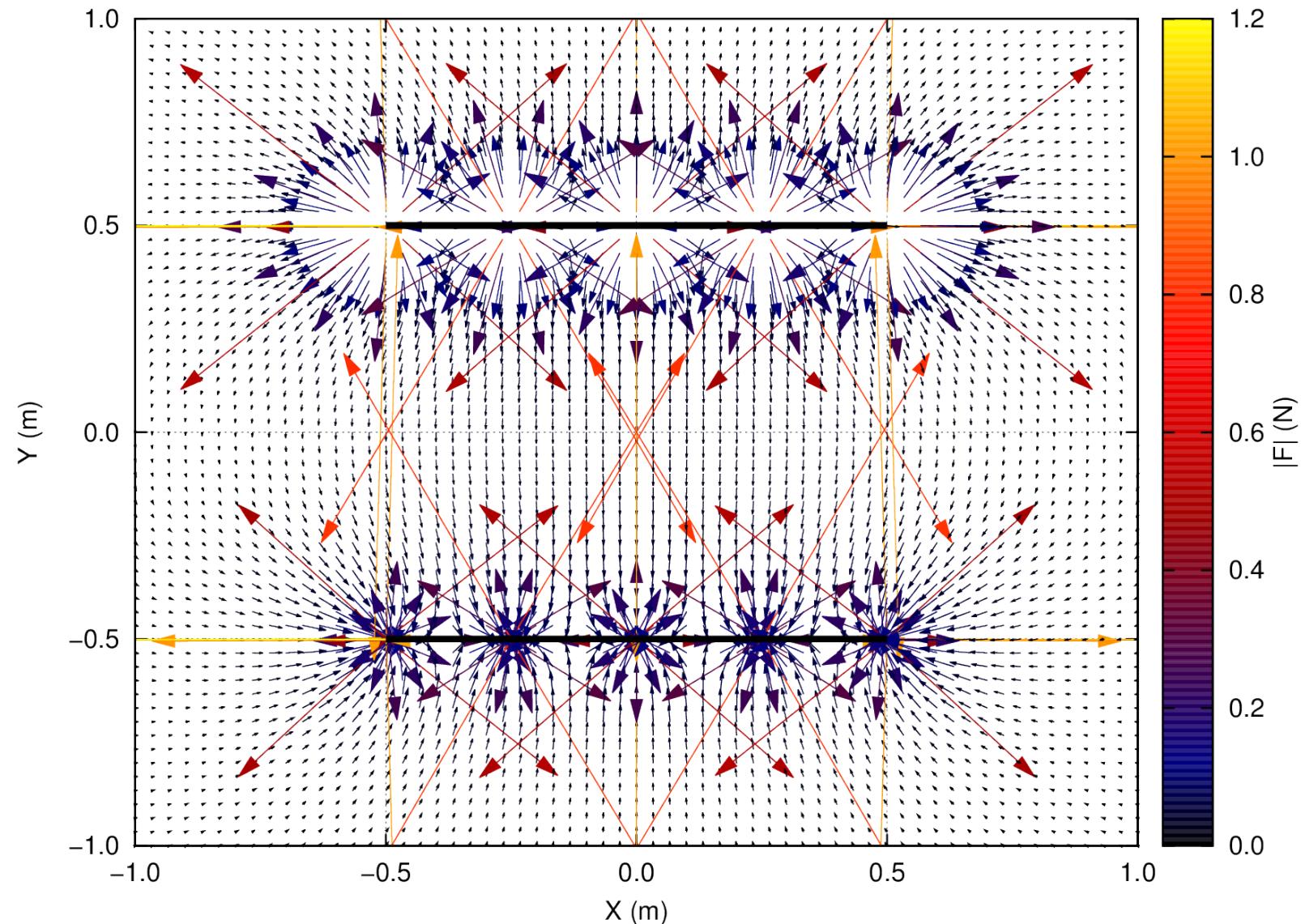




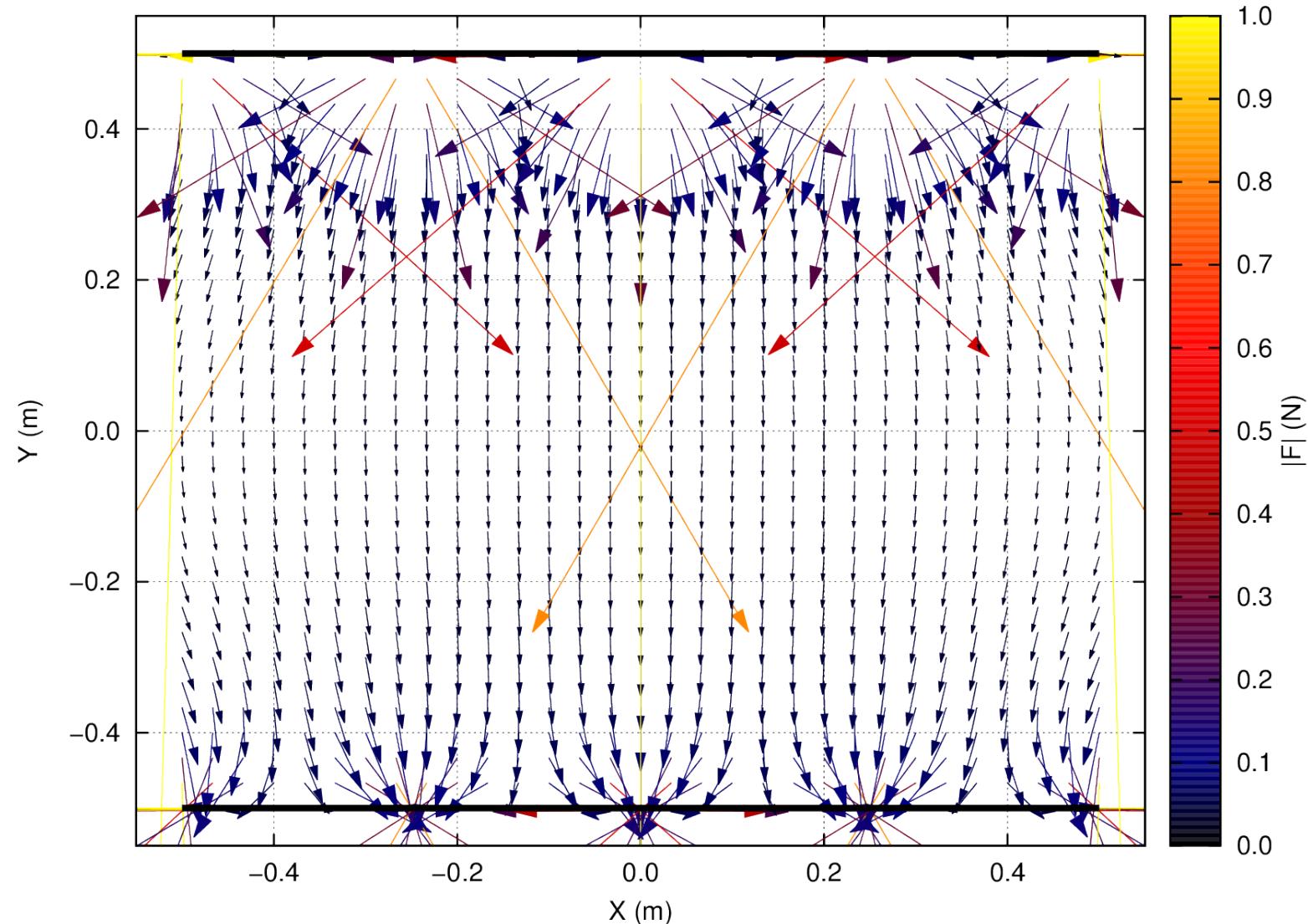
Seis cargas



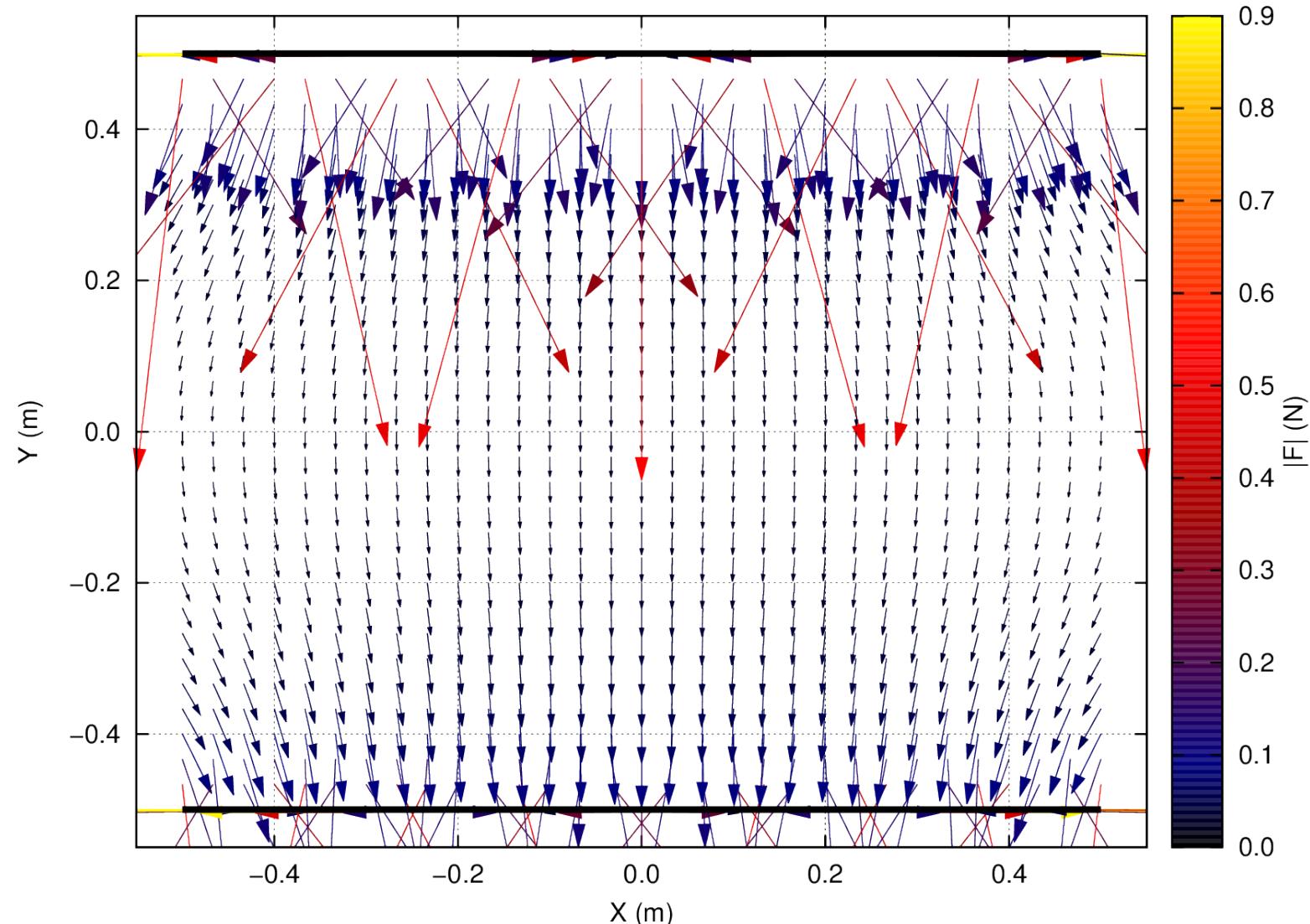
Diez cargas



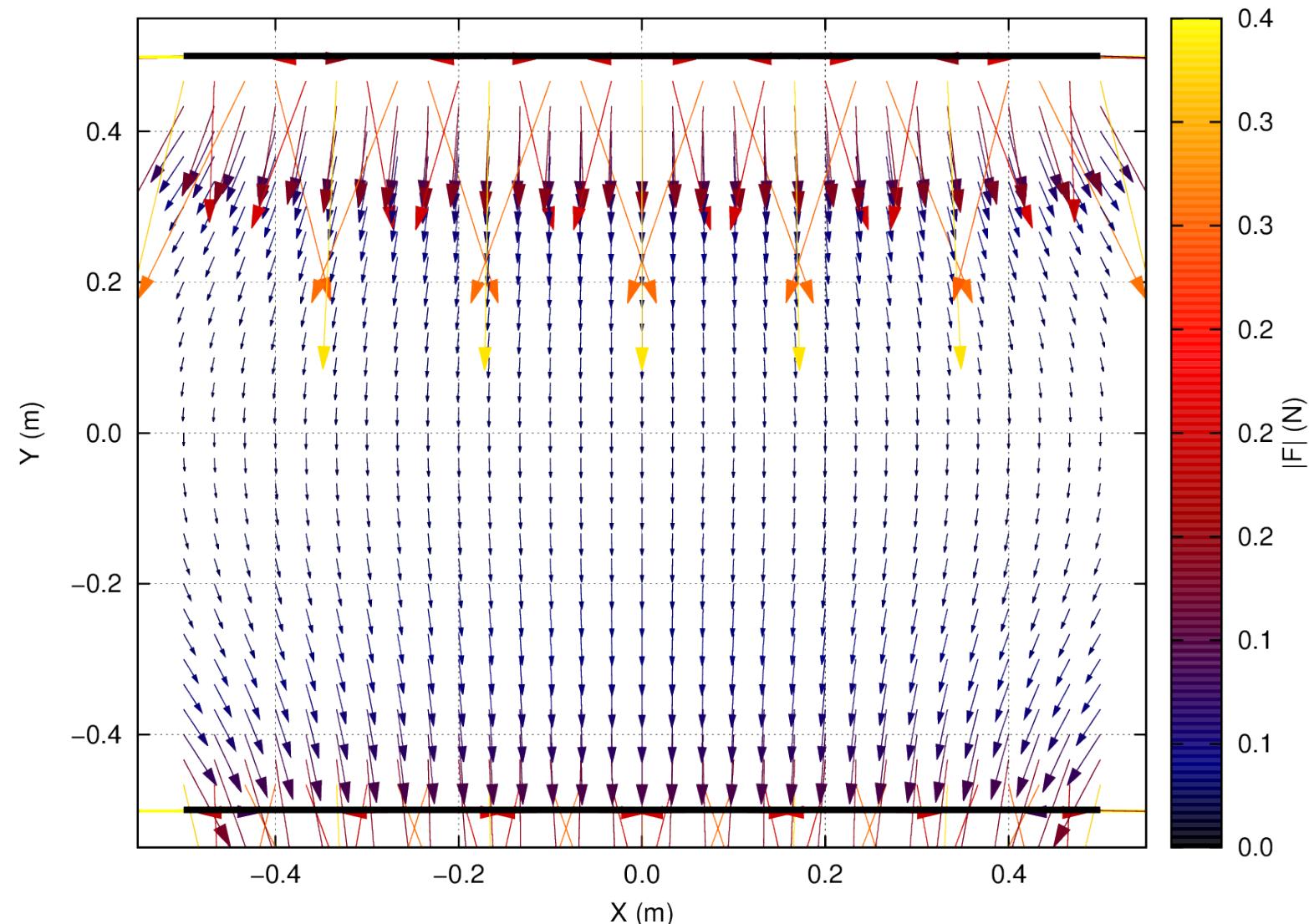
Diez cargas, zoom



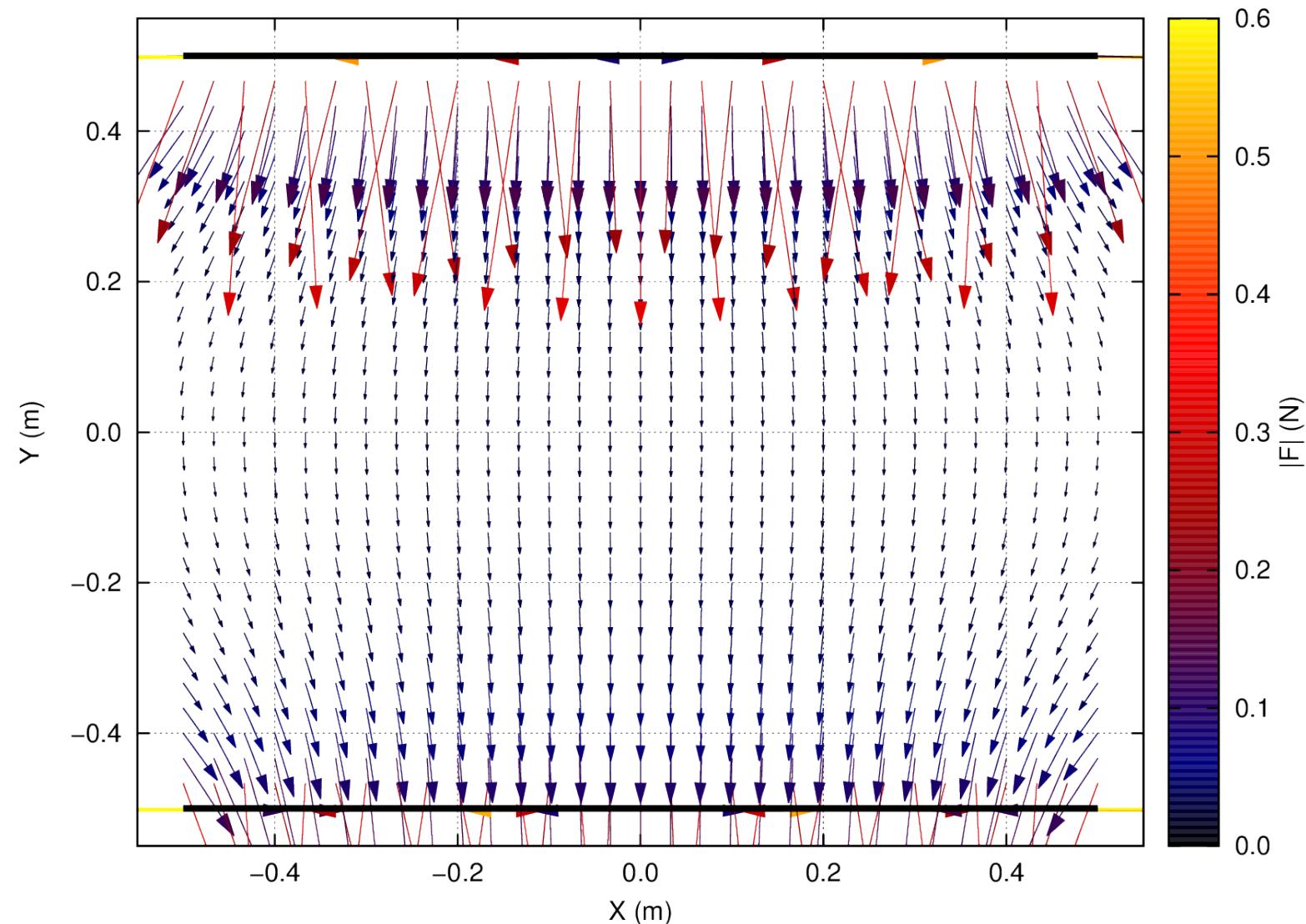
Dieciocho cargas



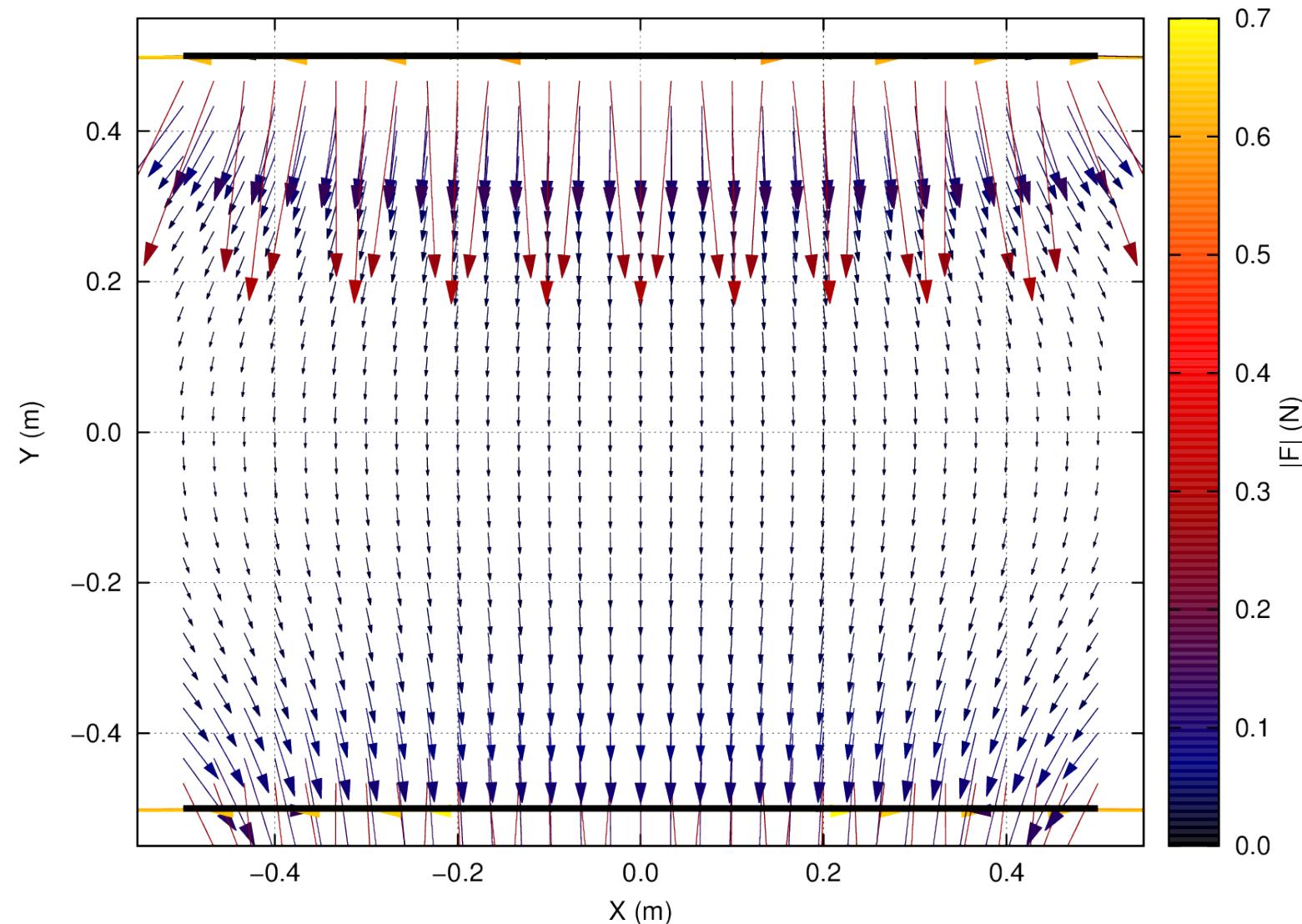
Veintiseis...



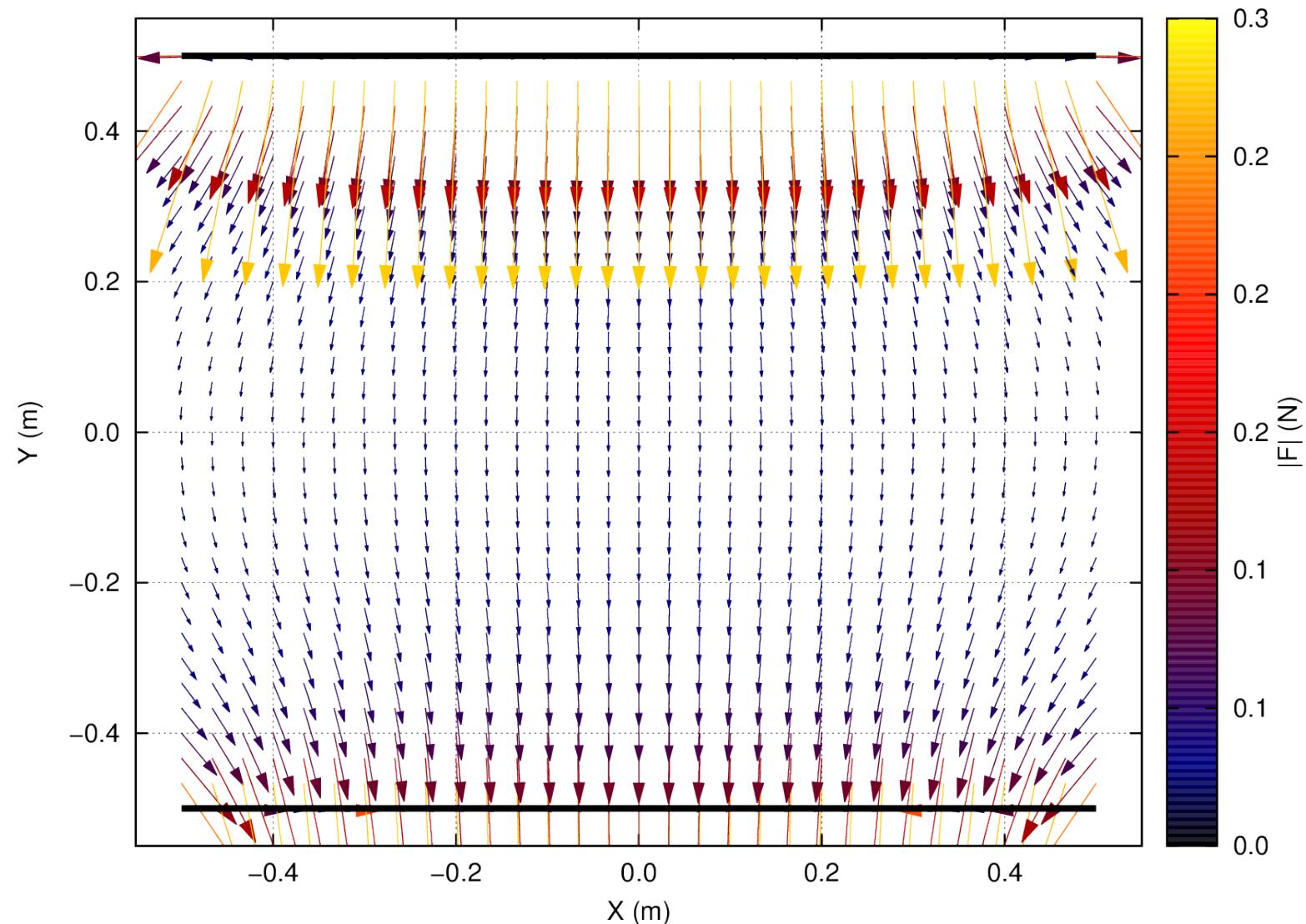
Treinta y cuatro...



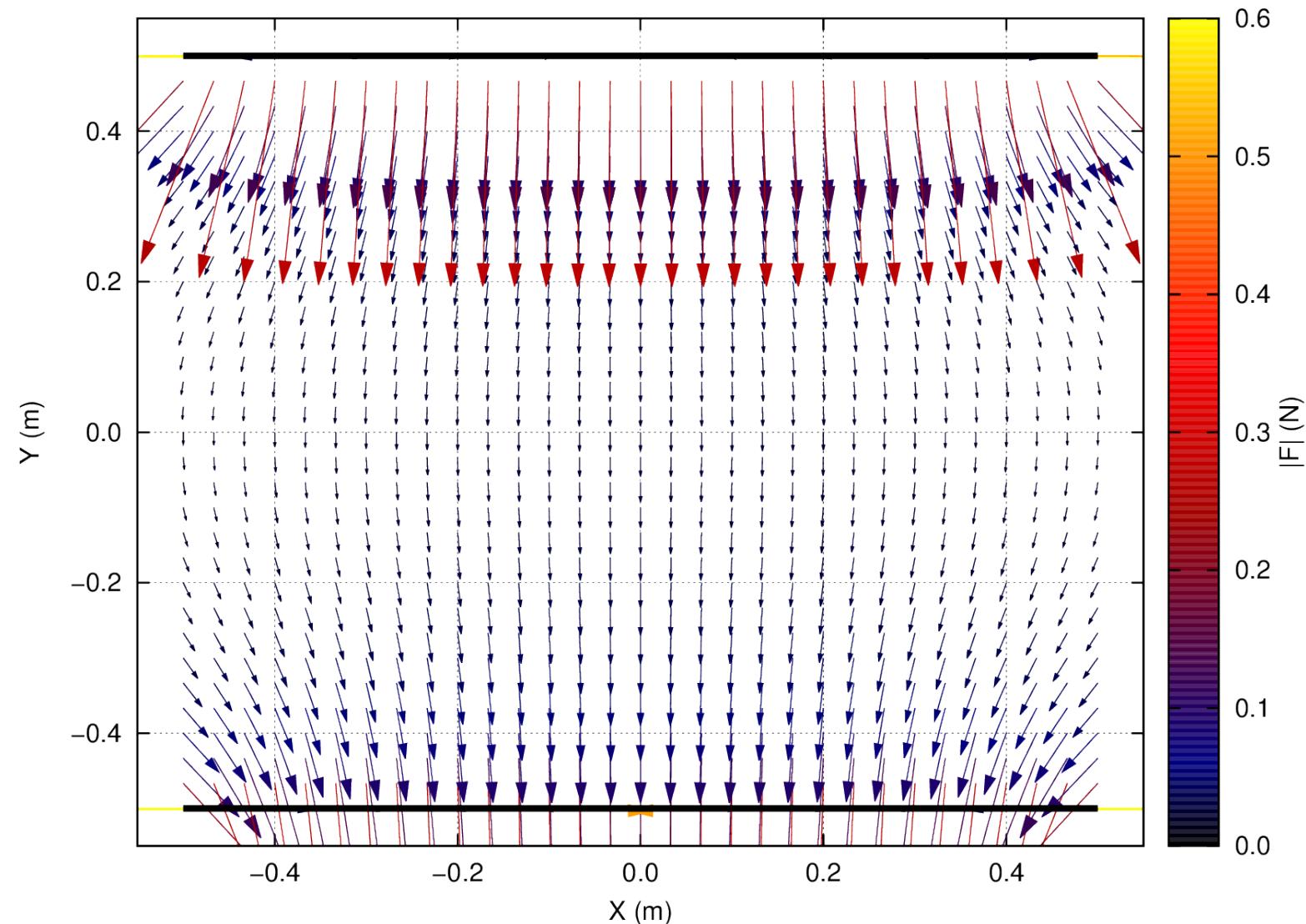
Cuarenta y dos...



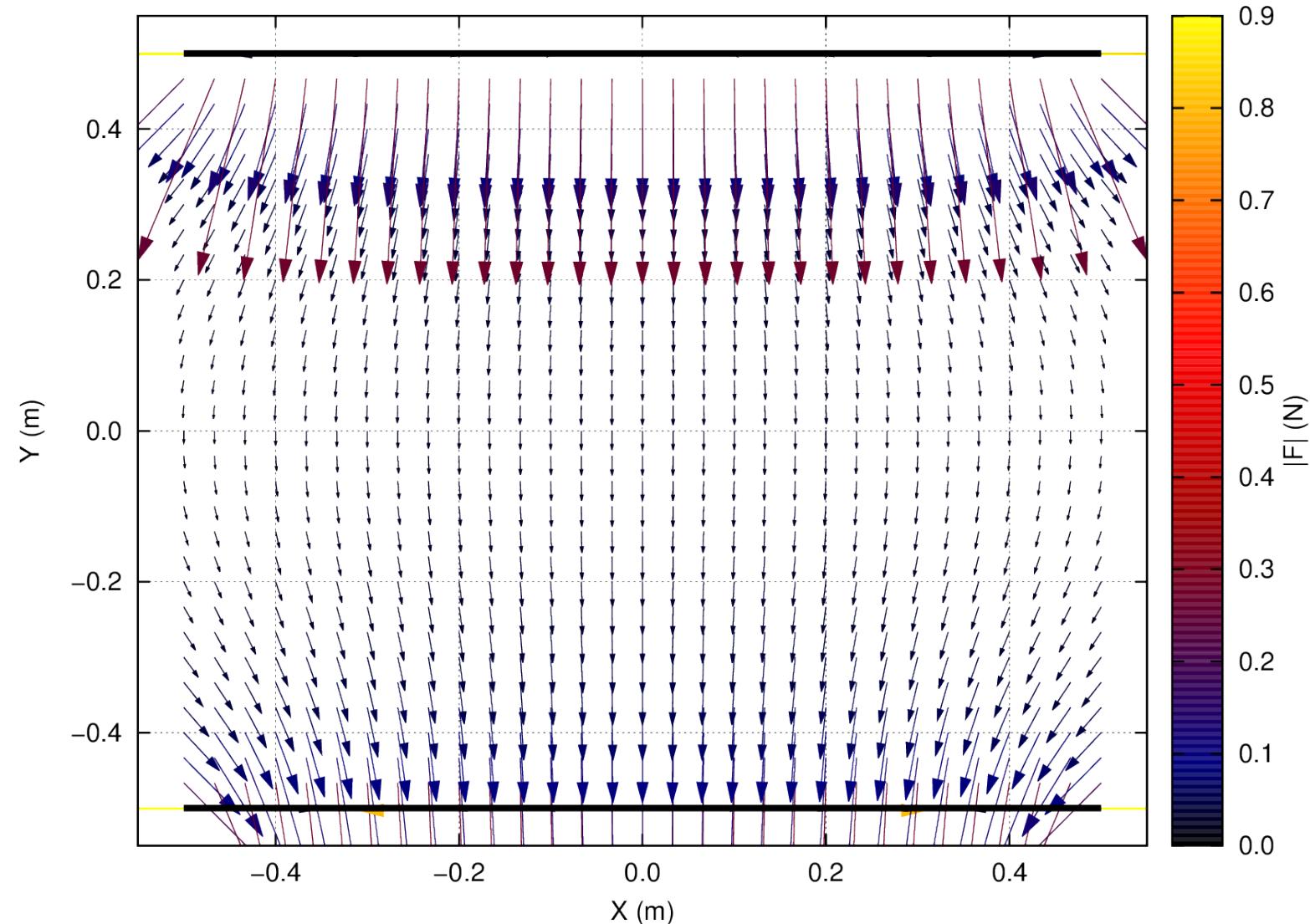
Sesenta y dos...



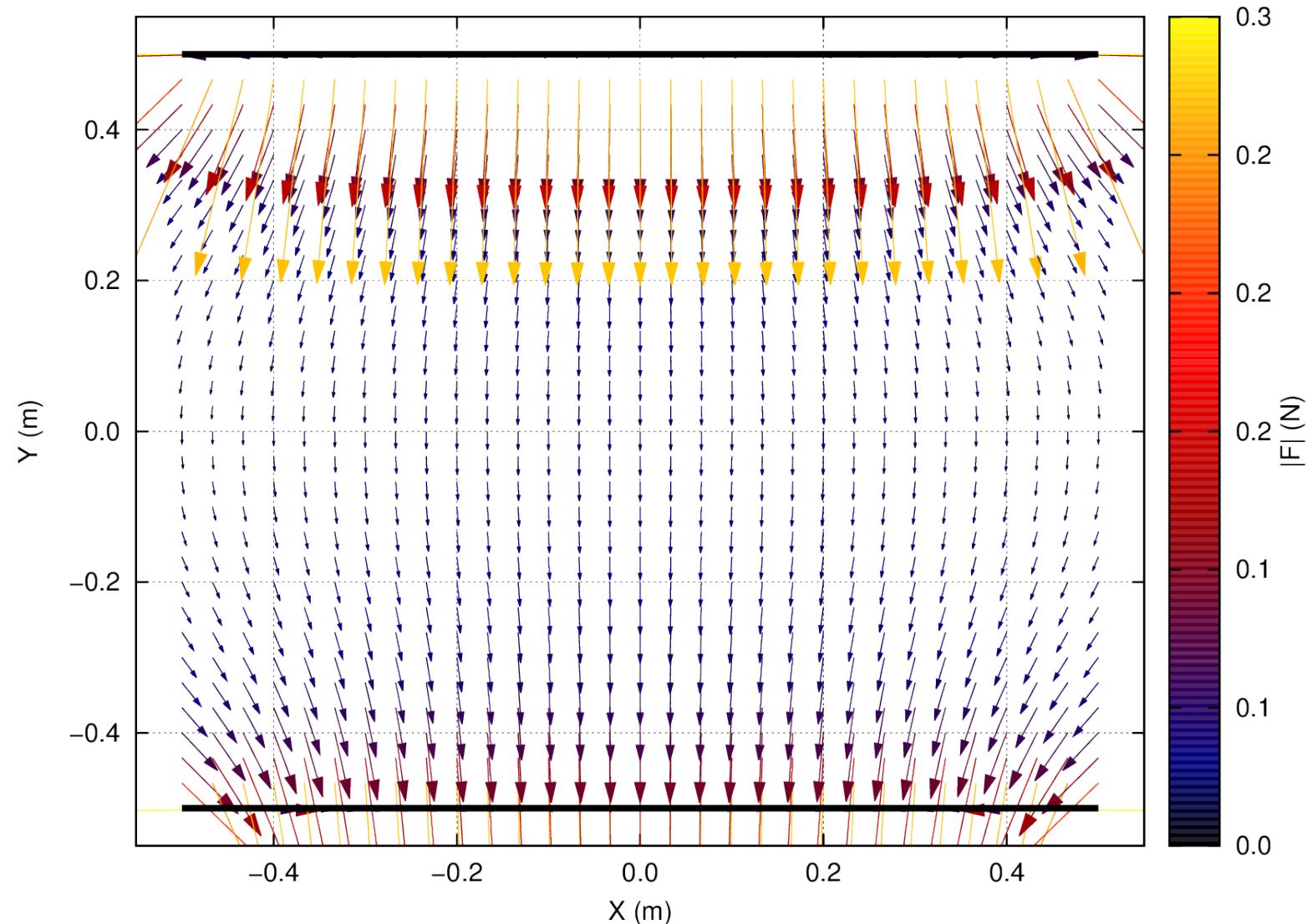
Ciento cuarenta...



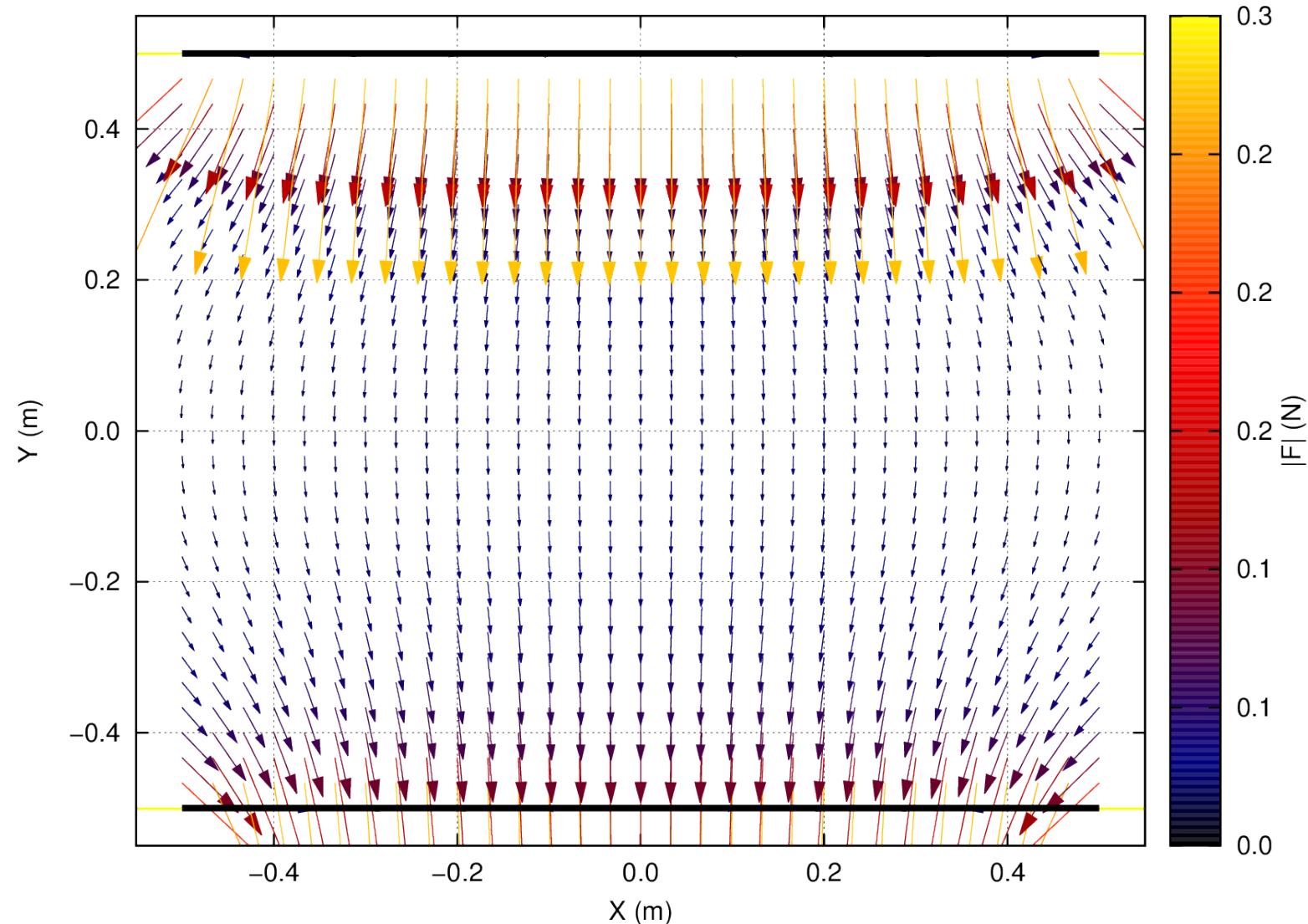
Doscientas veinte



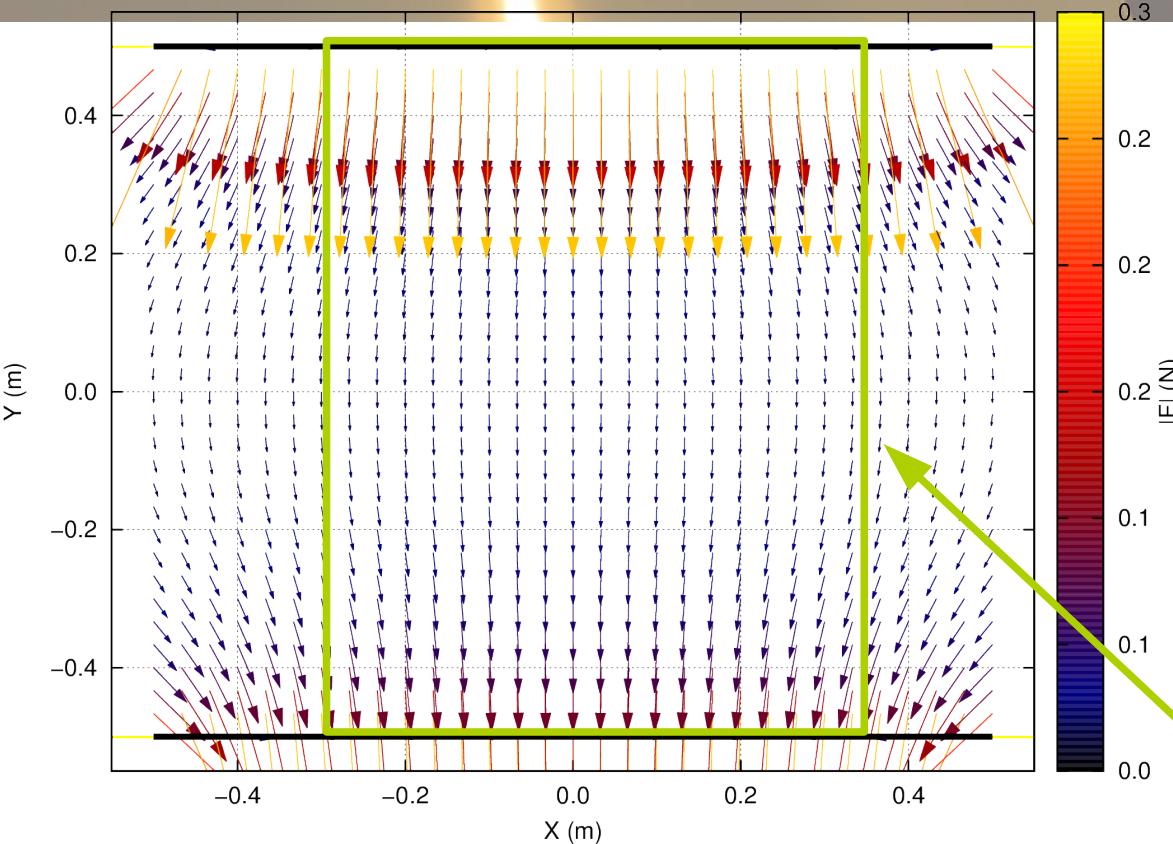
Trescientas



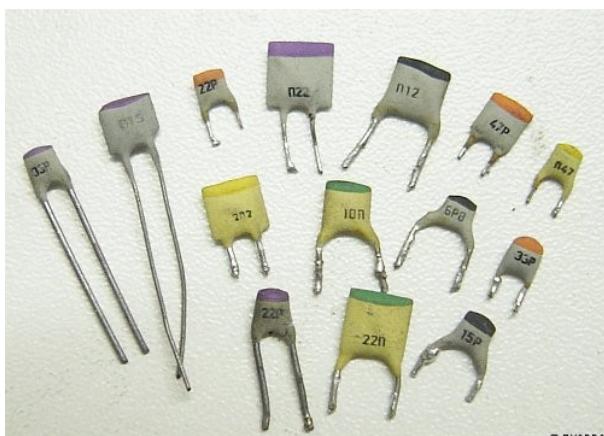
380 cargas a ~ 0.5 cm de separación...



El capacitor...



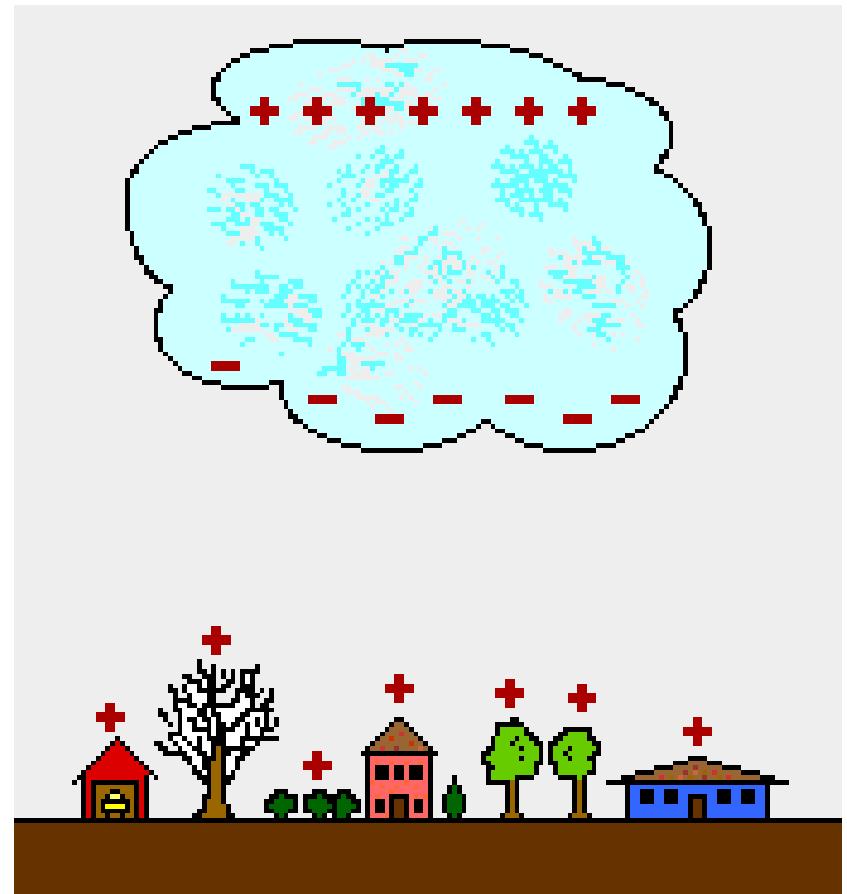
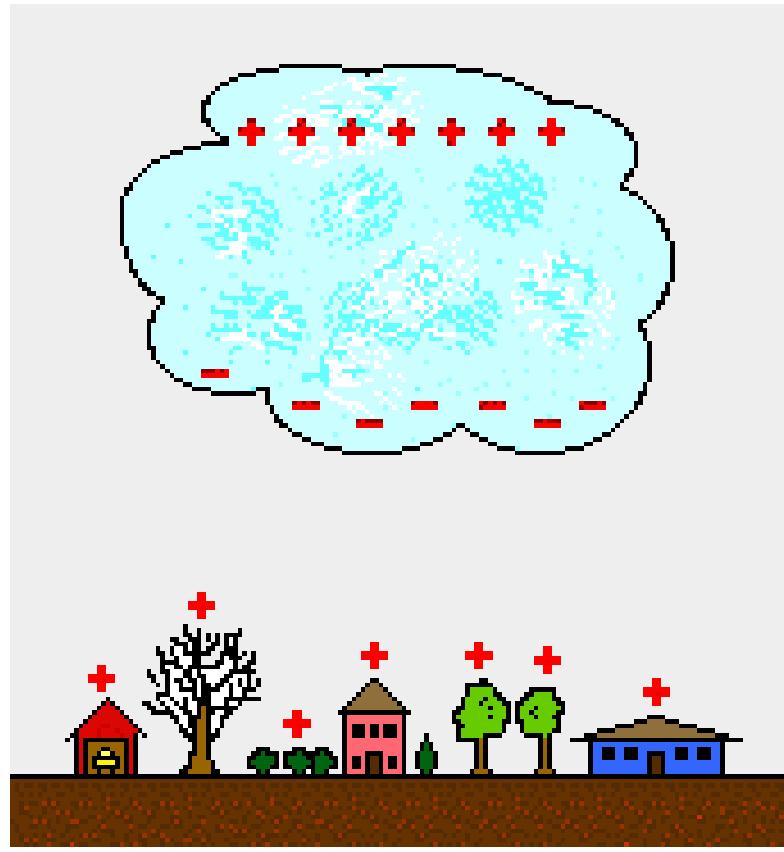
- Capacitor de placas paralelas
- Las curvas de equipotencial son líneas (planos) paralelas a las placas
- El campo eléctrico lejos de los bordes es uniforme y perpendicular a las placas



Electricidad en la atmósfera



Descargas atmosféricas



Descargas atmosféricas



Circuito eléctrico global

