

**Tema 74. Naturaleza eléctrica de la materia. Corriente eléctrica. Electromagnetismo. Inducción electromagnética. La energía eléctrica: una forma privilegiada de energía. Evolución en las necesidades energéticas de la sociedad. Energías alternativas.**

3º. E.S.O. Bloque III. Energía y Electricidad.

**74.1. Cargas eléctricas**

**74.1.1. Naturaleza eléctrica de la materia**

**74.1.2. Ley de Coulomb**

**74.1.3. Campo eléctrico**

**74.1.4. Potencial eléctrico**

**74.2. Corriente eléctrica**

**74.2.1. Generadores. La pila.**

**74.2.2. Intensidad de la corriente eléctrica**

**74.2.3. Resistencia y resistividad eléctricas**

**74.2.4. Resistencia en serie y en paralelo**

**74.3. Energía de la corriente eléctrica. Efecto Joule**

**74.4. Electromagnetismo**

**74.5. Inducción electromagnética. Experimento de Faraday y Henry**

**74.5.1. Producción de corrientes inducidas**

**74.6. La energía eléctrica: una forma privilegiada de energía**

**74.6.1. Evolución de las necesidades energéticas de la sociedad. Energías alternativas**

**74.6.2. Energías hidroeléctrica**

**74.6.3. Energía nuclear**

**74.6.4. Otras fuentes de energía alternativas:**

## 74.1. Cargas eléctricas

Desde antiguo es conocida la propiedad de ciertos materiales que al ser frotados eran capaces de atraer pequeños objetos: pelos, polvo, etc. Los griegos llamaron a esta propiedad **electricidad**, palabra que deriva de "elektron", nombre del ámbar, sustancia en la que se observó por primera vez el fenómeno.

Se dice que un cuerpo se electriza cuando, tras frotarlo, aparece esta propiedad de atraer objetos livianos. Hay que esperar a finales del siglo XVIII para que los conocimientos que se tenían de los objetos que presentan esta propiedad sean sistematizados y se dé un intento de explicación para ellos.

En ese momento se sabía que todos los cuerpos al frotarlos se electrizaban, pero también que unos lo hacían de una forma diferente a otros, ya que determinados cuerpos electrizados atraían a otros, también electrizados, mientras que, en otras ocasiones el resultado de la interacción era repulsivo, es decir, los cuerpos electrizados se repelían. Por otra parte, la materia, en general, no presentaba, si no era frotada, esta propiedad.

Fue Benjamín Franklin quien atribuyó a una nueva propiedad de la materia estas propiedades. Se atribuyó, en un principio, a un "fluido" eléctrico, hoy lo llamamos **carga eléctrica**, la propiedad de la **interacción eléctrica**. Se dió cuenta que el comportamiento dual de las interacciones eléctricas sólo podía explicarse si se aceptaba que, en la materia, había dos clases de cargas distintas, correspondientes a lo que entonces se llamaba electricidades vítreas y resinosas. Para evitar confusiones, Franklin las denominó electricidad positiva (+), y electricidad negativa (-).

Observó, también, que cuando dos cuerpos cargados con electricidad de distinto signo, éstos se repelían, y que cuando estaban cargados de electricidad de distinto signo, los cuerpos se atraían. El hecho de que la materia no presente, normalmente, propiedades eléctricas, les llevó a pensar que la neutralidad se debía a que en la materia hay la misma cantidad de cargas de signos contrarios y que ésto hacía que, en conjunto, no se presentasen propiedades eléctricas hacia el exterior.

Las parcelas de la Física que estudian las interacciones entre cargas eléctricas son la **Electrostática**, para partículas electrizadas en reposo, y la **Electrodinámica** o electromagnetismo, que estudia el comportamiento de dichas cargas en movimiento.

Con el proceso de frotar un cuerpo, lo que se hace es suministrar un trabajo que se utiliza para separar del cuerpo una pequeña cantidad de carga de un signo.

El cuerpo frotado, al que se le ha quitado una pequeña porción de carga de un determinado signo, queda así cargado con exceso de carga del signo contrario, y el cuerpo con el que se frota, queda con la carga arrastrada del cuerpo frotado. Así, pues, en el proceso se cargan dos cuerpos con cargas de signos contrarios.

A partir de la experiencia realizada para determinar los dos tipos de carga, puede también establecerse una neta diferenciación entre materiales:

**Aislante:** Cuando al ejercer sobre él una fricción, se electriza y mantienen las cargas eléctricas en el mismo lugar en que han sido producidas. Ej. vidrio, porcelana, resina, madera, etc.

**Conductor:** cuando al frotarlo las cargas que se generan se difunden a través de toda la superficie (metales, cuerpo humano, superficie de la corteza terrestre, etc.). En esta clase de materiales las cargas eléctrica, independientemente de su signo, se distribuyen sobre su superficie exterior.

Este hecho queda de manifiesto mediante la **inducción electrostática**: proceso de electrización de un determinado cuerpo por medio de la aproximación de otro cargado eléctricamente. También se le conoce con el nombre de influencia electrostática.

Hoy se acepta que la carga eléctrica es una propiedad fundamental de la materia, como lo es la masa, y que ella es la responsable de los fenómenos eléctricos.

### 74.1.1. Naturaleza eléctrica de la materia

La naturaleza eléctrica de la materia fue puesta de manifiesto, sin lugar a dudas, con los experimentos de la electrolisis, que realizó Faraday, observando que al paso de la corriente por disoluciones de sustancias, éstas se descomponían, depositándose en los polos o electrodos otras sustancias, lo que indicaba que, en disolución, las partículas que existían tenían carga eléctrica y que migraban por la disolución hacia el electrodo de signo contrario, donde reaccionaban con la corriente y se depositaban los elementos constituyentes.

Hoy sabemos, y aceptamos que la materia está formada por átomos, que son unidades complejas, con un núcleo central donde reside la masa del átomo y carga positiva y con una corteza electrónica, de carga negativa sobre una masa prácticamente despreciable, los electrones, habiendo el mismo número de carga positiva en el núcleo, que de cargas negativas en la corteza.

Hay que referirse a que los experimentos realizados con cargas eléctricas, se hacían con dos sencillos instrumentos que permiten medir, de forma cualitativa y semicuantitativamente, las clases y cantidad de carga de los cuerpos utilizados. Esos instrumentos son el péndulo eléctrico y el electroscopio.

El **péndulo eléctrico** consiste en una pequeña y ligera bolita de médula de saúco o de corcho recubierta de polvo de grafito para hacerla conductora, colgada de un soporte aislado por medio de un fino hilo de seda. Al tocar la bolita con un cuerpo electrizado, actúa como testigo ante otros cuerpos electrizados, si es atraída la carga del segundo cuerpo es de distinto signo al suyo y si es repelida, del mismo. Por la magnitud de la interacción podemos darnos idea de si tiene más o menos carga que otro.

El **electroscopio** es otro sencillo aparato que sirve para detectar la presencia de cargas eléctricas. Está formado por una varilla metálica en cuya parte inferior cuelgan dos laminillas muy finas de oro, estaño o aluminio. La varilla suele sujetarse atravesando un tapón de corcho de una botella. Cuando se toca la varilla con un cuerpo electrizado, parte de la carga pasa a ella, al distribuirse la carga por el metal, como las laminillas quedan cargadas del mismo signo, se repelen, abriéndose, lo que pone de manifiesto que el cuerpo tenía carga eléctrica. Cuanto más se abran las láminas, mayor es la repulsión, mayor es la carga que adquirió el electroscopio del cuerpo cargado.

### 74.1.2. Ley de Coulomb

Basándose en los experimentos realizados con péndulos y electroscopios cargados, Augusto Coulomb diseña nuevos experimentos para medir la fuerza de interacción entre cuerpos cargados. Utiliza para medir una pequeña balanza de torsión con dos pendulillos cargados y, observa, que las fuerzas de interacción entre cargas eléctricas siguen una ley semejante a la que sigue la interacción entre masas, descubierta por Newton, es decir, que las fuerzas entre cargas son directamente proporcionales al producto de las cargas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que las separa, formalmente:

$$F = \frac{q \times q'}{r^2}$$

Considerando que el valor de F depende de la carga eléctrica, es necesario establecer nuevas unidades para esta magnitud: en el sistema cegesimal se utiliza la **unidad electrostática** (uee), carga que, dispuesta en el vacío frente a otra carga idéntica a una distancia de 1 cm., se ve repelida por la fuerza de una dina. Es decir:

$$1 \text{ dina} = k \frac{1(\text{uee})^2}{1 \text{ cm}^2}$$

La unidad de carga establecida en el S. I. es el **culombio**, definida como la carga que, situada en el vacío a una distancia de 1 m. de otra carga idéntica, se ve repelida con una fuerza de  $9 \cdot 10^9$  newtons.

Sin embargo, hay ligeras diferencias entre la ley de Coulomb y la de Newton. Las masas sólo se ejercen acción atractiva, mientras que las cargas eléctricas, dependiendo del signo, se ejercen acción atractiva y/o repulsiva. Por otra parte, la constante, G, de la ecuación de Newton es universal, su valor es invariable,

mientras que la constante,  $K$ , del campo eléctrico, depende del medio material en el que estén situadas las cargas. Esa dependencia se manifiesta por medio de una constante, propia de cada clase de materia, que se denomina **constante dieléctrica** del medio material en cuestión, así:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon}; \text{ y } F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \times \frac{q \cdot q'}{r^2}; \epsilon = \text{cte. dieléctrica, diferente en cada medio material}$$

$$\text{En el aire o en el vacío, } \epsilon = \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}; \text{ por lo que } K = 9 \cdot 10^9 \text{ y } F = 9 \cdot 10^9 \frac{q \cdot q'}{r^2}$$

expresado en unidades del S. I. Cuando  $q$  y  $q'$  están en culombios y  $r$  en metros,  $F$  está expresada en newton.

### 74.1.3. Campo eléctrico

El campo eléctrico es la región del espacio en la que se ejercen fuerzas atractivas y repulsivas originadas por las cargas eléctricas que se sitúan en él. Se trata de un campo de fuerzas conservativo, cuya intensidad depende del punto en el cual se dispone la carga, con respecto al cuerpo cargado o carga puntual que lo crea.

La **Intensidad** de un campo eléctrico es una magnitud vectorial que corresponde a la relación entre la fuerza ejercida sobre la unidad de carga positiva situada en un determinado punto del campo y la propia carga:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{\text{newton}}{\text{culombio}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \frac{N}{C}$$

La **dirección** del vector campo es la de la fuerza  $F$  ejercida sobre la unidad de carga y su sentido se orienta alejándose de la carga generadora del campo cuando ésta es positiva y aproximándose cuando es negativa.

Los campos eléctricos se representan mediante unas líneas de fuerza o líneas de campo, que se trazan a partir de la trayectoria que siguen los cuerpos, partículas y masas puntuales al someterse de forma libre a la acción del campo. Estas líneas presentan la característica de ser tangentes en cada punto al vector de campo correspondiente, por lo cual su número unidad de superficie resulta proporcional a la intensidad del mismo.

### 74.1.4. Potencial eléctrico

El campo eléctrico, al igual que el gravitatorio, es un campo de fuerza conservativo, es decir, el trabajo de llevar una carga, dentro del campo, de un punto a otro, no depende del camino seguido, sino de las posiciones inicial y final, por eso se puede averiguar al campo eléctrico una función de energía potencial, igual que al campo gravitatorio y se define: **Diferencia de potencial** entre dos puntos ( $A$  y  $B$ ) de un campo eléctrico como el trabajo (o energía) que hay que realizar para llevar la unidad de carga positiva de un punto al otro. Se representa por  $(V_A - V_B)$  y se mide en **voltios**.

Para transportar una carga ( $q$ ), el trabajo eléctrico será:  $W_e = q \cdot (V_A - V_B)$

$$V_A - V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot q \cdot \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

El voltio viene definido como la diferencia de potencial existente entre dos puntos tales que para trasladar de uno a otro una carga de un culombio sea necesario realizar el trabajo de un julio. Su relación con la uee es:

$$\frac{\text{Julio}}{\text{Culombio}} = \frac{10^7 \text{ergios}}{3 \cdot 10^9 \text{uee}} = \frac{1}{300} \text{uee}$$

En la Naturaleza, las cosas siempre ruedan cuesta abajo, si dejamos una piedra libre, ésta cae hasta encontrar el punto de menor potencial gravitatorio (menor altura sobre la Tierra). Si dejamos una carga libre, ésta también se mueve hasta potenciales eléctricos más bajos. En su desplazamiento hacia potenciales menores, las cargas eléctricas liberan la energía potencial que van perdiendo; energía que puede ser transformada, en cantidades equivalentes, en otra forma: mecánica, calor, luz, etc. Esto es lo que hacemos con las corrientes eléctricas.

## 74.2. Corriente eléctrica

Si en los extremos de un conductor, material en el que las cargas eléctricas se pueden mover libremente, se establece, por el procedimiento que sea, una diferencia de potencial, las cargas se moverán libremente desde el punto de más al de menos potencial. Este movimiento de cargas eléctricas por el conductor es lo que llamamos corriente eléctrica.

Si la diferencia de potencial establecida es constante, los electrones, que son cargas que se mueven, lo harán siempre en la misma dirección y se dice que la corriente es **continua**. Este tipo de corriente no es el que se utiliza en las casas y en la industria, donde se usa **corriente alterna**, que resulta de establecer un campo variable alternativamente de positivo a negativo; tiene la ventaja del transporte, etc., que la hacen más recomendable para su uso intensivo.

### 74.2.1. Generadores. La pila.

Los dispositivos que proporcionan una diferencia de potencial duradera se denominan **generadores**. Los generadores de corriente más antiguos conocidos son las **pilas eléctricas**. En ellas hay un polo positivo y otro negativo. Si los unimos por un conductor, el campo que crea el generador moviliza los electrones del metal y se establece una corriente eléctrica continua.

El italiano Alessandro Volta observó que en el contacto de dos metales distintos se genera una diferencia de potencial y construyó, en 1800, un generador formado por discos superpuestos de cobre y de zinc. La denominación de pila, aplicada originariamente debido a la forma de este primer generador, se ha hecho extensiva a todos los aparatos que se utilizan para producir corrientes de una cierta magnitud.

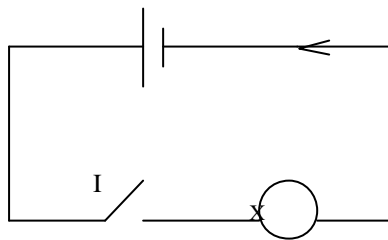
Las pilas actuales, que han sustituido debido a su mayor rendimiento a la estructura ideada por Volta, constan de dos conductores (metales, carbono), inmersos en una solución electrolítica ácida. Por medio de este sistema pueden obtenerse diferencias de potencial de una cierta entidad, que pueden, además, incrementarse uniendo varias pilas en serie (transistores con varias pilas).

Dependiendo de si el electrolito de la pila se encuentra en estado líquido o absorbido por un medio poroso, se diferencian dos clases de pilas:

**Pilas húmedas**, entre las que se encuentra la de Volta, presenta mayor interés histórico que tecnológico ya que, debido a su gran tamaño y complejidad, han sido sustituidas en su práctica totalidad por las **pilas secas**. Los tres tipos de mayor interés, dentro de esta última categoría, son la pila de Leclanché, la alcalina de manganeso y la alcalina de mercurio.

Si el hilo metálico es, por ejemplo, el filamento de una bombilla, el primer efecto que observamos es el desarrollo de luz y calor en la bombilla, lo que demuestra que la corriente eléctrica transporta energía. La energía que porta la corriente la suministra el generador que, por medio de una reacción química, es capaz de elevar las cargas a un determinado potencial. Las cargas caen de potencial por el conductor, liberando en la caída la energía que les suministró el generador, energía que en la bombilla es transformada en calorífica y luminosa, en un motor en mecánica, en un altavoz en sonora, etc.

Por convenio, un **generador** se representa por dos líneas  $\text{||}$ , representando el polo más largo el polo (+) y el corto el (-). Las corrientes se representan saliendo del generador por el polo positivo y entrando por el negativo, aunque hoy sabemos que el flujo de cargas negativas es al contrario. El siguiente circuito representaría un generador, un foco de luz (bombilla) y un interruptor, con la corriente circulando en el según el sentido indicado.



I= Interruptor ; X = Bombilla

### 74.2.2. Intensidad de la corriente eléctrica

La medida de la magnitud de una corriente se hace mediante la Intensidad de una corriente. Es la carga eléctrica que atraviesa la sección del conductor en la unidad de tiempo (1 seg.).

La unidad de intensidad es la unidad fundamental del S. I. de unidades, el **amperio** (A). Esta unidad se define como la intensidad de corriente que transporta un culombio por segundo a través de la sección de un conductor. Se suelen utilizar unidades menores, tales como el miliamperio  $\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$ , y el microamperio,  $\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ .

En un circuito en serie la intensidad de la corriente es la misma en todos los puntos, aunque la sección del conductor no sea constante.

### 74.2.3. Resistencia y resistividad eléctricas

En general, el movimiento de los electrones por el interior del conductor es entorpecido por los átomos del propio metal, los cuales frenan su movimiento, evitando que sea acelerado, a pesar de la fuerza constante del campo eléctrico, igual que sucede con el movimiento de un vehículo que no lleva movimiento uniforme a pesar de la fuerza constante del motor.

Se llama resistencia eléctrica de un conductor a la dificultad que este ofrece al paso de los electrones. El físico inglés Davy (1821) encontró que la resistencia eléctrica de un alambre es directamente proporcional a su longitud (L), e inversamente proporcional a su sección (S). Llamando R a la resistencia eléctrica de un alambre conductor, podemos escribir:

$$R = \sigma \frac{L}{S};$$

$\sigma$  = resistividad o resistencia específica; significa la resistencia eléctrica de un material por unidad de longitud y unidad de sección

La inversa de la resistividad es la **conductividad eléctrica**.

El físico alemán Jorge Simón Ohm, estudiando las corrientes que se producían cuando en los extremos de un conductor se establecían diferentes valores de diferencia de potencial, observó que, para un determinado conductor, había una relación constante entre la diferencia de potencial aplicada y la intensidad de la corriente que recorría el conductor. Dedujo que esa relación constante, característica de cada conductor, era la resistencia. Este hecho se conoce como la ley de Ohm, matemáticamente:

$$R = \frac{V - V'}{I}$$

La unidad de resistencia, en honor de Ohm, se denomina **Ohmio** ( $\Omega$ ). Es el valor de la resistencia que ofrece un conductor al aplicar entre sus extremos una diferencia de potencial de un voltio, estableciéndose una corriente de intensidad igual a un amperio. El ohmio internacional es la resistencia que presenta, a la  $t^\circ$  de  $0^\circ\text{C}$ , una columna de mercurio de  $106'3 \text{ cm}$ . de longitud y de  $1 \text{ mm}^2$  de sección.

De la propia definición de Ohmio internacional, podemos deducir que, la temperatura tiene influencia en el valor de la resistencia de los materiales conductores. La experiencia nos dice que la resistencia eléctrica, por



lo general, crece con la temperatura. De hecho, la ley de dependencia es análoga a la que rige la dilatación de los gases.

Si llamamos  $R_t$  a la resistencia eléctrica de un conductor a  $t$  °C y  $R_0$  a la resistencia a 0 °C, se cumple que:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

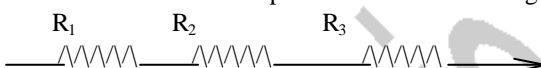
Siendo  $\alpha$  un coeficiente de temperatura, cuyo valor para muchos metales es, aproximadamente, el valor del coeficiente de dilatación de los gases =  $1/273^\circ\text{C} = 0,0036$ .

Esta expresión puede servir para medir temperaturas de forma indirecta, midiendo la resistencia de un conductor a 0°C y a la temperatura  $t$ , que se quiere conocer.

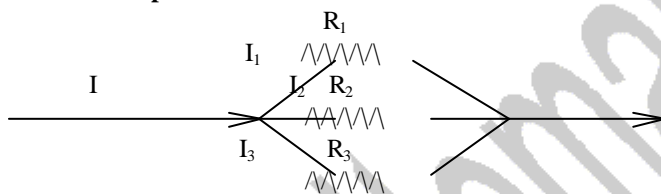
En un intervalo de temperatura de 1 a 2 °K a 15 °K la resistencia de ciertos conductores disminuye hasta casi anularse, dando lugar a los llamados **superconductores**, que pueden mantenerse en funcionamiento durante mucho tiempo sin necesidad de acumuladores o pilas.

## 74.2.4. Resistencia en serie y en paralelo

Dos o más resistencias pueden conectarse entre sí para incrementar su magnitud, utilizando dos sistemas.

**Resistencias en serie**   $R_t = R_1 + R_2 + R_3$

**Resistencia en paralelo:**



En este caso, los extremos de cada resistencia convergen en un solo punto a partir del cual continúa el circuito sobre un solo conductor. La resistencia total para la disposición en paralelo se establece mediante medidas de conductancia, es decir:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Cuando dos resistencias se conectan en paralelo, puede comprobarse que las intensidades de corriente se encuentran en razón inversa de las resistencias:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Los **semiconductores** son una serie de materiales (silicio, germanio, selenio, y óxidos y sulfuros de estos elementos), cuya conductividad, que presenta valores intermedios entre los de los metales y los de los aislantes, se caracterizan por ciertas peculiaridades. El valor de su resistencia depende del sentido de la corriente que los atraviesa. Se supone que además de presentar conducción de electrones, presentan otro tipo de conducción (por agujeros), y desempeñan un papel decisivo en el funcionamiento de los transistores y otras complejas estructuras electrónicas.

Los **Reóstatos** son instrumentos que se utilizan para alterar los valores de resistencia de los conductores ya que, en función de la ley de Ohm, esta modificación induce cambios en la intensidad de la corriente eléctrica. Su aplicación tecnológica, por consiguiente, ofrece notables ventajas al permitir que tengan lugar variaciones de intensidad en los circuitos eléctricos.

## 74.3. Energía de la corriente eléctrica. Efecto Joule

Hemos visto que, cuando una carga atraviesa una diferencia de potencial ( $V-V'$ ), se libera energía, que viene dada por:

$$W = q (V - V')$$

A la capacidad para realizar el trabajo  $W$ , se le llama Energía de la corriente eléctrica. Como la corriente eléctrica se caracteriza por su intensidad, o carga transportada por unidad de tiempo, ( $q$ ) puede obtenerse a partir de  $I$ ,  $q = I \cdot t$ , sustituyendo en la expresión anterior tenemos que:

$$W = I \cdot t \cdot (V - V')$$

La energía de la corriente puede transformarse en otras fuentes de energía y, en cualquier caso, la expresión anterior es igualmente válida.

En el caso más simple, cuando entre los puntos entre los que se establece la diferencia de potencial, sólo hay resistencia eléctrica, que deja pasar la corriente eléctrica, la energía de la corriente eléctrica se transforma íntegramente en calor. Esta transformación de la energía eléctrica en calor se llama **efecto Joule**. Aplicando la ley de Ohm ( $V - V' = I \cdot R$ ), y sustituyendo en la anterior:

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Según esta expresión, el calor desarrollado por la corriente eléctrica con una resistencia eléctrica es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad.

Si se quiere expresar el calor en calorías, hay que multiplicar la expresión por el factor de conversión del Julio en calorías (0'24), entonces

$$Q = 0'24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \quad (\text{calorías})$$

En los dispositivos eléctricos que consumen energía eléctrica, es usual que éstos lleven una indicación de la energía que son capaces de consumir por unidad de tiempo. A esa magnitud se le llama potencia eléctrica:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{(V - V') \cdot I \cdot t}{t} = (V - V') \cdot I \quad \text{vatios (w)}$$

La energía total consumida por un aparato se calcula multiplicando la potencia por el tiempo que está conectado.  $W = P \cdot t$

El efecto Joule es muy aplicado en aparatos electrodomésticos, buen ejemplo de ello son las calefacciones y calentadores de agua. Utilizando resistencias eléctricas no muy grandes (entre 10 y 100  $\Omega$ ), que dejan pasar grandes intensidades, se producen potencias entre 500 y 5000 w.

La iluminación eléctrica por incandescencia también es una aplicación del efecto Joule. Se basa en calentar un filamento metálico al rojo blanco, a  $t^\circ$  del orden de 2500  $^\circ\text{C}$ . El filamento, normalmente, wolframio, de alto punto de fusión, está encerrado en una ampolla en la que se ha hecho el vacío o se encuentra una atmósfera inerte de nitrógeno o argón, para evitar la oxidación del metal a esa temperatura y la consiguiente rotura del filamento. Casi toda la energía consumida por la bombilla es transformada en calor, sólo una pequeña fracción (un 8 %), es transformada en energía luminosa.

Cuando el receptor del circuito es un motor de cualquier tipo, la energía transformada toma forma de trabajo mecánico.

Las unidades más importantes en electricidad son:

<b>Carga eléctrica</b>	<b>Culombio = <math>3 \cdot 10^9</math> u.e.e.</b>
<b>Potencial eléctrico</b>	<b>Voltio = J/C</b>



Capacidad eléctrica	Faradio = C/V	$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S/d$
Intensidad eléctrica	Amperio = C/seg	
Resistencia eléctrica	Ohmio = Voltio/amperio	

## 74.4. Electromagnetismo

El primero que se dio cuenta que las corrientes eléctricas interactuaban con los campos magnéticos fue Cristian Oersted, en 1820.

El experimento de Oersted es muy fácil de realizar porque sólo se necesita una pila, una brújula y un trozo de hilo conductor. Se coloca la brújula sobre la mesa, se tiende el hilo sobre ella, paralelo a la aguja imantada. Se conectan los cables a los polos de una pila, e inmediatamente se observa la desviación de la aguja de la brújula.

La conclusión inmediata de este experimento es que una corriente eléctrica se comporta para la brújula como lo hace un imán, y por ello, podemos decir que las corrientes eléctricas crean **campos magnéticos**. El experimento de Oersted da lugar al **electromagnetismo**, o conexión de dos ramas de la Física, hasta entonces separadas, el magnetismo y la electricidad.

La aguja de la brújula no se desvía de cualquier manera. El sentido de desviación viene marcado por la **regla de la mano derecha**: situando la mano derecha sobre el conductor que está encima de la brújula, de modo que el sentido de la corriente vaya desde la muñeca a la punta de los dedos, la desviación del polo N de la brújula será en el sentido del dedo pulgar extendido. Si el hilo conductor se coloca debajo de la brújula, ésta se desvía en sentido contrario.

La experimentación demuestra que la desviación de la brújula aumenta con la intensidad de la corriente y disminuye cuando aumenta la distancia del conductor a la brújula.

No es necesario que el conductor tenga forma recta. Cualquiera que sea su forma engendra un campo magnético. El campo magnético creado por las corrientes eléctricas tiene la propiedad de "imantar" de forma temporal los objetos de hierro dulce que se colocan en el interior y de una forma permanente a los objetos de acero.

Otra forma de plantear la regla de la mano derecha es la siguiente: Rodeando, supuestamente, con la mano derecha el hilo por el que circula una corriente, con el dedo pulgar apuntando en el sentido en el que circula la intensidad de la corriente, los demás dedos nos indican la dirección y sentido del campo magnético creado por dicha corriente.

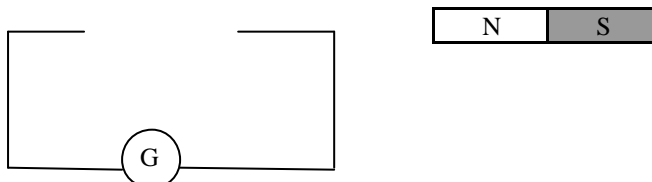
Los fenómenos magnéticos eran conocidos desde antiguo. Se sabía que la magnetita, un mineral de hierro, tenía la capacidad de atraer a los objetos de hierro. Es desde el descubrimiento de Oersted cuando se van estrechando las relaciones entre el magnetismo y la electricidad. Ampère, a mediados del siglo XIX establece la hipótesis de que las corrientes internas de los átomos de hierro son las responsables de los fenómenos magnéticos. Si estas corrientes se ordenan bajo una acción exterior, que las oriente, entonces aparece el magnetismo.

Las hipótesis de Ampère se han mostrado ciertas, se acepta que las corrientes electrónicas del interior de los átomos son las responsables del magnetismo. Aunque en tiempos de Ampère no se sabía como estaban constituidos los átomos, hoy sabemos que los electrones, cargas eléctricas, describen trayectorias alrededor del núcleo y, aunque pequeños, estas cargas generan campos magnéticos, pues las cargas eléctricas en movimiento son corrientes eléctricas.

En el hierro sin imantar, las órbitas electrónicas están colocadas al azar y los campos creados por unas son neutralizados por las otras, pero en el hierro imantado, gran parte de las órbitas se orientan paralelamente, de modo que los campos magnéticos son coincidentes y, entonces, aparece un campo magnético observable. Como resumen, se puede afirmar : "**los campos magnéticos son producidos por las cargas eléctricas en movimiento**".

## 74.5. Inducción electromagnética. Experimento de Faraday y Henry

Hacia 1831, Faraday en Inglaterra y Henry en E.E. U.U., realizaron una serie de experimentos muy sencillos. Uno de ellos consistía en acercar y retirar un imán a una bobina o solenoide que estaba conectada a un Galvanómetro (aparato que mide pequeñas corrientes).



Cuando el imán y la bobina están en reposo, uno respecto del otro, el galvanómetro no detecta paso de corriente. Al acercar el imán a la bobina, el galvanómetro acusa el paso de la corriente eléctrica. Este fenómeno tiene lugar mientras el imán y la bobina están en movimiento relativo. Al alejar el imán, el galvanómetro acusa de nuevo el paso de la corriente, pero ahora en sentido contrario al caso anterior. Si se invierten los polos del imán se invierte el sentido de la corriente que circula por la bobina.

Parece como si el movimiento del imán fuese el responsable de la corriente. Es por ello por lo que recibió el nombre de **corriente inducida**.

Si repite el experimento con el imán en reposo y movemos la bobina, los resultados son análogos. La corriente inducida se debe al movimiento relativo entre el imán y la bobina, no tiene importancia cuál de ellos es el que se mueve.

Los efectos que se producen en las masas magnéticas dependen, en cierta medida, del entorno material. Un campo magnético puede estudiarse sobre una carga móvil (q), sobre la que el campo ejerce una fuerza (F) que depende de la velocidad de la carga y de la inducción magnética (B).

Así pues, la inducción magnética puede definirse como la fuerza por unidad de carga que se desplaza en un punto con dirección perpendicular al campo y a la fuerza con velocidad unitaria. Se suele utilizar como unidad, en el sistema electromagnético, el gauss.

Faraday y Henry extrajeron consecuencias que fueron cruciales para la comprensión del electromagnetismo.

En primer lugar había que encontrar un factor común en los experimentos descritos. Parece ser que el factor común es el **campo magnético variable**, ya que debido al movimiento relativo del imán, el campo magnético en un punto del espacio varía. Por otra parte cuando se mueve la bobina no se produce cambio en el campo magnético, luego hay que pensar en otro factor que influya en la aparición de corrientes inducidas.

La observación importante que hicieron Faraday y Henry es que, en todos los casos, el hecho común relevante era, que en la inducción magnética, la variación de flujo magnético a través de la superficie de la bobina.

Se define **flujo magnético** como el producto escalar del vector campo magnético (vector inducción B) por el vector que representa a la superficie (S):

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

$\alpha$  = ángulo que forma la normal a la superficie con la dirección del vector inducción (B).

En el S. I. la unidad de flujo es el weber, la equivalente en el sistema electromagnético es el maxwell.

1 weber = 1 Tesla/m<sup>2</sup> ; 1 weber = 10<sup>4</sup> gauss/m<sup>2</sup>; 1 weber = 10<sup>8</sup> maxwell

En los experimentos aparecen las corrientes cuando varía el flujo magnético que atraviesa la bobina. Así mismo, el valor de la intensidad de la corriente aumenta cuando aumenta la rapidez de la variación de flujo (cuanto mayor sea la rapidez del movimiento relativo imán-bobina).

Las corrientes inducidas pueden ser caracterizadas por la **fuerza electromotriz**, que en este caso recibe el nombre de **f.e.m. inducida**. Los imanes o bobinas que son capaces de generar una f.e.m. inducida se denominan inductores o primarios, mientras que los circuitos sobre los que se inducen las corrientes se designan como inducidos o secundarios.

La **ley de Faraday-Henry** dice: "La fuerza electromotriz inducida en un circuito es igual y opuesta a la rapidez con que varía el flujo magnético que atraviesa el circuito".

$$\mathcal{E} = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Siendo N = el número de espiras del circuito. La unidad de  $\mathcal{E}$ , cuando  $\Phi$  se mide en weber/s, es el voltio.

Aunque fue Faraday quien introdujo el signo negativo al formular esta ley, fue Lenz el que de forma precisa le dio significado, el sentido en que circula la corriente inducida.

La ley de Lenz dice: El sentido de la corriente inducida es tal, que se opone a la causa que la produce.

Al acercar el imán a la bobina, el flujo a través de ésta aumenta, ya que el campo magnético dentro de la bobina se va haciendo mayor conforme se reduce la distancia imán-bobina. El sentido de la corriente ha de ser tal que, con los efectos magnéticos que crea la corriente inducida contrarreste el aumento de flujo magnético que se produce al acercar el imán. Al alejar el imán sucede lo contrario.

En realidad la ley de Lenz no es más que otra forma del principio de la conservación de la energía. Las cosas suceden de modo que, para acercar el imán a la bobina tenemos que realizar un trabajo. Este trabajo es el que se convierte en energía eléctrica. Cuanto mayor sea el trabajo que realicemos, mayor será la energía eléctrica producida en forma de corriente.

### 74.5.1. Producción de corrientes inducidas

Hemos visto que la variación de flujo magnético en un circuito genera corrientes inducidas. Esta variación de flujo puede estar motivada tanto por la variación del campo magnético como por cualquier variación en la disposición del circuito. Matemáticamente, podemos escribir:

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(\vec{B} \cdot \vec{S})}{dt} = \frac{d(B \cdot S \cdot \cos \alpha)}{dt}$$

Si tenemos un dispositivo que consista en una espira que gire con velocidad angular constante ( $\omega$ ), en un campo magnético constante. Podemos sustituir el valor de  $\alpha$  por el de  $\omega t$ , en el que  $\omega$  es la pulsación, es decir, el número de radianes descrito por la espira en un segundo.

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(\vec{B} \cdot \vec{S})}{dt} = \frac{d(B \cdot S \cdot \cos \omega t)}{dt} = B \cdot S \cdot \sin \omega t$$

Como B, S y  $\omega$  son constantes, tenemos que  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$ , donde  $\mathcal{E}_0 = B \cdot S \cdot \omega$ , y la corriente inducida tiene las siguientes características:

a) Su valor varía con el tiempo.  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$

b) El valor varía periódicamente. El periodo es  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  y la frecuencia  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ .

- c) El valor máximo de la f.e.m. inducida es  $\varepsilon_0 = B.S.w$ , directamente proporcional a la velocidad angular de giro.
- d) El signo de la f.e.m. varía a lo largo del periodo  $2\pi$  veces por segundo. Ya que el signo de la f.e.m. varía dos veces a lo largo del periodo.

Esta última propiedad es la que hace que a estas corrientes se les llame **alternas**. La corriente generada por las pilas presenta intensidad uniforme y fluye a través del circuito siempre con el mismo sentido. La corriente alterna, por el contrario, no mantiene su intensidad constante e invierte el sentido en el cual recorre el circuito, a intervalos regulares de tiempo.

Si estudiamos energéticamente el proceso, observamos que la energía cinética de la rotación de la espira se transforma en energía eléctrica. La corriente eléctrica que llega a las casas es corriente alterna. Las centrales eléctricas basan su funcionamiento en que utilizando, generalmente agua o vapor de agua, se ponen en movimiento grandes bobinas en el interior de campos magnéticos intensos, generando así electricidad.

Los **alternadores** son espiras que, al girar, producen corriente alterna. Los **dinamos** producen corriente continua.

Desde el punto de vista del comportamiento térmico, en la corriente alterna se verifica el efecto Joule, por lo que puede ser utilizada tanto en iluminación como en termorregulación.

## 74.6. La energía eléctrica: una forma privilegiada de energía

La energía eléctrica, es una forma de energía privilegiada, en el sentido de que es fácil de obtenerla a partir de otras formas, energía potencial en saltos de agua o presas, de la energía calorífica producida por la combustión del petróleo, carbón u otras fuentes energéticas combustibles, calentando agua con el calor de la combustión se obtienen vapor que, a presión, es capaz de mover turbinas a las que se acoplan bobinas móviles, etc.

Por otra parte, la energía eléctrica puede convertirse en otras formas de energía con rendimientos que rozan el 100 %. Puede convertirse en calor en resistencias por el efecto Joule, se puede convertir en energía mecánica en los motores eléctricos, en energía luminosa por diferentes procedimientos, etc.

Además de todas estas propiedades, puede transportarse, de manera sencilla, sin grandes pérdidas ni costes, a largas distancias, lo que hace rentable producirla donde se disponga de las fuentes energéticas adecuadas y consumirla a grandes distancias.

Por último, la energía eléctrica que se utiliza es una energía limpia, no produce ningún tipo de contaminación, por sí misma, aunque sí la puede producir ciertos métodos de producirla.

### 74.6.1. Evolución de las necesidades energéticas de la sociedad. Energías alternativas

La revolución industrial del siglo pasado supuso un salto cualitativo en la estructura de la sociedad, en los modos de vivir de las personas, en la civilización occidental.

La incorporación de la máquina de vapor a los procesos productivos y la fabricación de éstas en las grandes acerías elevó la demanda energética de la sociedad para construir máquinas y hacerlas funcionar. Esta demanda se satisfizo con el carbón.

La invención del motor de explosión y su aplicación en la automoción fue desviando la demanda energética, de forma creciente hacia el petróleo y sus derivados. El aumento progresivo de la producción

industrial aumentó la demanda energética que fundamentalmente estaba cubierta por los combustibles fósiles.

Sólo una pequeña porción de la energía consumida era energía eléctrica, fundamentalmente para iluminación. La fabricación de grandes motores eléctricos y de electrodomésticos, fue desplazando el consumo doméstico hacia la electricidad, de tal forma que no podríamos concebir nuestra civilización sin la electricidad en todas sus formas. Actualmente más del 60 % de la energía final que se utiliza es eléctrica, y posiblemente seguirá aumentando.

En España, actualmente, la producción de energía eléctrica tiene fundamentalmente tres orígenes: hidráulico (12 %), nuclear (15 %), el resto es de origen térmico, bien de carbón, lignito o fueles y naftas de petróleo, lo que provoca una gran dependencia energética para nuestro país, pues tenemos que importar casi el 60 % de la energía que se consume, al carecer de yacimientos petrolíferos.

### 74.6.2. Energías hidroeléctrica

Es la que se obtiene a partir de las corrientes de agua. Este tipo se refiere prácticamente al movimiento del agua dulce, pues a pesar de existir corrientes muy importantes de agua salada en el seno de los océanos, su aprovechamiento no pasa en la actualidad de ser pura teoría.

El mayor aprovechamiento de esta energía se realiza en saltos de agua de las presas de grandes pantanos. Se puede considerar que únicamente un 6,5 % del total se produce en pequeñas presas locales.

Es la forma de energía más aprovechada en todo el mundo, sobre todo en los países industrializados y casi se puede afirmar que dentro de las posibilidades técnicas actuales su aprovechamiento está al límite. Es previsible que sólo las mejoras técnicas puedan aumentar su aprovechamiento, lo que supondría un incremento de un 3 o un 4 % sobre el total de energía hidráulica producida en los países avanzados.

### 74.6.3. Energía nuclear

Para analizar este tipo de recursos hay que distinguir entre los dos procesos, fisión y fusión, que se basan en las propiedades del núcleo del átomo para liberar cantidades muy elevadas de energía. El consumo de energía nuclear ha variado mucho según los diferentes Planes Energéticos Nacionales (PEN); actualmente es de un 15 %, aunque ha habido épocas en que ha llegado a ser del 30 %, sobre todo tras la gran crisis del petróleo del año 1973, en que hubo un gran impulso constructor de centrales nucleares, hoy en moratoria.

#### Energía de fisión.

Se produce cuando un neutrón incide sobre el núcleo de determinadas sustancias; este núcleo se divide o escinde en dos nuevos núcleos, menores que el inicial. En la reacción de fisión no se conservan las masas, ya que la suma de las de los dos núcleos nuevos es menor que la masa del núcleo inicial. Esto se debe a que la masa desaparecida se ha liberado en este proceso en forma de energía. Además de los dos nuevos núcleos obtenidos se obtienen neutrones. Si estos son absorbidos por un elemento moderador, se produce la reacción controlada (Reactor nuclear); por contra si los neutrones liberados, cuyo número es diferente según el tiempo de reacción, inciden sobre nuevos núcleos, se produce una reacción de fisión incontrolada (Bomba atómica).

La energía que se libera es enorme. Suponiendo que tuviéramos un gramo de  $U^{235}$  la energía que liberaría, sería equivalente a la de 33 Tm. de carbón de la más alta calidad o 23 Tm. de petróleo. En el núcleo de cualquier reactor existen dos clases de isótopos pesados: el isótopo fisionable ( $U^{235}$ ) y el isótopo fértil. El fisionable es sobre el que se producen las reacciones nucleares y a partir del cual se libera energía, que aparece en forma de calor. El isótopo fértil no interviene prácticamente en la reacción nuclear pero absorbe neutrones procedentes de ella, se transmuta convirtiéndose en un nuevo isótopo (normalmente Plutonio). El combustible del reactor es Uranio enriquecido ( $U^{238}$  con un 2,5-3,5 % de  $U^{235}$ ).

En los residuos de un reactor nuclear queda: 0.7-1 % de  $U^{235}$ , con el cual el reactor no funciona, un 90 % de  $U^{238}$ , entre 0,5-1 % de  $Pt^{239}$  y  $Pt^{240}$  y además residuos altamente radiactivos, como  $Cs^{137}$  y  $Sr^{90}$ , de vidas medias del orden de 30 años, frente a los 24.000 del Plutonio.



Preveiendo la escasez de Uranio se han desarrollado los reactores reproductores. Funcionan con  $\text{Pt}^{239}$  como isótopo fisionable y  $\text{U}^{238}$  como fértil. Los neutrones son captados por el Uranio dando Plutonio que a su vez puede servir de combustible.

### **Energía de fusión.**

Se produce cuando al fundirse dos núcleos ligeros se origina un núcleo pesado, desapareciendo parte de la masa del sistema, que se libera en forma de energía. Para que esto se realice hace falta disponer de temperaturas muy elevadas, del orden de millones de grados. El elemento ideal como combustible es el Hidrógeno, de forma similar a como se realiza en las estrellas y en nuestro imprescindible Sol. Se utilizan las llamadas "botellas magnéticas" para encerrar el H, y elevarlo a  $t^\circ$  de  $10^8$   $^\circ\text{C}$ , para que choquen entre sí. La fusión más factible es la del Deuterio y el Tritio. Libera cuatro veces más energía que el proceso de fisión, y sus residuos radiactivos tienen un nivel de peligrosidad muy pequeño, y una vida media muy baja. El reactor, además, no puede estallar como el de fisión, si algo falla, lo único que ocurriría sería una parada instantánea.

Tanto en el proceso de fisión como el de fusión la forma de aprovechamiento de la energía es similar: se libera energía en forma de calor y este calor produce vapor que, en los casos más simples, pone en movimiento una turbina que, a su vez, hace girar un alternador produciendo esta energía eléctrica. Obviamente las reservas en el área de la energía de fusión son increíblemente elevadas; es posiblemente la energía del futuro.

## **74.6.4. Otras fuentes de energía alternativas:**

La conciencia ecológica que se ha creado en las sociedades avanzadas, consecuencia de la elevación del nivel cultural de las poblaciones, ha presionado a los gobiernos para que se investiguen y pongan en funcionamiento fuentes energéticas menos contaminantes que las que actualmente se utilizan, evitando con ello el impacto negativo que tienen sobre la Naturaleza y, en última instancia, sobre la supervivencia de la propia especie humana.

En general se encuentran en estado de investigación, no muy desarrollada y, a veces, muy limitadas en su uso por la difícil localización o escasez de energía aprovechable.

### **A) ENERGÍA SOLAR**

De todas las formas posibles de aprovechamiento de la energía solar, las más rentables, y que se han desarrollado industrialmente son: las centrales solares, las células fotosolares y los paneles solares.

Las **centrales solares** transforman la energía solar en eléctrica. Concentran la radiación mediante espejos, sobre una caldera de agua, produciendo vapor que pasa a través de una turbina, que mueve a su vez a un alternador generándose corriente eléctrica. Este procedimiento permitió el desarrollo de los hornos solares (Francia 1950) y de las centrales solares (Japón 1963). Este tipo de centrales tienen en la actualidad un rendimiento próximo al 40 % de la energía solar total que recogen, siendo sus inconvenientes el deterioro estético y su tamaño limitado (solo permiten abastecer a poblaciones de cinco o seis mil habitantes). Deben funcionar conectadas a la red tradicional para garantizar el suministro nocturno).

**Células solares:** Están formadas por sustancias semiconductoras que transforman la luz solar en electricidad. Existen varias clases: sulfuro de cadmio y cobre, de galio, de silicio..., siendo esta la de mayor porvenir. Estas células están formadas por monocristales de silicio cortados en pequeñas pastillas; al llegar la radiación solar a su superficie se produce un movimiento de electrones en su interior, apareciendo entre sus extremos una diferencia de potencial, lo que les convierte en una pequeña pila o generador de corriente eléctrica.

A pesar de su alto costo este procedimiento es insustituible en muchos casos; se ha utilizado como generador de electricidad en satélites artificiales y cápsulas espaciales, para boyas eléctricas en alta mar, etc. La electricidad producida por las células está supeditada al Sol, por lo que este proceso necesita una forma de almacenamiento, por medio de baterías o produciendo con ella descomposición electrolítica del agua, obteniéndose y almacenándose Hidrógeno, que a su vez es un combustible ideal por su alto poder calorífico y por no dejar residuos contaminantes.



**Paneles solares:** Este sistema se basa en que al llegar los rayos solares al tubo o tubos, pintados de negro para que tengan mayor poder absorbente, se calienta el agua que circula por ellos. Su funcionamiento se debe al "efecto invernadero". El vidrio deja pasar las ondas que llegan del Sol pero impide el paso de las que emite el tubo, por ser estas de mayor longitud de onda que las primeras. La energía calorífica queda dentro del colector produciendo la elevación de temperatura del agua que circula dentro del tubo del panel solar. Se absorbe así el 90 % de la radiación incidente, alcanzando el agua temperaturas de 70-80 °C. Se utiliza para producir agua caliente y para calefacción y necesita de un sistema complementario de zonas de almacenamiento.

Realmente la energía solar en cualquiera de sus formas de aprovechamiento, está muy poco extendida en el mundo, predominando su uso para la climatización de edificios, a pesar de ser un tipo de energía cuya contaminación es mínima, la única inmediata es la estética.

#### **B) ENERGÍA DEL OLEAJE Y DE LAS MAREAS:**

Para captar el oleaje se han hecho diferentes instalaciones, basándose generalmente en el desnivel que adquiere un cuerpo flotante con el movimiento de las olas, aunque no han pasado de ser instalaciones teóricas o experimentales.

El aprovechamiento de las mareas es una realidad, ya que se obtienen actualmente cantidades significativas de energía por este procedimiento (Central del río Rance en Francia, con mareas de 8 m.). El sistema consiste en una serie de compuertas que cierran la bahía. Al subir la marea el agua penetra a través de las compuertas, moviendo a su paso alternadores que generan electricidad. Al bajar la marea se cierran las compuertas, se almacena el agua en la bahía, de forma parecida a un embalse de agua dulce. Al soltar el agua, fluye a través de las compuertas, poniendo otra vez en movimiento los alternadores.

En el mejor de los casos este sistema no garantiza más del 10 % de las necesidades energéticas, lo que obliga a encontrar otras fuentes. No produce ningún tipo de contaminación, salvo la estética y en menor grado la ecológica, ya que afectaría a los ecosistemas de las bahías convertidos en recintos semicerrados.

#### **C) ENERGÍA EÓLICA**

Es uno de los sistemas más antiguos (extracción de agua de pozos, molinos para moler, etc.). Los inconvenientes son: su intermitencia y los graves daños en las instalaciones que provoca un incremento excesivo de la velocidad del viento. Como contrapartida tiene la sencillez de su mecanismo, reducido a una torre con aspas y un elemento transmisor del movimiento de estas. Su contaminación es nula. El inconveniente de su intermitencia se elimina utilizando esta energía para producir electricidad, que se puede almacenar en baterías, o emplearla para descomponer agua, produciendo hidrógeno que a su vez servirá de combustible. La investigación se orienta en buscar rotores que no se vean afectados por el incremento excesivo de la velocidad del viento.

En España hay varias instalaciones en funcionamiento comercial, aunque sus costes no las hacen muy rentables, dos de ellas están localizadas en Tarifa y en Finisterre.

#### **D) ENERGÍA GEOTÉRMICA**

Consiste en la utilización, para calefacción, del agua de la capa freática que, en muchos puntos, se encuentra a  $t^{\circ}$  entre 50-90 °C. Estadísticamente se puede aceptar que cada punto puede abastecer a unas 2000 viviendas, siendo su duración entre 20 y 50 años, según la importancia de la zona explotada. El proceso sería extraer agua a temperatura elevada, utilizarla para la calefacción de las viviendas y volverla a inyectar, a temperatura menor, a una distancia suficiente, para que su retorno a la capa caliente sea mínimo. Este sistema se podría completar con el llamado sistema heliogeotérmico, que consiste en calentar masas de agua con energía solar, durante los meses cálidos, e inyectarla a unos 90 °C en una capa interna de la tierra. Al extraerla, el agua se recupera hasta con un 80 % de la energía total inicial, y a una  $t^{\circ}$  próxima a los 70 °C.

#### **E) ENERGÍA DEL GRADIENTE TÉRMICO DE LOS MARES**

En los mares cálidos existe una diferencia de  $t^{\circ}$ , entre la superficie y a unos 4000 de profundidad, del orden de 20 °C. Estas centrales funcionarían evaporando a baja presión una sustancia, como el propano líquido o

el amoníaco, calentándola con el agua más cálida. El gas obtenido movería una turbina y ésta un alternador, produciendo energía eléctrica, volviendo el vapor a condensarse al refrigerarlo con el agua fría de la parte inferior del mar. Pese al bajo rendimiento de este sistema, esto carece de importancia en el proceso total, ya que la energía calorífica o térmica del mar es prácticamente inagotable.

#### **E) ENERGÍA DE LAS BIOMASAS**

En este tipo de energía se hallan comprendidas todas aquellas de origen vegetal y que se obtienen, o se pueden obtener, por los procesos naturales que se producen en la Tierra desde el inicio de la vida.

Alcohol utilizado como combustible (Brasil). Metano, para combustibles, obtenido de fermentaciones anaerobias (muy utilizado en Chile y China). Aprovechamiento de basuras a base de fermentaciones, aprovechamiento de algas...De la planta Euphorbia Lathiris se extrae un hidrocarburo ligero (Europa, USA, Israel). se cultiva en zonas árida y su costo por barril de petróleo producido sería más barato que el petróleo fósil; en una superficie de 4.000 m<sup>2</sup> se obtienen entre 10 y 20 barriles, aunque se están haciendo trabajos genéticos para aumentar su rendimiento.

#### **F) CÉLULA DE COMBUSTIBLE**

Produce electricidad de forma directa a partir del combustible y sin dejar residuos contaminantes. Consta de dos polos, al que se le suministra Hidrógeno al negativo y Oxígeno al positivo. Pasan electrones del negativo al positivo, generándose una diferencia de potencial entre ambos y comportándose el sistema como un generador de corriente continua; siendo el voltaje real, que produce este tipo de célula, del orden de 0,8 voltios. No contamina y no precisa de tendido eléctrico de transporte, ya que en cada zona puede situarse un generador, funcionando independientemente de los demás. Sigue siendo un sistema muy caro y sólo su lanzamiento industrial puede rebajar costos a unos límites más realistas.

#### **G) ENERGÍA CAPTADA DEL ESPACIO EXTERIOR**

Se trata de centrales de captación de energía solar fuera de la atmósfera. Esta central recibiría una energía quince veces superior a la situada en la superficie ya que durante las 24 horas estaría radiación solar, no le afectarían las nubes, y no sufriría una variación tan enorme de la inclinación de los rayos solares como sucede en la superficie de la Tierra. Una vez captada la energía sería emitida a la Tierra por medio de microondas y recogida por una antena adecuada que la distribuiría a la zona consumidora.