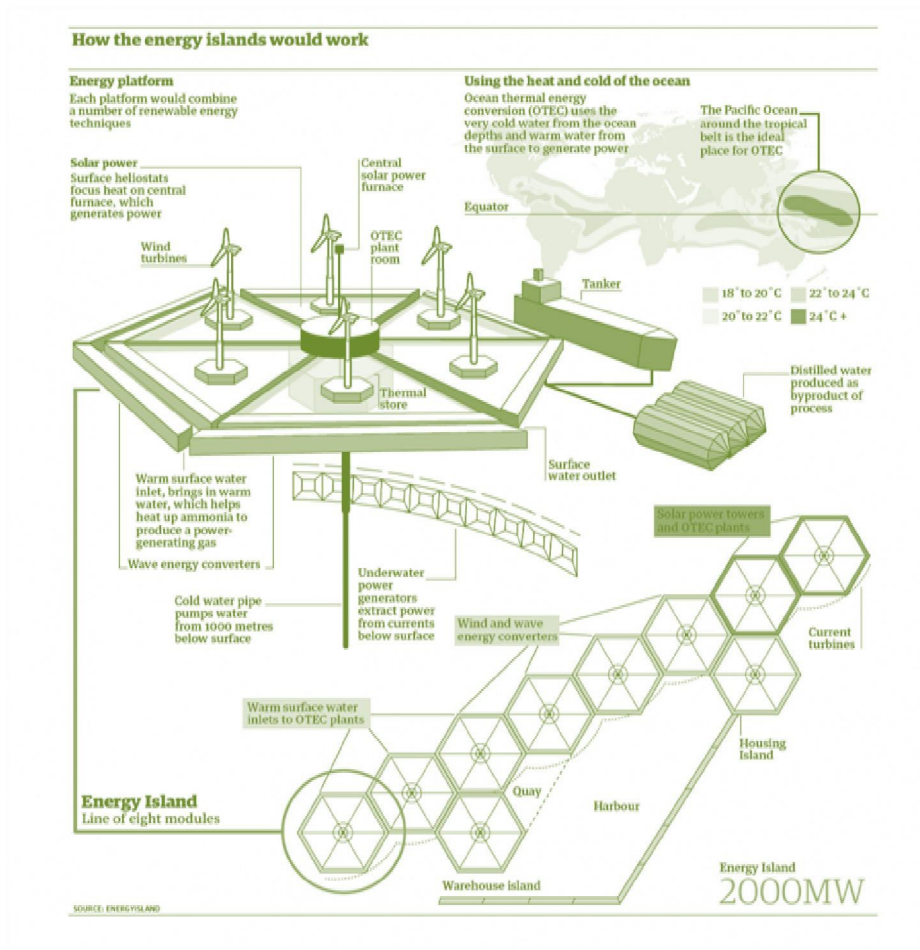


## Apuntes. Fuentes de energía renovables.

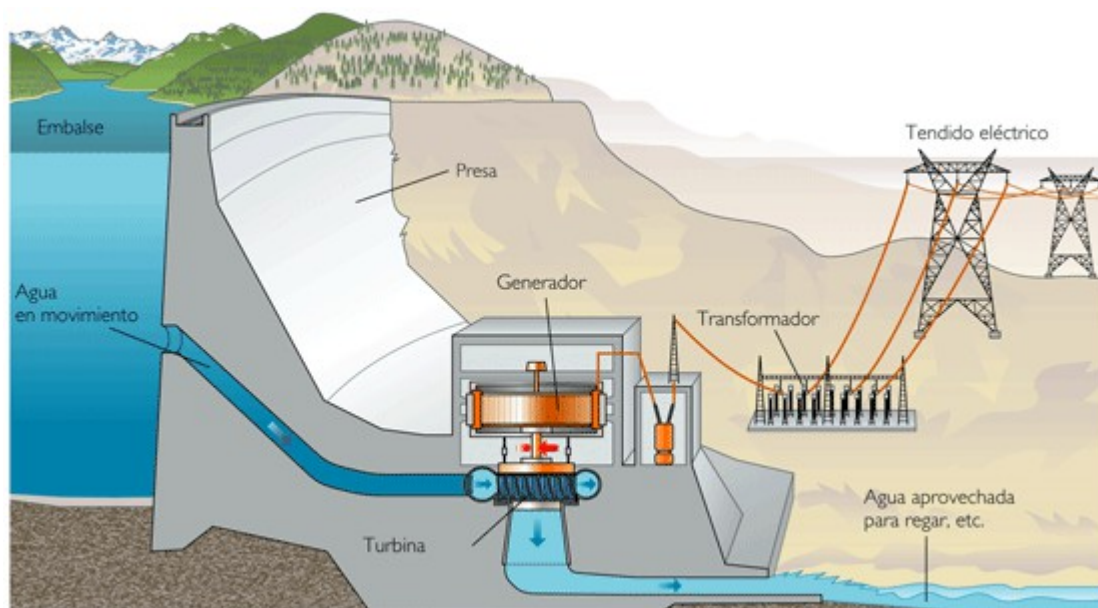
1. Centrales hidroeléctricas.
2. Centrales solares térmicas.
3. Centrales solares fotovoltaicas.
4. Centrales eólicas.
5. Centrales mareomotrices.
6. Biomasa.
7. Energía geotérmica.



## 1. Centrales hidroeléctricas

Una masa de agua situada a una determinada altura posee una energía potencial igual al producto de  $m g h$ , que se transforma en energía cinética al dejarla caer libremente ( $1/2 m v^2$ ). Pues bien, se entiende como energía hidráulica la energía asociada a las corrientes o saltos de agua, siendo las centrales hidroeléctricas las encargadas de aprovechar esta energía y transformarla en energía eléctrica.

El agua de un embalse cae y empuja unas turbinas acopladas a un generador, que está conectado a un transformador donde se modifican las características de la corriente eléctrica para distribuirla por los tendidos eléctricos.



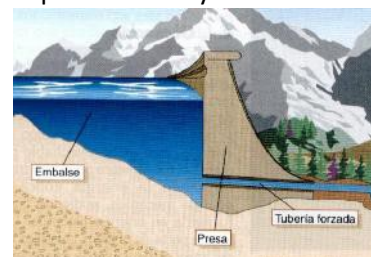
### ELEMENTOS DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

#### 1. Embalse

Un embalse es el lugar donde se almacena el agua, y consta de la presa y los desagües.

**a) Presa.** Es una barrera interpuesta en el cauce de un río para retener y almacenar su agua, elevando el nivel considerablemente y regulando el caudal de salida.

**b) Desagües.** Son aperturas dispuestas en la pared principal de la presa a través de las cuales se controla la salida del agua. Existen tres tipos de desagües: de superficie, de medio fondo y de fondo.



## 2. Tuberías de conexión

Desde las tomas de agua se conduce el agua de la presa hasta estas tuberías de conexión que se encargan de llevar el agua hacia las turbinas.

Están construidas con materiales de gran resistencia como acero, fundición, fibrocemento o plástico reforzado con fibra de vidrio. El diámetro y grosor de las tuberías dependen del caudal de la presa. Pueden ser aéreas o subterráneas.

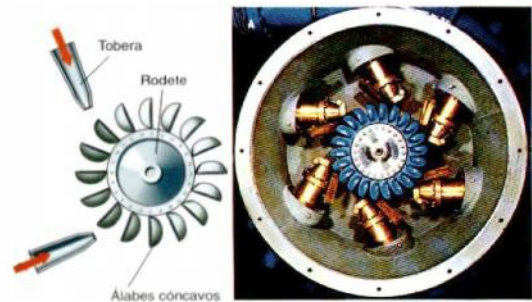
## 3. Planta transformadora

Son las instalaciones donde se transforma la energía cinética del agua en energía eléctrica. Las partes que componen una planta transformadora son los elementos de cierre y reguladores y las turbinas.

**Elementos de cierre y reguladores.** Son los encargados de impedir o regular la entrada del agua en la planta.

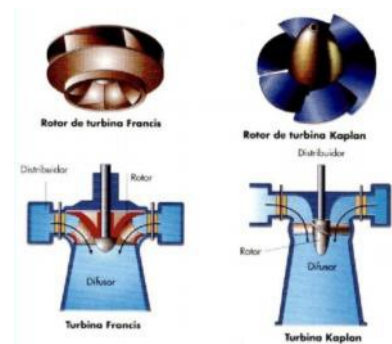
**Turbinas.** Los dos tipos más habituales de turbinas hidráulicas son las de acción y las de reacción.

**Turbinas de acción.** Para hacer girar las aspas se aprovecha sólo la velocidad del agua. La más usada es la turbina Pelton, en la que el agua que empuja los álabes es impulsada por inyectores que regulan el caudal, y se emplea para centrales de pequeño caudal y con un gran salto de agua. Tiene la característica de que admite una amplia variación de caudal, y, en caso de parada, cuenta con un deflector de chorro, mecanismo que dirige el agua directamente al desagüe evitando una sobrepresión en la tubería.



**Turbinas de reacción.** En estas turbinas el movimiento de los álabes es provocado tanto por la velocidad como por la presión del agua.

Existen distintos tipos de turbina de reacción: turbina Francis de hélice, Kaplan, etc.



## 4. Generador y elementos anexos.

Los elementos anexos o complementarios son los elementos necesarios para controlar el proceso de generación de corriente eléctrica y regularlo.

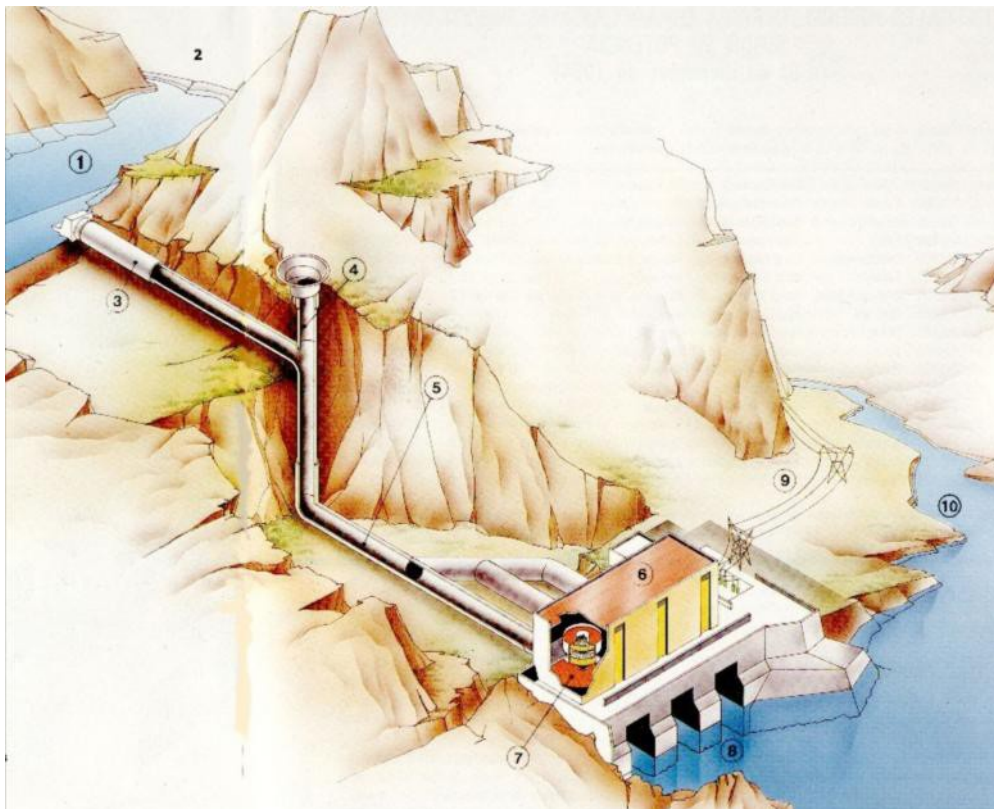
## CENTRALES DE BOMBEO

Las centrales de bombeo son un tipo especial de centrales hidroeléctricas que posibilitan un empleo más racional de los recursos hidráulicos.

Disponen de dos embalses situados a diferente nivel. Cuando la demanda de energía eléctrica alcanza su máximo nivel durante el día, las centrales de bombeo funcionan como una central convencional generando energía.

Al caer el agua, almacenada en el embalse superior, hace girar el rodete de la turbina asociada a un alternador.

Después el agua queda almacenada en el embalse inferior. Disponen de dos embalses situados a diferente nivel. Durante las horas del día en la que la demanda de energía es menor el agua es bombeada al embalse superior para que pueda hacer el ciclo productivo nuevamente. Para ello la central dispone de grupos de motores-bomba o, alternativamente, sus turbinas son reversibles de manera que puedan funcionar como bombas y los alternadores como motores.



1. Embalse superior, 2. Presa, 3. Galería de conducción, 4-5. Tubería forzada, 6. Central, 7. Turbinas y generadores, 8. Desagües, 9. Líneas de transporte de energía eléctrica, 10. Embalse inferior o río

## Impacto ambiental

Instalación	Impacto atmosférico	Impacto acuático	Impacto terrestre
<b>Central hidroeléctrica</b>	Limpia.	Problemas ecológicos en los ecosistemas acuáticos por interrupción del curso del río y generación de microclimas.	Inundación de terrenos fértiles y zonas habitadas.

## 2. Central térmica solar

La energía solar se trata de una fuente de energía limpia, inagotable y gratuita y, en mayor o menor medida, disponible todos los días del año, con las limitaciones atmosféricas propias de la temporada o situación geográfica. Aparte de estas características, permite, mediante la concentración de las radiaciones solares, alcanzar temperaturas de hasta 3.000 °C. Con ellas se pueden realizar ciclos termodinámicos con rendimiento superior al de las centrales térmicas.

No obstante, no todo son ventajas. También surgen inconvenientes, como:

Es un tanto aleatoria y dispersa, por lo que se necesitan cubrir grandes superficies de terreno para obtener una potencia significativa.

El rendimiento, aún, es demasiado bajo (5 al 10 por 100, aproximadamente).

No es posible almacenarla. Hay que transformarla en el momento que nos llega.

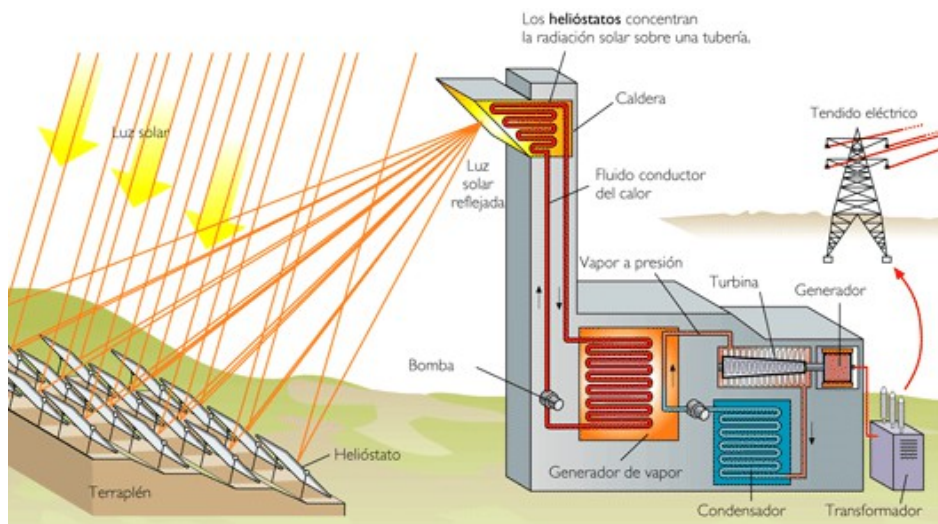
El coste actual de las instalaciones para la transformación es alto. Esto hace que actualmente su uso esté bastante limitado, sobre todo debido a que la inversión inicial resulta elevada y desde el punto de vista tecnológico, el rendimiento es bajo, pues se trata de una tecnología en proceso de investigación y desarrollo.

La energía solar tiene dos campos de aplicación: conversión en energía térmica o en energía eléctrica. Comenzaremos estudiando el primer campo, el caso de las centrales térmicas solares. Básicamente el proceso es el siguiente:

1. La luz se refleja en un conjunto de **espejos** orientados (helióstatos) para concentrar la luz reflejada hacia una **caldera**.
2. En la caldera se calienta agua hasta convertirse en vapor, que se dirige hacia unas **turbinas**.
3. De nuevo, un **generador** conectado a las turbinas convierte la energía mecánica en energía eléctrica.
4. Luego, la energía eléctrica se distribuye por los **tendidos eléctricos**, como en los otros casos.

## Tecnología Industrial. Energías renovables

El mayor problema es la baja eficiencia de estas centrales, que proporcionan menos energía que una central térmica. Además existe un condicionante geográfico acusado, pues solo son rentables en regiones soleadas durante la mayor parte del año.



### Impacto ambiental

Instalación	Impacto atmosférico	Impacto acuático	Impacto terrestre
Central solar	Limpia.	Limpia.	Contaminación visual e impacto paisajístico. Contaminación mínima por la industria fabricante de paneles y colectores.

## 3. Central solar fotovoltaica

En este tipo de central se aprovecha la luz solar, pero en ella el proceso de obtención de la energía eléctrica es directo a partir de paneles solares fotovoltaicos.

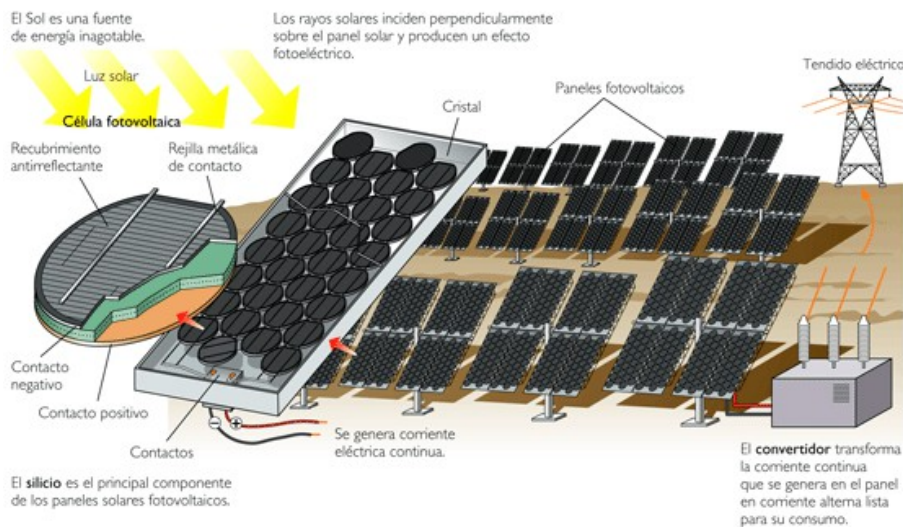
Algunos materiales emiten electrones cuando incide luz sobre ellos. La circulación de estas cargas eléctricas crea una corriente eléctrica. A este fenómeno se le llama **efecto fotoeléctrico**. Estos materiales forman las **células solares** o **fotovoltaicas**. Un panel solar está formado por varias células solares.



Los paneles fotovoltaicos generan corriente continua, pero la electricidad que se consume en nuestras casas es de corriente alterna.

Para transformar la corriente continua en corriente alterna se utiliza un elemento que se llama **convertidor**.

La corriente eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos puede consumirse en el momento o acumularse en un sistema de **baterías**. Así se podrá disponer de la energía eléctrica fuera de las horas de Sol. Para mejorar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos suelen colocarse sobre un elemento que se orienta con el Sol siguiendo su trayectoria, desde el amanecer hasta el anochecer, con el fin de que los rayos siempre incidan perpendicularmente al panel y obtener así un mayor rendimiento.



Los niveles de radiación solar en Galicia no son muy altos: entre 3,2 y 4,2 kWh/m<sup>2</sup> por término medio diario, frente a los más de 5kWh/m<sup>2</sup> del sur de España. De este modo, las horas de sol para Galicia varían entre 1.600 y 2.200, mientras en España lo hacen entre 2.200 y 2.800.

No obstante se pusieron en marcha una serie de experiencias piloto y se cuenta con pequeñas instalaciones para el aprovechamiento de la energía solar.



## 4. Central eólica

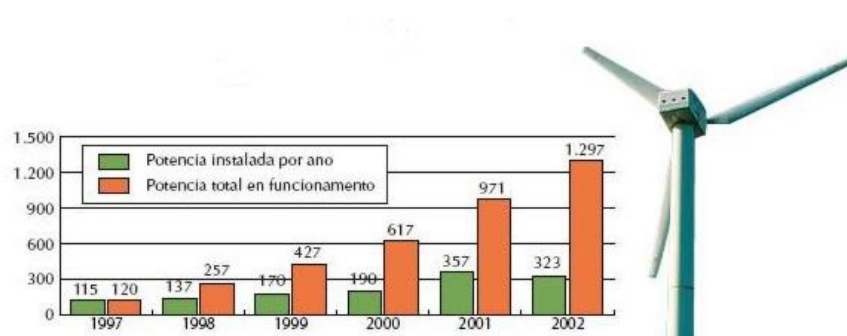


SIERRA DE FALADOIRA. Parque eólico próximo a As Pontes.

En estas centrales, la energía mecánica del viento mueve las aspas de un aerogenerador. En el interior, este movimiento se transmite a un generador de energía eléctrica. Igual que en el caso de las centrales solares, existe un fuerte condicionante geográfico, pues el sistema solo es rentable en áreas con fuertes vientos.

Galicia es una de las regiones del mundo con mejor aprovechamiento de recursos eólicos, al encontrarse entre los seis países con mayor potencia instalada (1.287 MW a finales de 2002). El Plan eólico de Galicia, que estima una potencia total instalada en 2010 de 4.000 MW, fue reconocido por diferentes entidades como referencia y modelo de gestión en materia de energías renovables.

La eólica es la energía renovable que muestra en estos momentos un mayor índice de crecimiento<sup>1</sup>:



<sup>1</sup> Datos extraídos de un informe de la Xunta de Galicia. Año 2004



## Tecnología Industrial. Energías renovables

Una central eólica es un complejo eléctrico cuyo elemento principal es un conjunto de aerogeneradores distribuidos de tal forma que se aprovechen al máximo las corrientes de aire. Sus componentes principales son los aerogeneradores y aeroturbinas, los accesos, las edificaciones y el sistema eléctrico.

**Aerogeneradores**, de los que hablaremos más adelante.

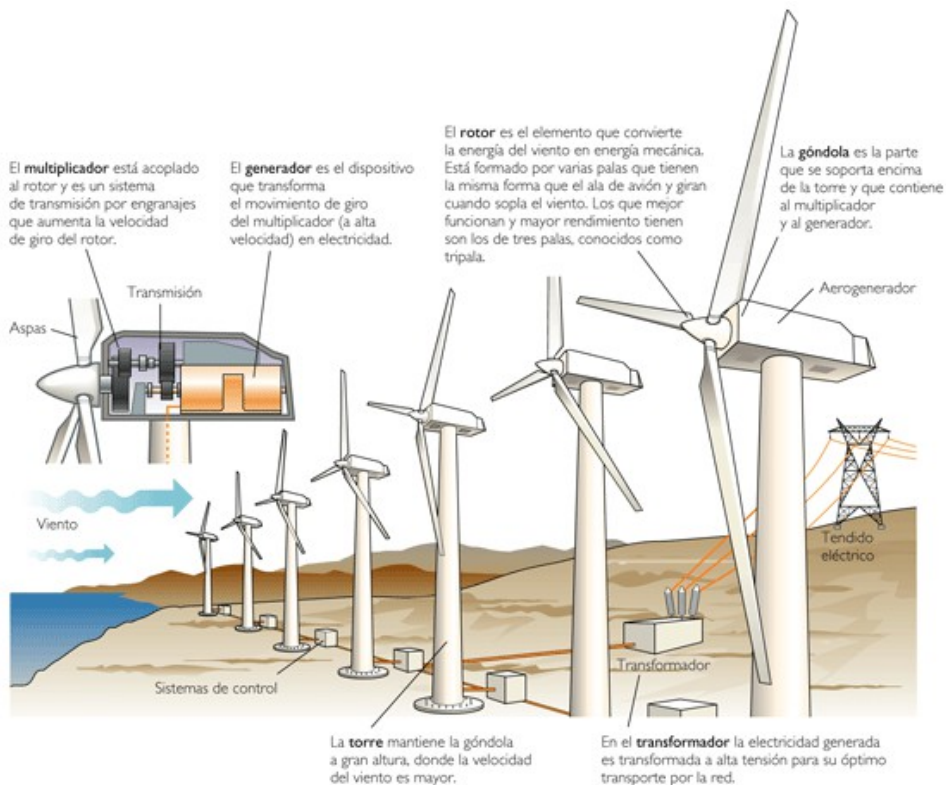
**Accesos.** Son las carreteras, caminos y plataformas gracias a las cuales se puede acceder a los generadores con la maquinaria necesaria.

**Edificaciones.** Son las construcciones que protegen los equipos eléctricos de control, transformadores, servicios generales, servicios de vigilancia, etc.

**Sistema de control eléctrico.** Tiene la función de conectar la central con los puntos de distribución de energía eléctrica. Se compone de transformadores, sistemas generales de control y sistemas de telemando.

**Transformadores.** Son los encargados de que la tensión de salida hacia la red sea la adecuada.

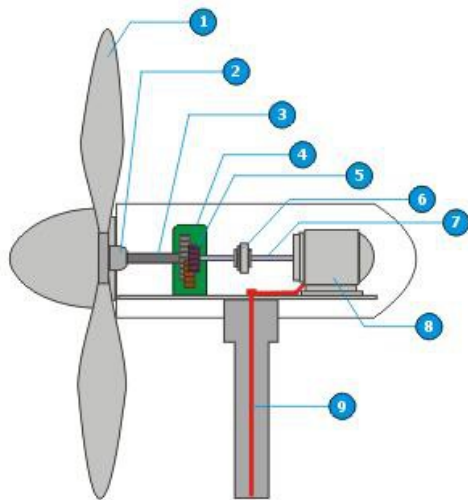
**Elementos de control.** Son los que se ocupan de que las condiciones de seguridad y el funcionamiento de la estación sean los correctos. Entre los sistemas de control destacan los equipos de medición de energía, las baterías, los condensadores, los sensores que informan del estado de la máquina y otros.



## Aerogeneradores

Un aerogenerador es una máquina que produce un movimiento de rotación aprovechando la fuerza del viento.

El funcionamiento de un aerogenerador funciona básicamente convirtiendo la fuerza del viento que hacen girar las palas de rotor en electricidad, a través de una caja multiplicadora de velocidades el eje de baja velocidad del rotor transfiere la fuerza multiplicada al eje de alta velocidad del generador de electricidad.



1. Palas o aspas.
2. Rotor.
3. Eje del rotor (eje de baja velocidad)
4. Caja multiplicadora de velocidades.
5. Serie de engranajes dentro de la caja multiplicadora de velocidades.
6. Freno.
7. Eje del generador de electricidad (eje de alta velocidad)
8. Generador (alternador o dínamo) de electricidad.
9. Cables que transportan la energía producida a las líneas de distribución de electricidad.

Las palas son los elementos más importantes, pues son las que reciben la fuerza del viento y se mueven gracias a su diseño aerodinámico. Están fabricadas con resina de poliéster y fibra de vidrio sobre una estructura resistente, y su tamaño depende de la tecnología empleada y de la velocidad del viento.

La caja multiplicadora de velocidades es otro de los componentes principales más importantes en una turbina eólica colocada entre el eje principal y el generador, su tarea es aumentar la velocidad rotatoria lenta del eje de rotor a la velocidad de rotación del generador de 1000, 1500 o 1800 rpm (revoluciones por minuto).

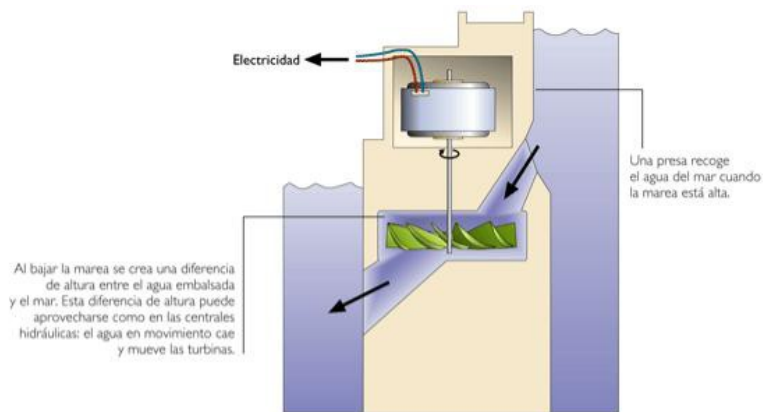
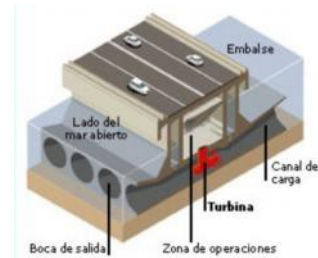
## Impacto ambiental

Instalación	Impacto atmosférico	Impacto acuático	Impacto terrestre
Parques eólicos	Ruido. Muerte de aves al impactar con las aspas.	Limpia.	Contaminación visual e impacto paisajístico.

## 5. Central mareomotriz

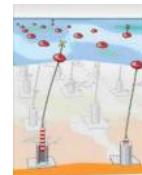
Para aprovechar el movimiento de subida y bajada del agua durante las mareas se construyen centrales mareomotrices cerca de la costa. Aunque la diferencia entre la marea alta y baja en mitad del océano es de apenas 1 m, en algunas costas esta diferencia llega a alcanzar los 15 m. En estas zonas es interesante aprovechar las mareas para generar energía.

La energía mareomotriz tiene la cualidad de ser renovable, en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia, ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.



Otras formas de extraer energía del mar son:

**Energía undimotriz.** Consiste en aprovechar el movimiento de las olas para obtener energía. Es menos conocida y extendida que la mareomotriz, pero cada vez se aplica más. Existen distintas variantes. Por ejemplo, un aparato anclado al fondo y con una boya unida a él con un cable. El movimiento de la boya se utiliza para mover un generador.



**Gradiente térmico oceánico.** Diferencia de temperatura entre la superficie y las aguas profundas del océano.

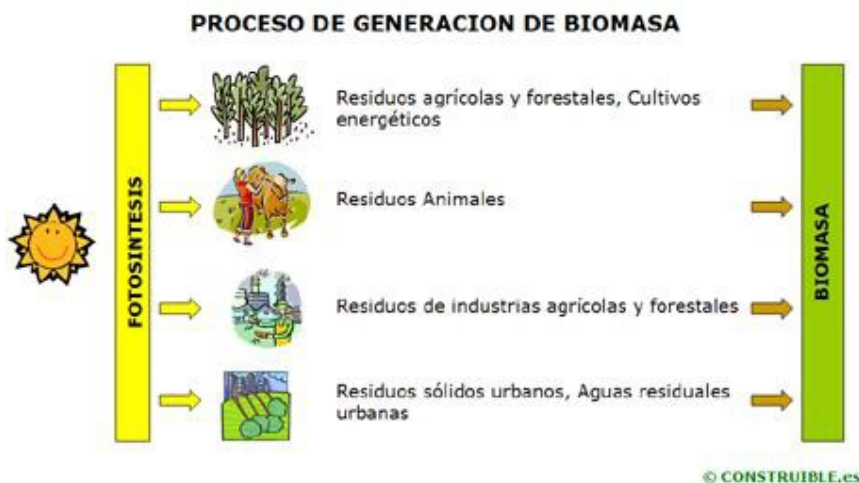
**Corrientes marinas.** Generalmente las corrientes marinas son ubicadas cercanas a la costa, en donde el fondo marino fuerza al agua a circular en canales angostos. Éste fenómeno se da típicamente en zonas cercanas a islas.

Instalación	Impacto atmosférico	Impacto acuático	Impacto terrestre
<b>Central mareomotriz</b>	Limpia.	Alteración de la vida marina debido a los diques.	Contaminación visual e impacto paisajístico.

### 6. Biomasa.

La biomasa es una fuente de energía procedente de manera indirecta del sol y puede ser considerada una energía renovable siempre que se sigan unos parámetros medioambientales adecuados en su uso y explotación.

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis vegetal que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua, productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal.



Dependiendo de si los materiales orgánicos resultantes han sido obtenidos a partir de la fotosíntesis o bien son resultado de la cadena biológica se pueden distinguir dos tipos de biomasa:

**Biomasa vegetal:** Resultado directo de la actividad fotosintética de los vegetales.

**Biomasa animal:** Se obtiene a través de la cadena biológica de los seres vivos que se alimentan de la biomasa vegetal.

En España la biomasa es un recurso abundante, existiendo empresas suministradoras de la misma repartidas por todo el territorio nacional con niveles de exportación elevados en algunos tipos como el hueso de oliva.

#### **Aplicación directa de la biomasa: Residuos y cultivos energéticos**

Es la forma de uso tradicional de la biomasa en la que se obtiene energía mediante combustión directa, es decir, la biomasa se utiliza como combustible.

Podemos utilizar dos tipos de fuentes de biomasa:

Los residuos

Los cultivos energéticos

## Tecnología Industrial. Energías renovables

### Residuos

La biomasa residual conformada por residuos de carácter orgánico dispone de un gran potencial para la generación de energía. Se puede producir de manera espontánea en la naturaleza o como consecuencia de la actividad del hombre, agrícola, forestal e industrial.

Los residuos pueden ser clasificados en función del sector que los genera en los siguientes tipos:

**Residuos agrícolas:** son restos y sobrantes de cultivos como por ejemplo la paja de los cereales, poda de árboles y viñedos, etc.

**Residuos forestales:** son los residuos generados en la limpieza de las explotaciones forestales como leña, ramaje, etc. además de restos de madera de montes y bosques.

**Residuos ganaderos:** se refieren principalmente a excrementos de animales en explotación ganadera.

**Residuos industriales:** son aquellos residuos derivados de la producción industrial con posibilidades de generación de biomasa energética residual, como la industria de manufacturación maderera o agroalimentaria.

**Residuos urbanos:** son residuos de carácter orgánico producidos diariamente y en grandes cantidades en los núcleos urbanos de población pudiéndose distinguir dos formas de los mismos:

- Residuos sólidos urbanos:
- Materiales biodegradables sobrantes del ciclo de consumo humano.
- Aguas residuales urbanas: elementos líquidos procedentes de la actividad humana, cuya parte sólida contiene una cantidad relevante de biomasa residual aunque existen algunas dificultades en la depuración del material sobrante.



### Cultivos energéticos

Los cultivos energéticos son plantas cultivadas con el objetivo de ser aprovechadas como biomasa transformable en combustible. Es una faceta agrícola todavía en experimentación y por ello existen a día de hoy numerosos interrogantes sobre su viabilidad económica y los impactos de carácter medioambiental y social que puede producir. Existen diversos tipos de cultivos que pueden ser utilizados con fines energéticos y que pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

**Cultivos tradicionales:** originalmente destinados a fines alimentarios con necesidad de condiciones climatológicas favorables y terrenos fértiles lo que hace que sólo se consideren viables como fuentes energéticas en el uso de excedentes de su producción. Es el caso de la caña de azúcar, los cereales, etc.

**Cultivos poco frecuentes:** algunas especies silvestres con posibilidad de ser cultivadas en condiciones desfavorables, en terrenos no fértiles y con fines no alimentarios, como el cardo, los helechos, etc.

**Cultivos acuáticos:** todavía en fase experimental aunque con un gran potencial de superficie productiva.

**Cultivos de plantas productoras de combustibles líquidos:** plantas que generan determinadas sustancias que con tratamientos sencillos pueden ser transformadas en combustibles. Ejemplo de ella pueden ser las palmeras, jojoba, etc.

### 7. Geotérmica

A diferencia de otras fuentes de energía renovable que dependen directamente o indirectamente de la influencia del sol, la energía geotérmica proviene del interior del planeta. El término geotermia se refiere a la energía térmica producida en el interior de la Tierra. Como fuente de energía es esencialmente inagotable. Los yacimientos geotérmicos, si se gestionan de una manera correcta, pueden mantener su producción de energía indefinidamente. Se trata de ajustar la extracción de calor a la cantidad que se genera. Un ejemplo son los baños termales que se han usado durante miles de años.

Esta fuente de energía se puede utilizar tanto para suministrar calor como para generar electricidad. Normalmente, estas tecnologías disponibles se dividen en tres categorías: las centrales geotérmicas, las aplicaciones de uso directo y las bombas de calor geotérmicas.

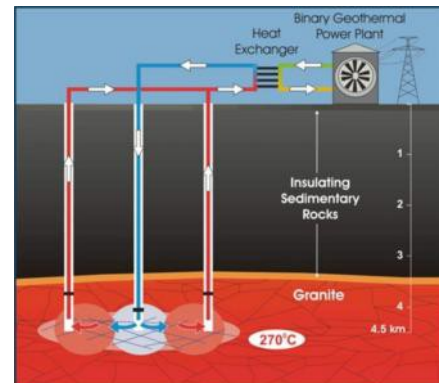
Las centrales geotérmicas generan electricidad a partir de la perforación de pozos, de un kilómetro o más de profundidad, para explotar depósitos subterráneos geotérmicos, de vapor de agua y agua muy caliente. En la actualidad, funcionan tres tipos de centrales de generación eléctrica:

Centrales de vapor: utilizan el vapor geotérmico directamente para hacer girar las turbinas de la central.

Centrales de transmisión de vapor: reservas geotérmicas que producen agua caliente. Se aprovecha la parte que se convierte en vapor al llegar a la superficie.

Centrales de ciclo binario: utilizan el agua subterránea para transferir el calor a un segundo líquido que tiene una temperatura de evaporación más baja. Cuando este líquido se evapora mueve las turbinas. Posteriormente se condensa este vapor y se reutiliza el líquido de nuevo.

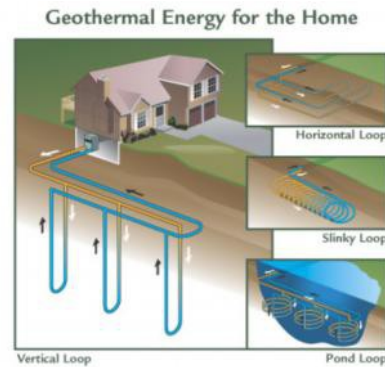
Este último sistema, en comparación con las otras, es el que tiene más perspectivas de futuro. No emite ningún tipo de gases, puesto que es un ciclo cerrado, y funciona con temperaturas interiores de 110 a 160°C.



# Tecnología Industrial. Energías renovables

Las aplicaciones de uso directo son las que la utilizan como calefacción ambiente o para la producción de agua caliente para usos industriales, agrícolas o residenciales. En el caso de un país como por ejemplo Islandia es la segunda fuente de energía y llega a calentar el 85% de los edificios.

Las bombas de calor geotérmico utilizan la energía de suelos poco profundos para calentar y refrigerar edificios. Una bomba de calor de estas características consiste en unos tubos sepultados en el terreno, un intercambiador de calor y un sistema de conductos en el interior del edificio.



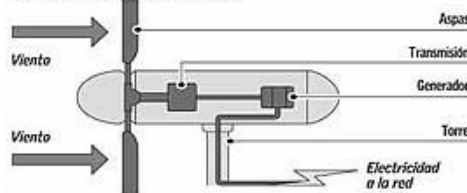
La idea básica consiste en el hecho de obtener energía calorífica del subsuelo y transmitirla, a través de los sistemas adecuados, al edificio. El mismo principio se puede utilizar de manera inversa, trasladando el calor innecesario al subsuelo. La temperatura constante del suelo, de entre 10 y 16°C a 10m de profundidad, ofrece las condiciones óptimas para hacer funcionar, de forma integrada, el sistema de calefacción y aire acondicionado de un edificio. Siempre que se cuente con las características apropiadas, es posible la acumulación estacional de energía calorífica en el subsuelo.

## OPORTUNIDADES Y COSTOS ENERGÉTICOS

El aumento de la demanda energética y los problemas de abastecimiento de fuentes convencionales como el gas abren las puertas al desarrollo de nuevas alternativas. No obstante, los costos de generación de las centrales hidroeléctricas y a gas siguen siendo más bajos. En las primeras el costo de generación va de los 0 a 3 centavos de dólar por cada Kilowatt hora, mientras que en las segundas bordea los 3,2 centavos de dólar.

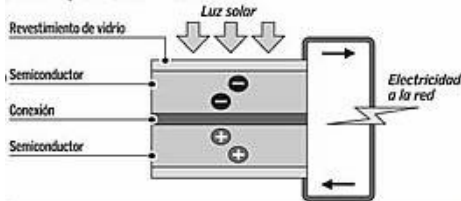
### Energía eólica

Costo Kw/hora: 5,5 centavos de dólar



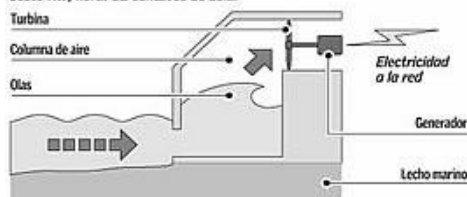
### Energía solar

Costo Kw/hora: 55 centavos de dólar



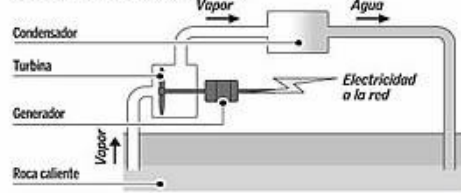
### Energía del mar

Costo Kw/hora: 12 centavos de dólar



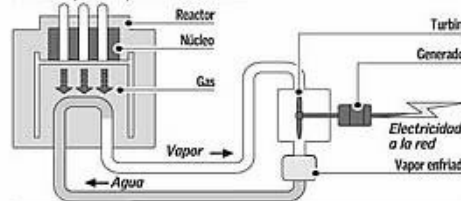
### Energía geotermal

Costo Kw/hora: 6,5 centavos de dólar



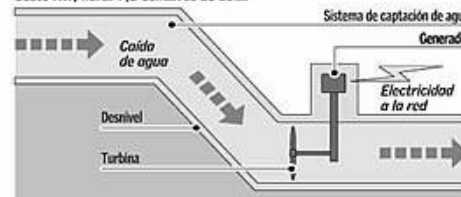
### Energía nuclear

Costo Kw/hora: 4,8 centavos de dólar



### Minicentral hidroeléctrica

Costo Kw/hora: 7,5 centavos de dólar



<sup>1</sup>Fuente: Proyecto Copal/GTZ Promoción del Desarrollo Económico en América Latina y el Caribe por medio de la Integración de Políticas Ambientales y Sociales e Indicadores de la Comisión Europea. EL MERCURIO