



Física y Tecnología Energética

20 - Almacenamiento de la energía.

Almacenamiento de Energía

Se necesita almacenar la energía producida

- Producción intermitente (Solar, eólica..)
- Ajuste de demanda y producción

La energía se puede almacenar como:

- Energía gravitatoria

- Embalses de bombeo

- Energía química

- Pilas y baterías
- Síntesis de Combustibles
- Hidrógeno

- Energía electromagnética

- Circuitos superconductores
- Super condensadores

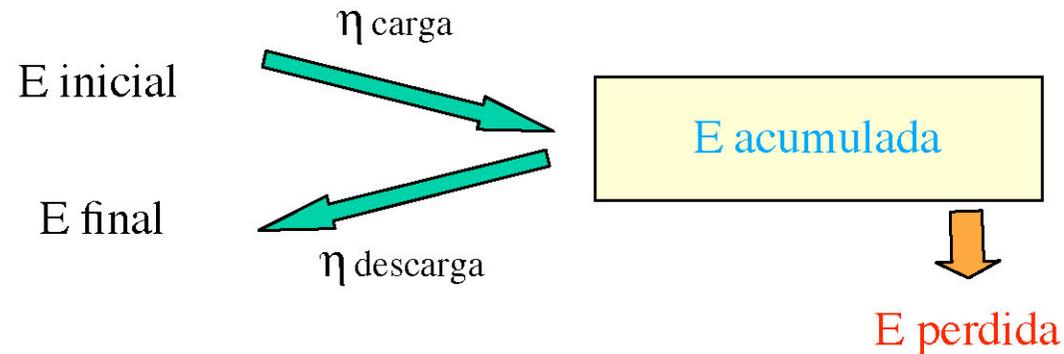
- Energía cinética de rotación

- Volantes de inercia

- Energía elástica

- Resortes, muelles
- Aire comprimido

Eficiencia del almacenamiento



La eficiencia del almacenamiento es:

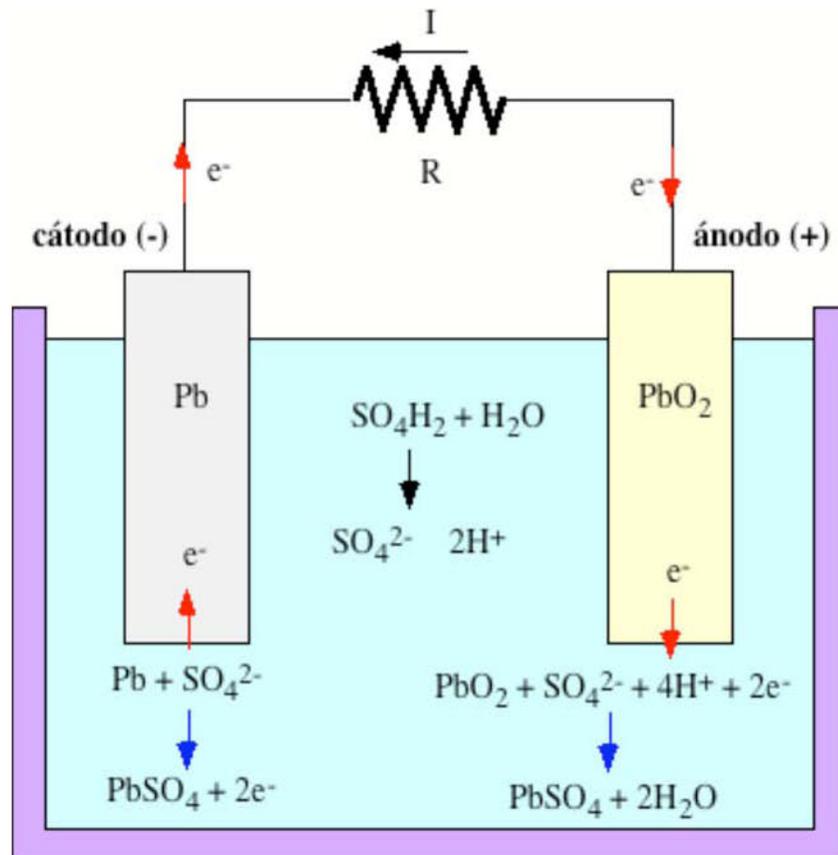
$$\eta = \eta_c \eta_d \times \left[1 - \frac{E_{\text{perd}}(t)}{E_{\text{acu}}} \right]$$

- El almacenar energía eléctrica en embalses de bombeo tiene una eficiencia $\eta = 80\%$
 - tanto el bombeo como la generación hidroeléctrica tienen eficiencias del 90%
- Las pérdidas se deben a la evaporación
 - Depende del tiempo transcurrido, de las temperaturas y del viento

Batería de plomo y ácido

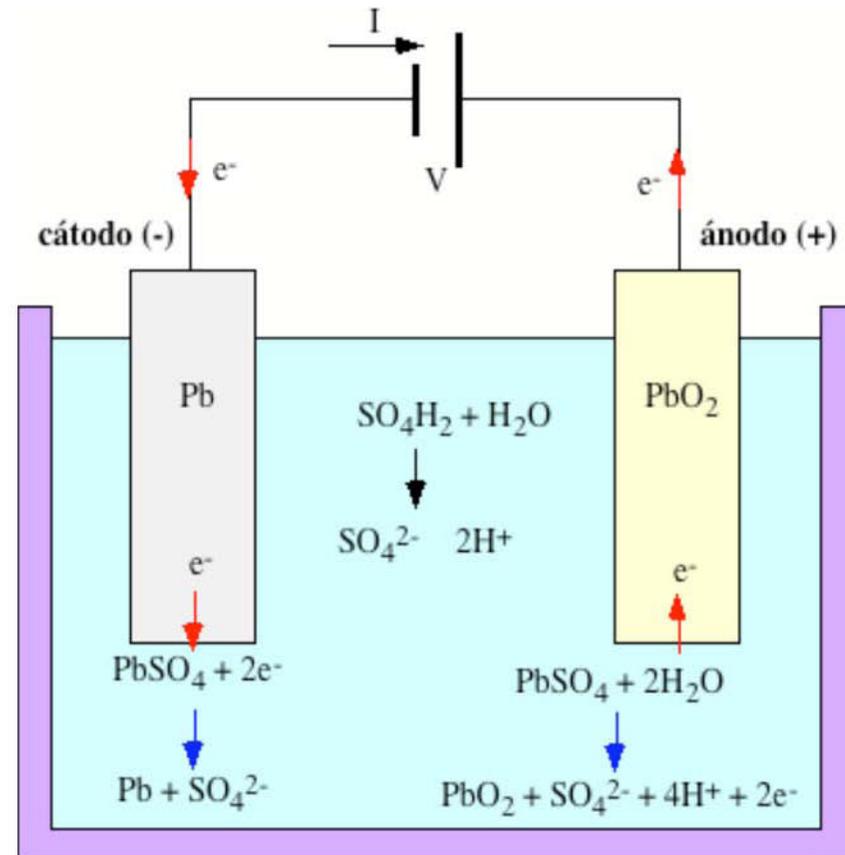
Descarga

El Pb se convierte en sulfato, generando electricidad



Carga

El paso de la corriente eléctrica deshace el sulfato volviendo al estado inicial



Batería de Plomo-ácido

- El voltaje generado entre los electrodos es de 1,85 – 2,1 V
- El voltaje se aumenta conectando varias en serie
- La corriente y la energía total acumulada se aumentan conectando varias en paralelo, o aumentando la superficie de los electrodos
- Es capaz de acumular entre 25 y 35 Wh / kg
- En la descarga puede proporcionar entre 50 y 100 Wh/kg
- En la recarga de la batería no se deshace todo el sulfato de plomo. La batería tiene una cierta vida media de uso
 - 4 500 ciclos si sólo se descarga un 30%
 - 1 200 ciclos si se descarga un 75%
- Las descargas superiores al 80 % producen daños irreversibles
- Las pérdidas por autodescarga son pequeñas
 - Dependen de la humedad atmosférica y de la temperatura

Batería de Plomo-ácido

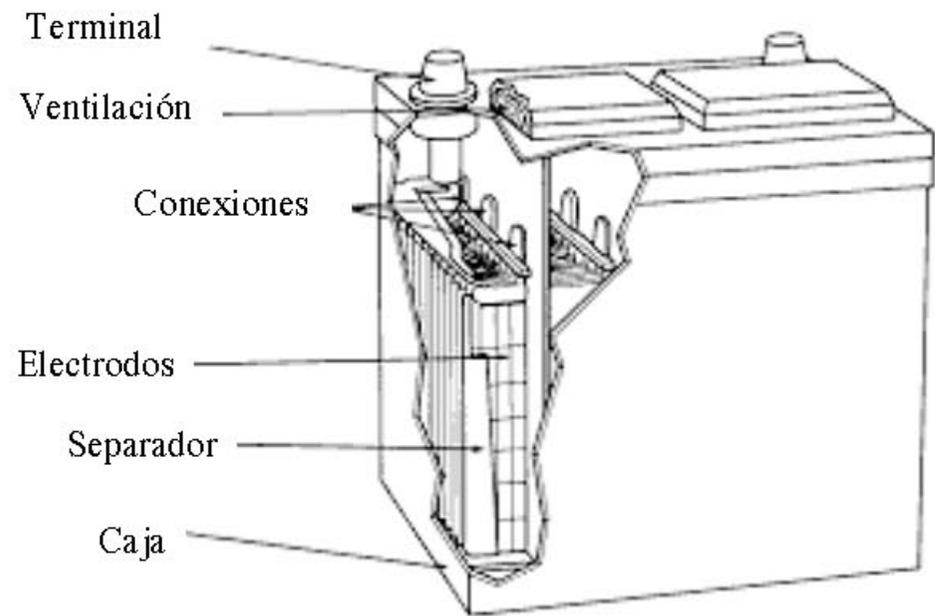
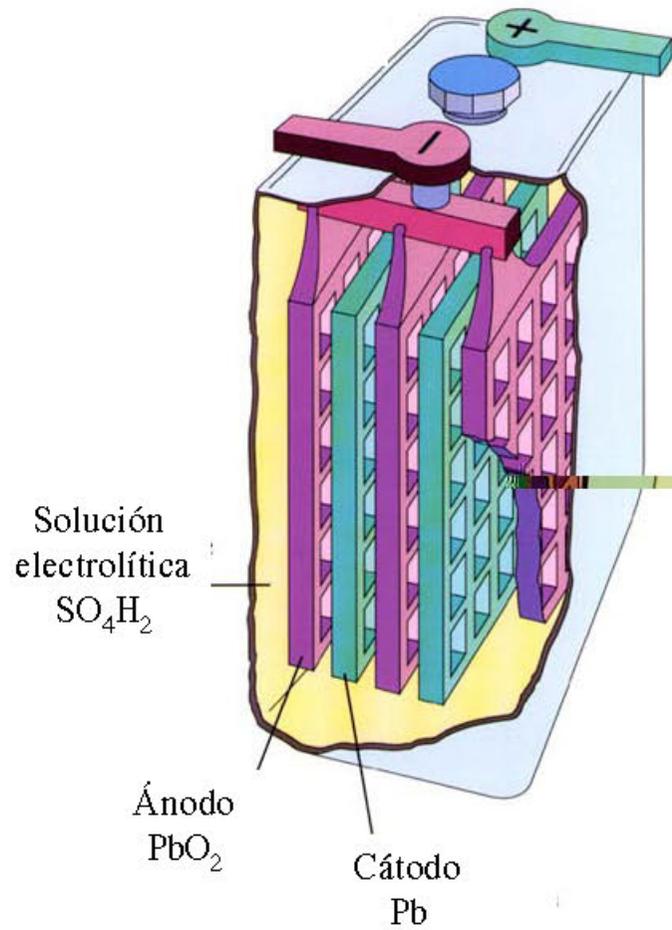
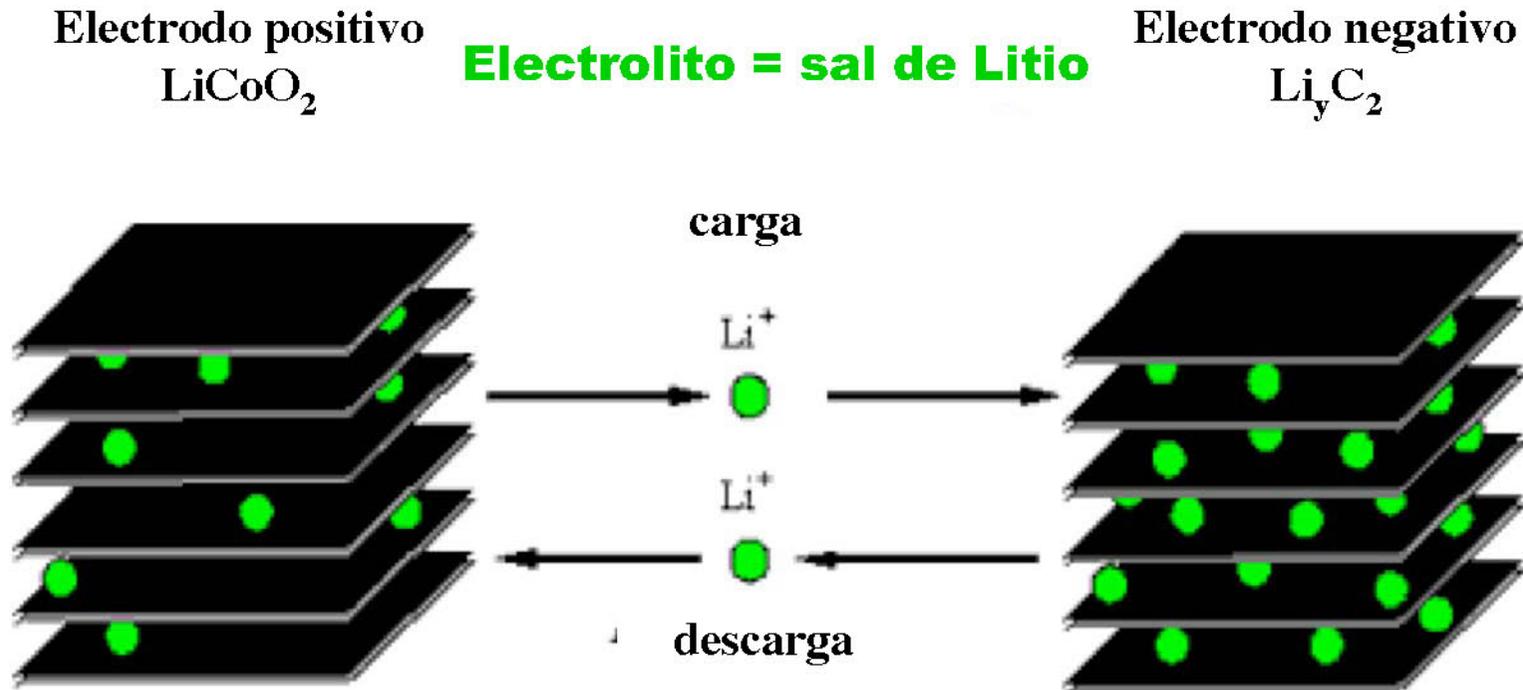


Figure 6 - Flooded Lead-Acid Battery

Batería de Litio



- El Litio es el metal más ligero
- No contiene líquidos

- Eficiencia carga-descarga $\sim 100\%$
- No se debe sobrecargar

Otras pilas y baterías

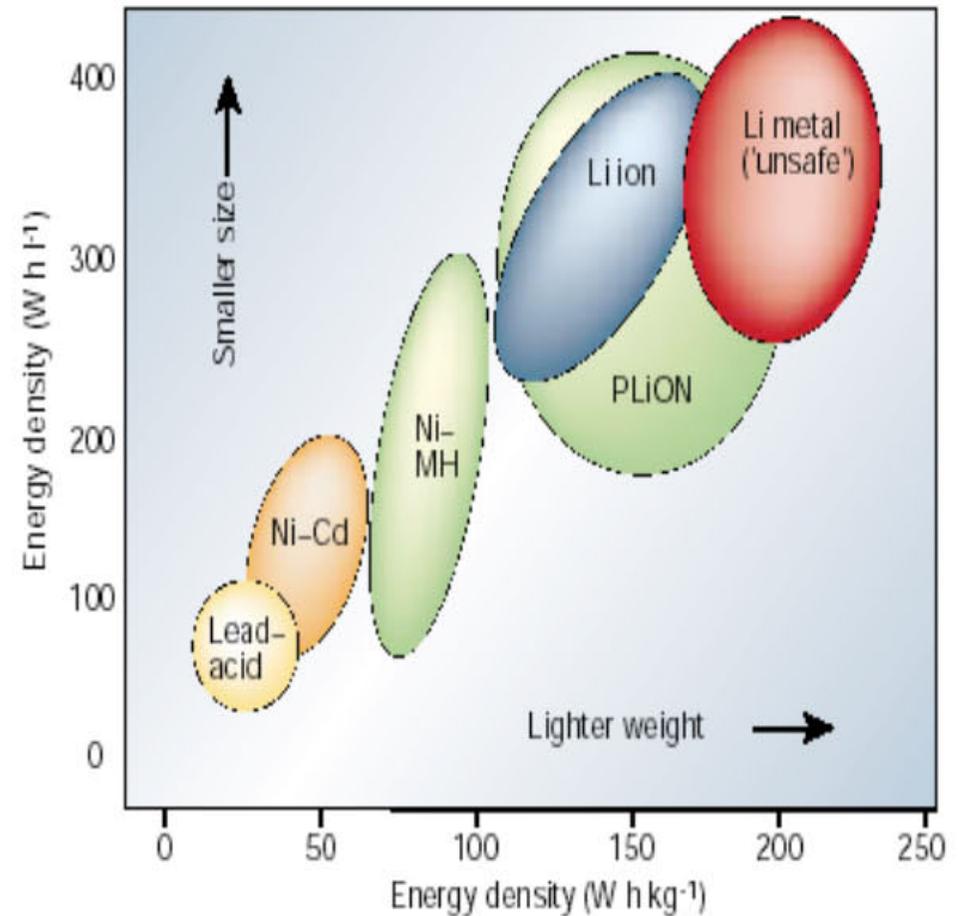


Pila alcalina

Existen numerosos tipos, recargables o no, con diferentes electrodos y electrolitos, tanto ácidos como alcalinos.

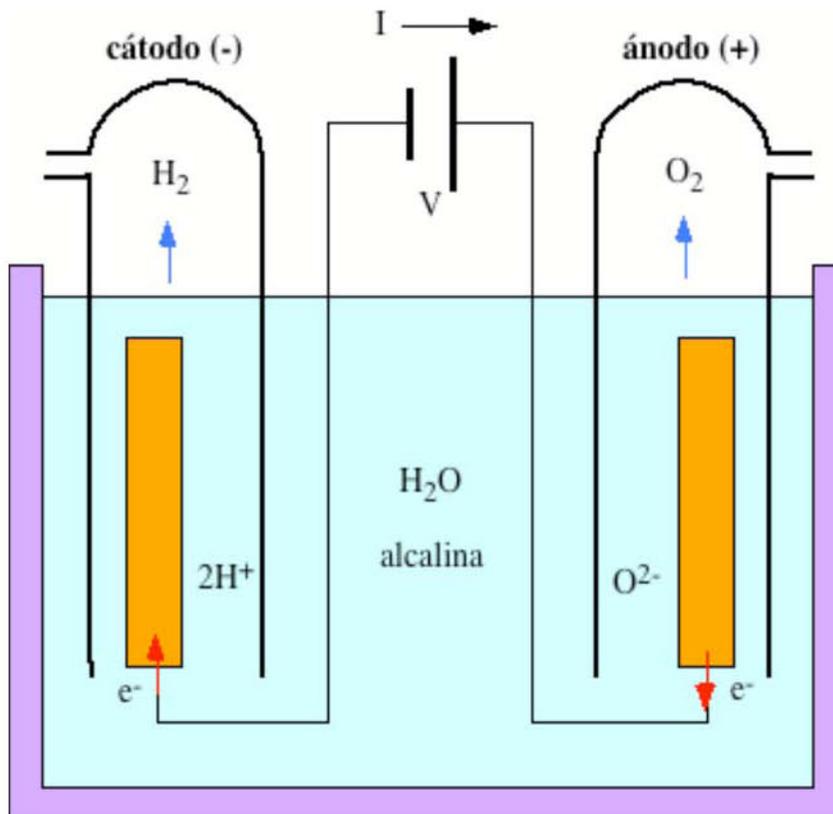
En un electrodo reaccionan cediendo electrones y en el otro aceptándolos.

Recargables

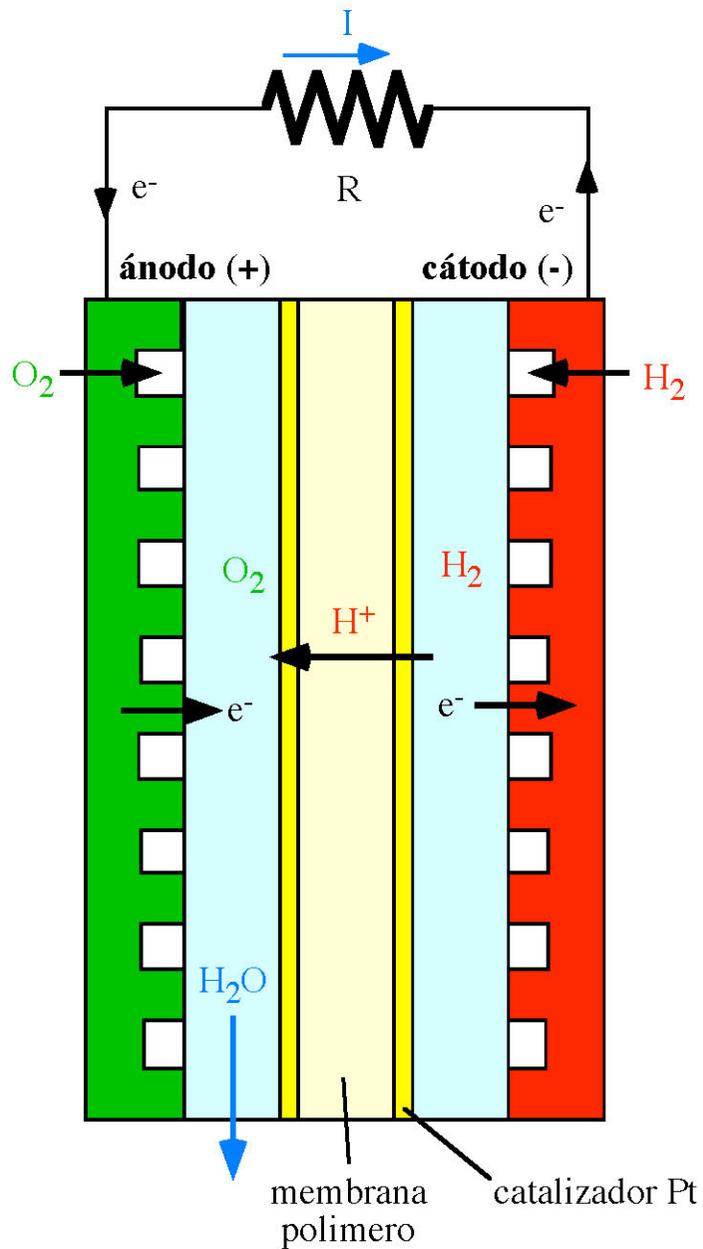


Obtención de Hidrógeno

Por electrólisis el agua se descompone en Hidrógeno y Oxígeno (eficiencia 65 %)



- El Hidrógeno es un buen combustible
 - 119 kJ/kg (Gas Natural 50 kJ/kg)
- Es más peligroso que otros combustibles
 - Explota en concentraciones con el aire entre 4 y 72% (el GN entre 8 y 13 %)
 - Ignición a 530°C (el GN a 685°C)
 - Se escapa fácilmente



Pila de combustible de Hidrógeno

Fenómeno inverso de la
electrólisis

Convierte la energía química del
combustible directamente en
electricidad

La membrana debe tener poros
que permitan el paso únicamente
al hidrógeno

Pilas de combustible

- Durante los últimos 20 años se han desarrollado muchos modelos.
(Se emplearon en el proyecto Apolo)
- Además de con H_2 , puede funcionar con el CH_4
- Tiene una eficiencia del 80%, muy superior a la que se obtiene al quemar el hidrógeno en una turbina (30%)
- El almacenamiento electrolísis-pila de combustible tiene por tanto una eficiencia del 40-50%

- Es un proceso limpio, solo genera agua
(depende de cómo se obtenga el hidrógeno)
- Los electrodos y membranas duran poco y son caros

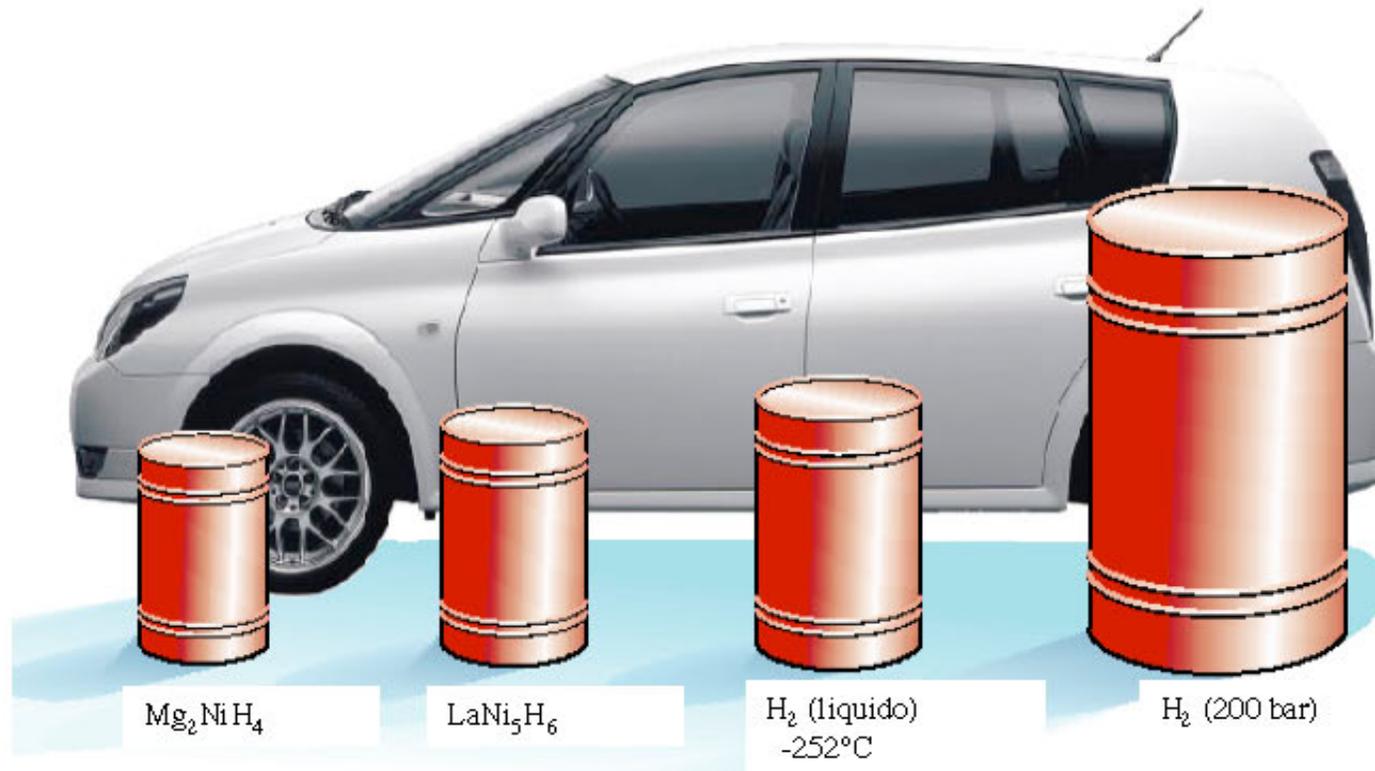
- El hidrógeno también se obtiene :
 - Gas, Hidrocarburos + vapor de agua caliente
 - Disociación térmica (2000°C - 900°C catalizado)
 - Fotobiología (Algas, 1% eficiencia)
 - Biológico (virus)

Hidrógeno en el transporte

Automóvil moderno de bajo consumo 400 km de autonomía → 24 kg de gasolina Equivale a
8 kg de hidrógeno en un motor de explosión 4 kg de hidrógeno en una pila de combustible

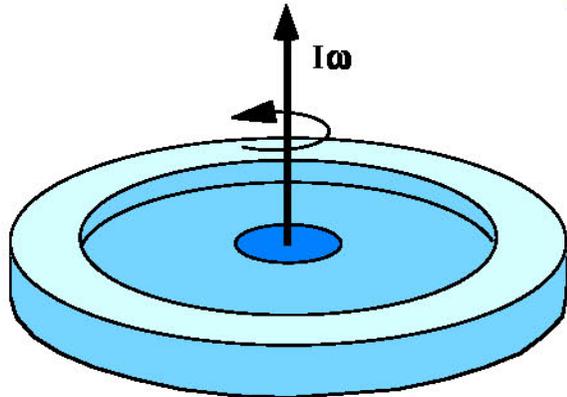
En condiciones ambientales 4kg ocupan 45 m³

Es necesario almacenarlo a presión, a bajas temperaturas o en aleaciones metálicas



Cualquier procedimiento de almacenamiento razonable aumenta el peso y el coste
Hace falta construir una red de distribución similar a la de la gasolina

Volante de inercia



$$E = I\omega^2 / 2$$

Para conseguir 1 MJ/kg con un radio de giro de 1 m, hace falta que gire con 15 000 r.p.m.

- La conservación del momento angular nos permite acumular energía como energía cinética de rotación
- La eficiencia motor eléctrico-volante de inercia-dinamo es elevada (>80%)
- Las pérdidas por fricción pueden reducirse manteniendo el volante de inercia en el vacío
- Se ha logrado tener volantes de inercia girando a 30 000 rpm durante días
- El límite de energía que puede almacenar está en la máxima velocidad que puede alcanzar sin desintegrarse
- Actualmente se emplean en todos los Tokamaks de fusión termonuclear



Superconductores

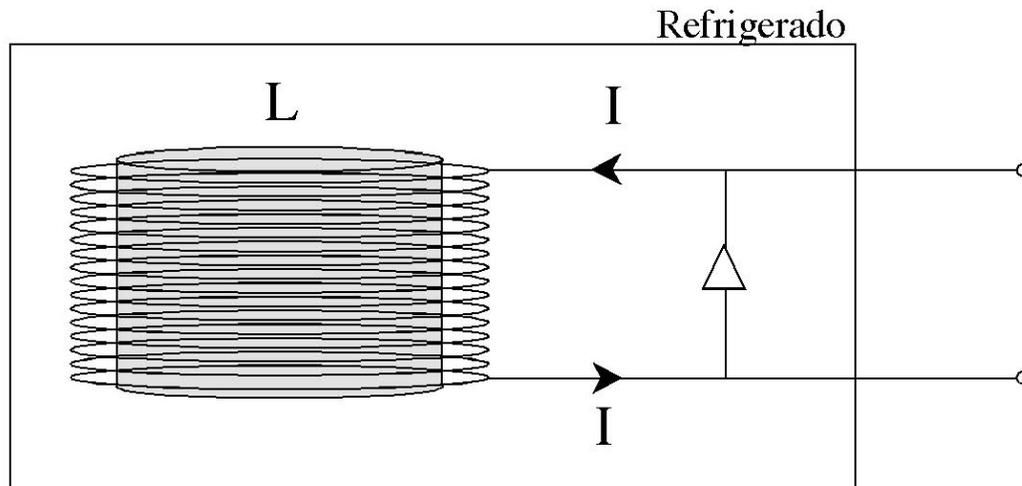
- En 1911 H.K.Onnes descubrió que en ciertos elementos la resistencia eléctrica se hacía nula por debajo de 4K (-269°C)
- En los 60 se descubrió que la aleación de Niobio y estaño era superconductora a 23 K (-250°C)
- En los 90 se han encontrado superconductores por encima de los 150 K (-123°C) compuestos por cerámicas que contienen Th, Ca, Ba, Y, Bi ,Cu y O

Con superconductores a temperatura ambiente -

- Mejorarían las eficiencias de todos los usos de la electricidad

Con los superconductores actuales:

- Puede almacenarse energía en forma de energía magnética en un electroimán superconductor



Almacena

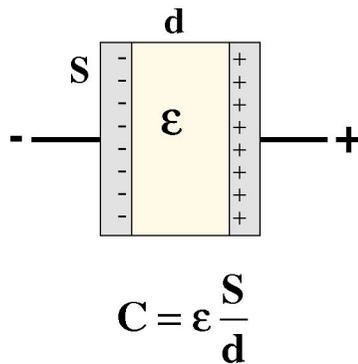
$$W = \frac{1}{2}LI^2$$

Supercondensadores

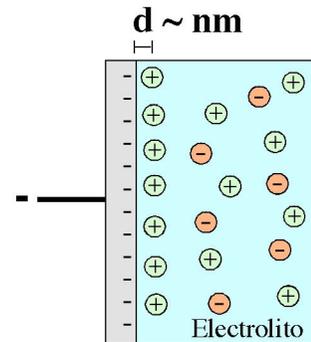
En un condensador puede almacenarse energía electrostática

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

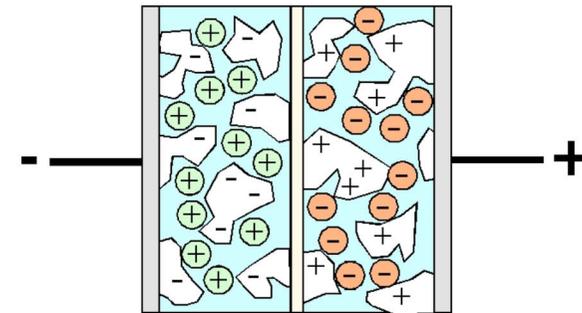
Condensador normal



Doble capa electrostática



Super Condensador



Se pueden conseguir valores elevados de C ($\sim 1\text{F}$)

- disminuyendo d - doble capa en electrolitos
- aumentando S - material conductor poroso

- Tienen una densidad de energía almacenada razonable $\sim 10 \text{ kWh/kg}$ (batería $\sim 100 \text{ kWh/kg}$)
- Se pueden cargar y descargar muy rápidamente
- Tienen una densidad de potencia muy elevada $\sim 10 \text{ kW/kg}$ (batería $\sim 100 \text{ W/kg}$)

Aire comprimido

- En un gas comprimido puede almacenarse una enorme cantidad de energía, si tenemos un recipiente que aguante elevadas presiones
- El gas comprimido puede usarse posteriormente para mover un pistón o una turbina
- La eficiencia tiene las limitaciones de las máquinas térmicas y es de un 30%
- Al comprimirlo se calienta, y mientras lo tenemos almacenado se enfría, perdiendo así energía.
- Actualmente existe una gran instalación en Alemania que introduce aire comprimido en una enorme caverna subterránea.
 - Su capacidad es de 300 000 m³
 - Proporciona 300 MW durante 2 horas
 - Se emplea para el ajuste de la red eléctrica a la curva de demanda

Sistema combinado Gas - Aire comprimido

