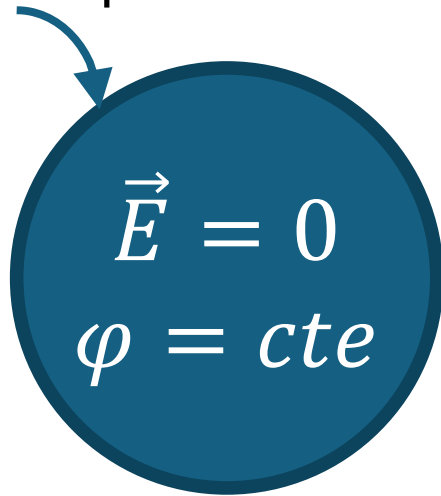


Propiedades de los conductores en estado estacionario

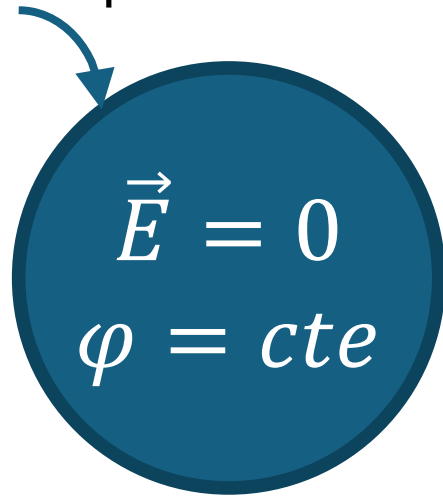
Cargas en la superficie



- En el interior de los conductores en estado estacionario, el campo eléctrico es nulo.
- El exceso de carga se ubica en el borde físico del conductor.

Propiedades de los conductores en estado estacionario

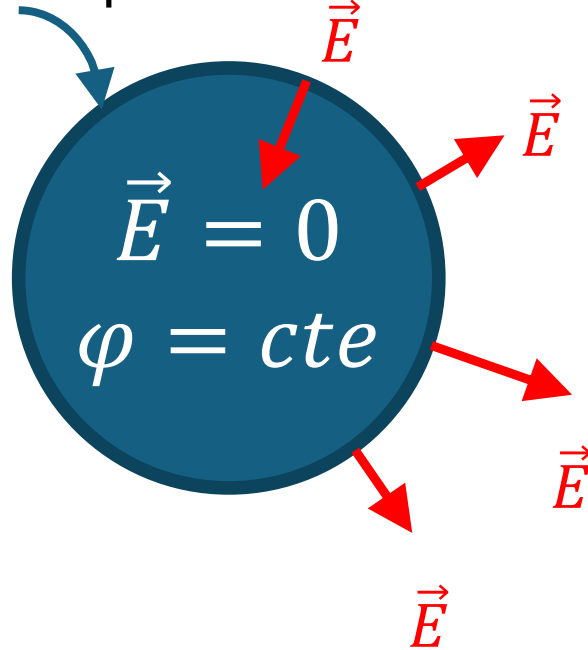
Cargas en la superficie σ



- Si el campo eléctrico es nulo en el interior del conductor, el potencial ahí es constante al igual que en su superficie.

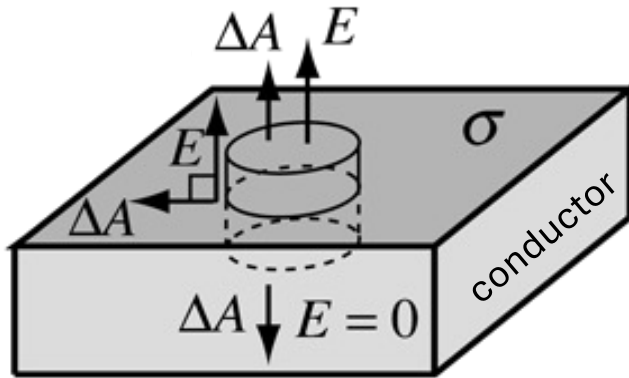
Propiedades de los conductores en estado estacionario

Cargas en la superficie σ



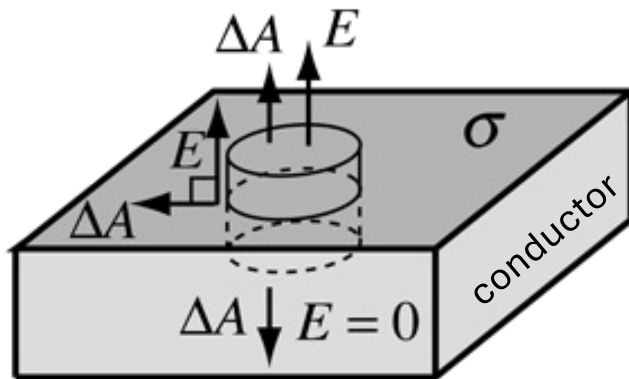
- Si el campo eléctrico es nulo en el interior del conductor, el **potencial ahí es constante al igual que en su superficie.**
- Como la **superficie es equipotencial**, el **campo en esa superficie sólo puede ser normal a ella.**

Discontinuidad de $\vec{E}$ en la superficie



- El salto de un campo eléctrico nulo en el interior de un conductor a uno no nulo y normal en su superficie se debe a la presencia de la carga acumulada ahí.
- Apliquemos la Ley de Gauss en un cilindro alineado con la normal a la superficie de un conductor donde hay una carga superficial de densidad σ (C/m²)

Discontinuidad de $\vec{E}$ en la superficie



- El único flujo que sobrevive es el que se da a través de la tapa externa de área ΔA

$$\oiint_{\text{cilindro}} \vec{E} \cdot \vec{da} = \frac{\text{carga encerrada}}{\epsilon_0}$$

$$E \Delta A = \frac{\sigma \Delta A}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Conductores (estado estacionario)

- Campo eléctrico:
 - Nulo en su interior
 - En la superficie, es normal a ella.
 - La intensidad depende de la densidad superficial de carga local
- Superficie es equipotencial
- Carga se ubica sobre superficie

Campo eléctrico en conductores

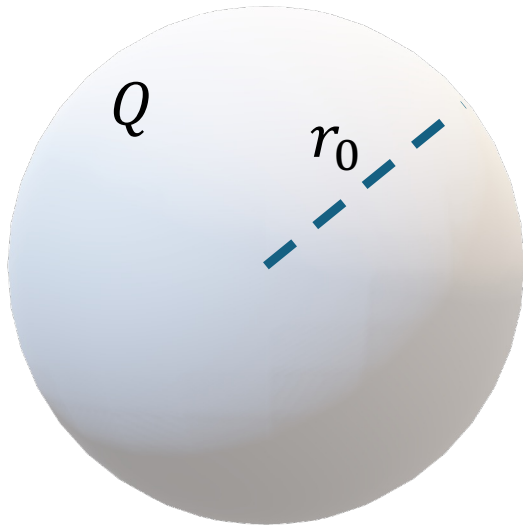
- De los puntos anteriores se deduce que la carga total Q sobre la superficie de un conductor S se puede escribir como:

$$Q = \int \sigma da = \epsilon_0 \int \vec{E} \cdot \vec{da}$$

¡ Importante !

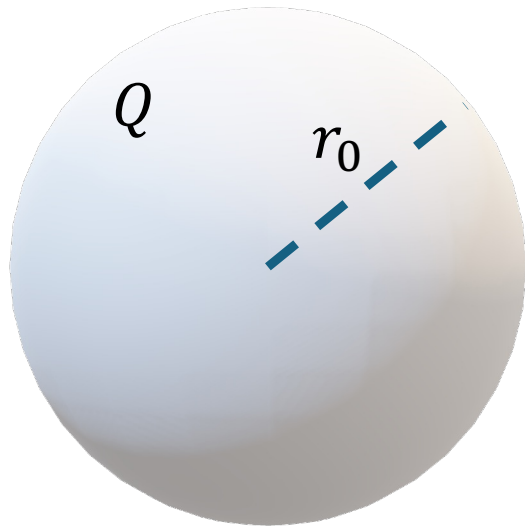
$\vec{E}$ es el campo debido a todas las cargas, las de la superficie, más las lejanas. Es σ la que se acomoda para que la relación de arriba se cumpla

Esfera conductora cargada



- Supongamos una esfera maciza conductora de radio r_0 .
- Sobre ella se ubica una carga Q conocida.
- Hallar el campo y el potencial en todo el espacio
- ¿Cómo se distribuye la carga en su superficie?

Esfera conductora cargada



- Al exterior de la esfera $r > r_0$
$$\vec{E}(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}; \quad \varphi(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$
- En el interior de la esfera $r < r_0$:
$$\vec{E}(r) = 0; \quad \varphi(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_0}$$
- En su superficie;
$$\vec{E}(r_0) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_0^2} \hat{r}; \quad \varphi(r_0) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_0}$$
- $$\sigma = \frac{Q}{4\pi r_0^2}$$

Pregunta

- ¿Cuánto varió el campo eléctrico al cruzar la superficie de la esfera?

Capacidad de un conductor aislado

- En un conductor aislado que tiene una carga Q y está a un potencial φ_0 cuando el cero de potencial está en el infinito, la capacidad C se define como:

$$Q = C \varphi_0$$

- Para una esfera de radio R_0 con carga Q , el potencial es, como vimos $\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R_0}$ por lo que:

$$C = 4\pi\epsilon_0 R_0.$$

- C se mide en Faradios (Farad=C/V) y sólo depende del **tamaño y la forma del conductor**

Pregunta

- ¿Cómo varía la capacidad de una esfera cuando cambiamos su radio?

Capacidad en más de un conductor: condensadores

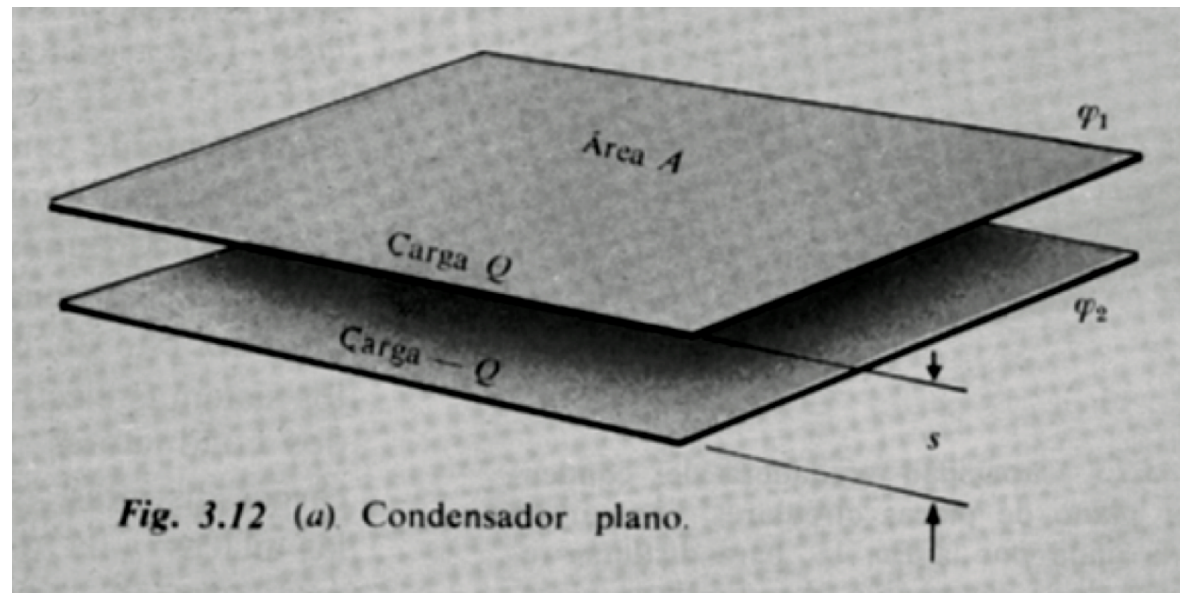
- La capacidad se define también para conjuntos dos conductores.
- **En el caso de dos conductores con cargas opuestas Q y $-Q$ la capacidad se define como la relación entre la carga Q y la diferencia de potencial entre los dos conductores φ_{12} .**

$$Q = C \varphi_{12}$$

- El conjunto de conductores, material aislante entre ambos y terminales se denomina **condensador o capacitor**.

Condensador plano

- Sean dos conductores planos de área A dispuestos como en la figura a una distancia s .
- La placa de arriba tiene una carga Q y está a un potencial φ_1 .
- La placa de abajo tiene una carga $-Q$ y está a un potencial φ_2



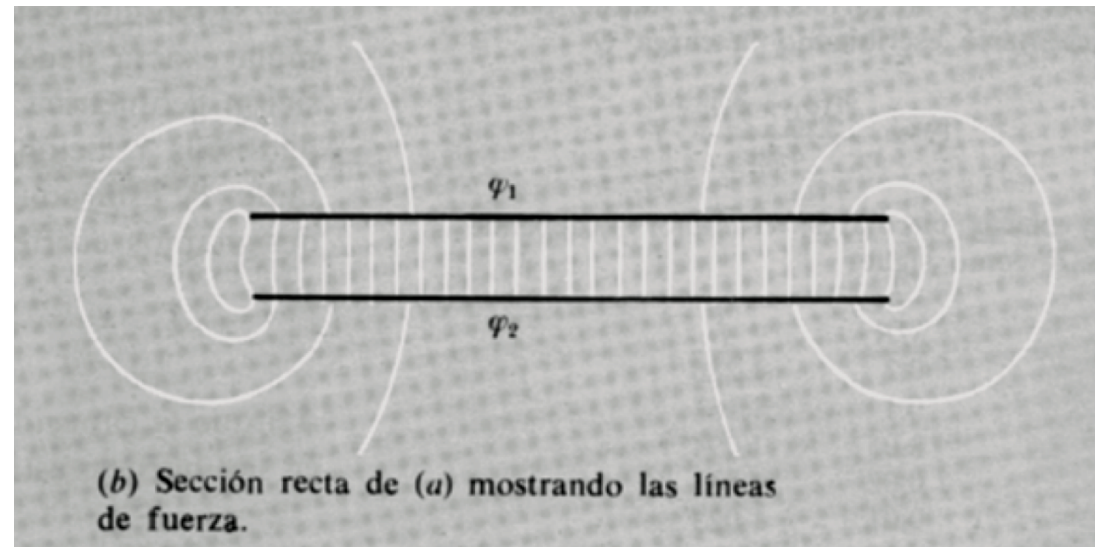
Condensador plano

- La densidad superficial de carga en la cara interna de un conductor es:

$$\sigma = \epsilon_0 E = \epsilon_0 \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{s}$$

- Si despreciamos el efecto de los bordes, σ es constante y

$$Q = \sigma A = \epsilon_0 A \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{s}$$

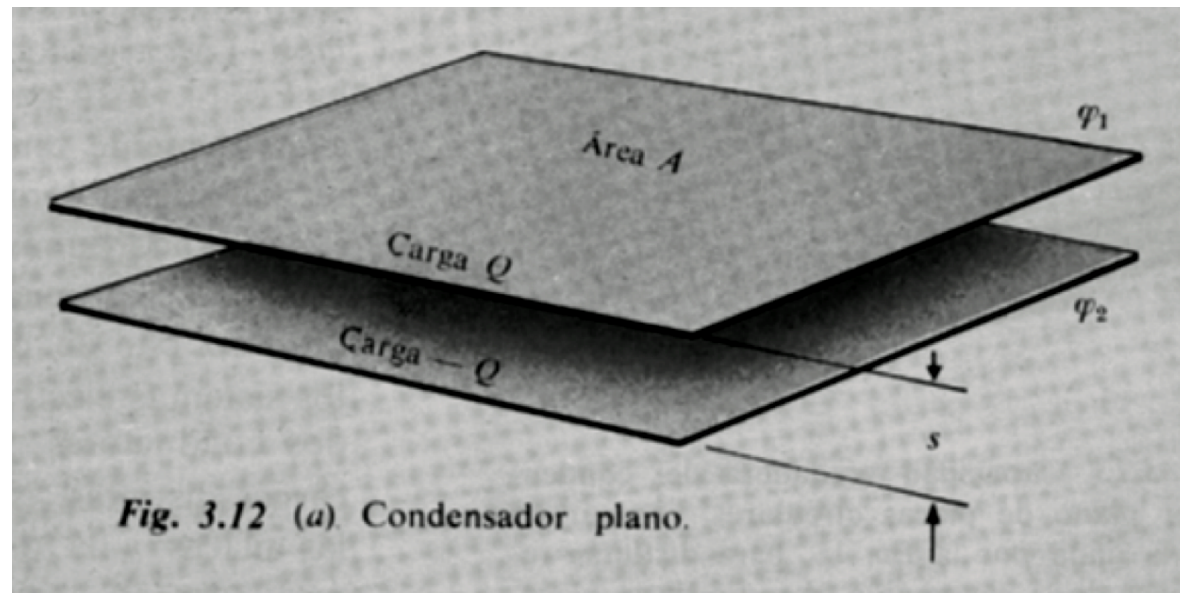


Condensador plano

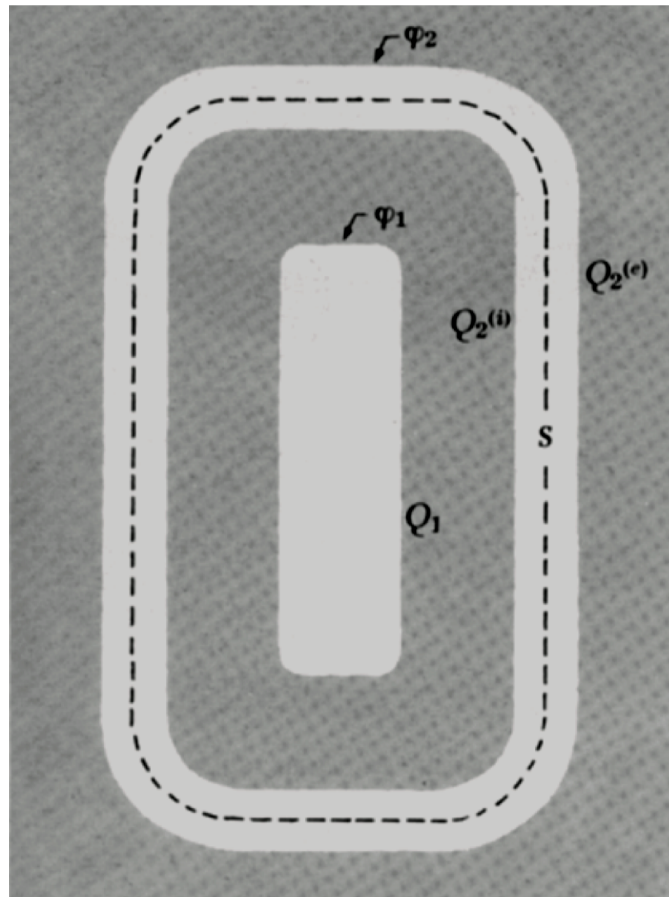
- Por lo tanto la capacidad el condensador plano es

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{\epsilon_0 A}{s}$$

- $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Farad/m} !$

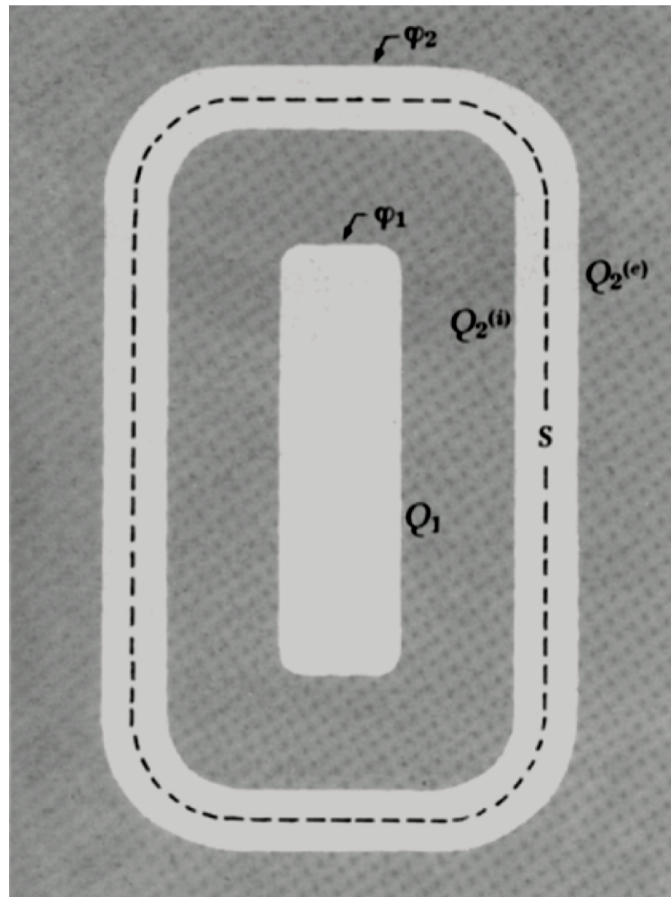


Capacidad en más de un conductor: otros condensadores



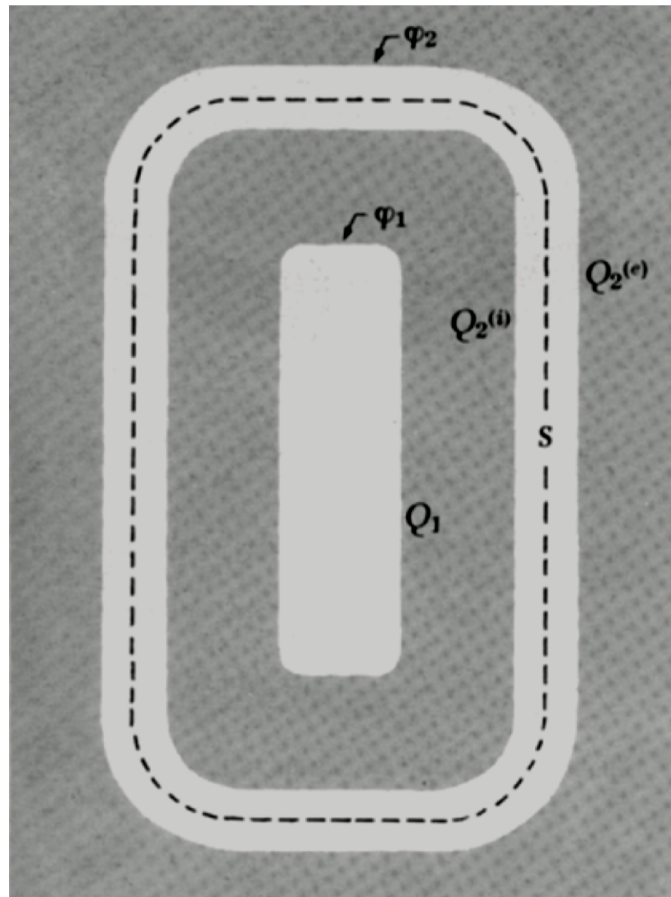
- Ahora supongamos un conductor dentro de otro.
- También puede considerarse un condensador.

Capacidad en más de un conductor: otros condensadores



- Hay tres grupos de cargas:
 - La carga total Q_1 en el conductor interior,
 - La carga $Q_2(i)$ en la superficie interior del conductor externo
 - La carga $Q_2(e)$ en la superficie exterior del conductor externo

Capacidad en más de un conductor: otros condensadores



- Como el campo sobre la superficie s debe ser nulo, por ley de Gauss, la carga total encerrada debe ser cero y por lo tanto:

$$Q_2^{(i)} = -Q_1$$

- El condensador será entonces entre el conductor interior y la capa interna del exterior. Su capacidad es

$$C = \frac{Q_1}{(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

Energía almacenada en un capacitor

- Supongamos un condensador de capacidad C con una diferencia de potencial φ_{12} .
- En un conductor hay una carga Q mientras que en el otro, $-Q$.
- Quitemos una carga dQ del conductor con carga $-Q$ y llevémosla al conductor que tiene carga Q a lo largo de la diferencia de potencial φ_{12} .

Energía almacenada en un capacitor

- El diferencial de trabajo dW que realizamos viene dado por:

$$dW = \varphi_{12} dQ = Q \frac{dQ}{C}$$

- Entonces, para cargar un conductor descargado inicialmente hasta alcanzar una carga final Q_f el trabajo será:

$$W = \int_0^{Q_f} \varphi_{12} dQ = \frac{1}{C} \int_0^{Q_f} Q dQ = \frac{Q_f^2}{2C}$$

- Esta es la energía almacenada en el capacitor U