

solarízate



[Profesor]

Energía solar
para nuestra vida cotidiana



➔ Aviso previo

Esta Guía pretende ser una herramienta útil a los docentes que facilite, enriquezca y complemente la labor de sensibilización sobre la energía solar y las renovables dentro de los centros educativos. El lenguaje utilizado es sencillo para una fácil y rápida comprensión de los conceptos que hay detrás del uso de estas fuentes de energía. Se trata pues, de un material de apoyo para introducir al colectivo docente en el mundo de la energía solar a través de sus aplicaciones y con ello ayudar al desarrollo de las actividades prácticas que se proponen en las secciones correspondientes.

➔ Índice

I.- I. Solidarízate con el Planeta: solarízate	1
II.- Lo esencial de nuestra fuente de energía	2
III.- El aprovechamiento de la luz. La electricidad fotovoltaica	5
IV.- Componentes y ejemplos de instalaciones fotovoltaicas	6
V.- Las aplicaciones térmicas de la energía solar	9
VI.- Otras energías renovables	17

➔ I. Solidarízate con el Planeta: solarízate

Desde el desarrollo de la máquina de vapor y el uso generalizado del carbón, hace no más de 150 años, y el petróleo, desde tan sólo seis o siete décadas, nuestra cultura ha venido disfrutando de los combustibles fósiles como una fuente barata y abundante de energía, que ha sido capaz de generar un desarrollo de una magnitud inimaginable para los primeros usuarios de este recurso.

Prácticamente toda nuestra actividad depende de la disponibilidad de petróleo, carbón o gas natural, y el hecho de que estas fuentes energéticas sean contaminantes y tengan unas posibilidades limitadas de seguir soportando nuestra demanda, ha abierto un debate en el que no hay grupo social que no tenga argumentos que aportar.

Un debate que presenta un condicionante de partida paradójico. No podemos continuar con el nivel de gasto de estas fuentes energéticas, pero no podemos retroceder en el grado de desarrollo que gracias a ellas hemos conseguido.

El problema se ha venido planteando desde la óptica del agotamiento de los recursos, y la solución tradicional a ese reto ha sido la búsqueda de más depósitos de *energía fósil*, por inaccesibles que pudiesen parecer.

Sin embargo en este esquema puramente cuantitativo estamos aprendiendo a incluir el concepto de la *Ecología*, que de entrada trastoca la mayor parte de los argumentos.

Por muchas reservas que nos queden de carbón, petróleo o gas, es indiscutible el impacto sobre el medio ambiente que supone su uso masivo. El calentamiento global que está sufriendo el Planeta, debido a la capacidad del CO₂ para producir el "*efecto invernadero*", ha sido definido por la comunidad científica como la mayor amenaza para nuestro medio ambiente.

Respecto a la energía nuclear, no produce gases de efecto invernadero, pero se generan residuos radioactivos peligrosos.

Además existe la posibilidad de accidentes nucleares, con graves consecuencias para la vida y su entorno.

Tomando conciencia de estos problemas, las *energías renovables*, y entre ellas la *energía solar*, entran a formar parte activa y cotidiana de nuestras vidas, a través no de una de sus versiones sino del conjunto de sus posibilidades.

Las energías renovables serán el soporte esencial del progreso de la sociedad bajo el marco del desarrollo sostenible. Pero a ese marco tampoco podemos esperar que se llegue de golpe en virtud de ciertas decisiones gubernamentales, sino en función de la penetración en todo el tejido social. Las energías renovables son una realidad que aporta soluciones a muchos de los problemas de hoy en día y conforme más se conozcan, antes integrarán todo su potencial en nuestras vidas.

Por ello, este esfuerzo encaminado a abrir los ojos a una realidad que puede ser mucho más cercana de lo que algunos imaginan y a estimular la conciencia de que su utilización no es sólo posible en una multitud de casos sino deseable en todos ellos por sus efectos saludables para la salud del Planeta.

En este contexto surge el proyecto SOLARIZA TE, fruto del acuerdo que en 2002 firman IDAE y Greenpeace, con el objetivo de promocionar la energía solar *fotovoltaica* en centros públicos de enseñanza.

En esta iniciativa participarán 52 centros situados a lo largo de nuestra geografía, que ya podrán utilizar el sol para producir electricidad de una forma limpia, y poner en marcha un proceso de sensibilización entre escolares y profesores sobre los beneficios de las energías renovables en general y de la energía solar en particular. De esta forma se contribuirá al desarrollo de estas tecnologías, a abaratar sus costes y sobre todo a demostrar lo sencillas y eficaces que son.

→ II. Lo esencial de nuestra fuente de energía

En una forma gráfica, podemos asimilar la Tierra a una nave espacial cuyos recursos le llegan de forma diaria en forma de rayos de sol. Lo que conocemos como energía solar es el único aporte que recibe el planeta y se sirve de él, para alimentar todos los procesos biológicos que dan lugar a la vida.

Es difícil valorar la magnitud de ese aporte diario, pero es fácil que asociemos su funcionamiento a un mecanismo simple como es el de cualquier fuente de energía. Pongamos por ejemplo el gas. Se sabe cuánto calor da un metro cúbico, así que si necesitamos un número de veces ese calor el problema se resuelve aportando el volumen necesario a través de unas tuberías; cuyo único problema es su trazado pues el gas se sabe donde se encuentra.

La energía solar se presenta en un formato bien distinto y para su utilización tenemos que hacer un ejercicio más complejo que el modelo simplista de las fuentes tradicionales.

En primer lugar, la radiación solar no es un producto homogéneo sino un conjunto de radiaciones de distintas propiedades físicas que producen unos resultados diferentes según cual sea su estructura. La luz y el calor son dos de las expresiones de ese paquete al que llamamos *radiación*.

Pero además, el origen no está inmóvil como los yacimientos sino en constante movimiento. Como ese movimiento lleva asociado los días, las noches y las estaciones, la cantidad de energía que nos suministra no es constante como en el caso del gas, sino variable. La energía solar es natural, es ecológica, es gratis y es abundantísima e inagotable. Pero a cambio el formato en el que nos llega es más complejo que el de las fuentes tradicionales. Por ello, aunque no sea imprescindible, si que es aconsejable que todo aquel que piensa hacer uso de sus posibilidades, dedique un poco de esfuerzo a conocer las peculiaridades de esta fuente de energía.

> ¿Qué es la energía solar?

Es la energía que recibimos del Sol, y cuya primera sensación es la luz del día y el calor. Al ser el espacio una entidad vacía la energía no puede llegar más que a través del fenómeno de la *radiación* y por ello, de toda la inmensa cantidad de procesos que se generan en el Sol, sólo los que son el resultado de sus emisiones electromagnéticas son los que atraviesan la atmósfera y nos llegan en forma de energía solar.

Si no prestamos mucha atención, de lo que nos llega podemos distinguir fenómenos distintos como la luz y el calor. Si hiciésemos una especie de radiografía detallada nos encontraríamos con que esa energía es la suma de muchas más de dos.

La medida que indica las posibles radiaciones que emite un cuerpo y qué cantidad de las mismas se concentran en los distintos rangos de longitud de onda, es una especie de foto de la radiación y se conoce como el *espectro*.

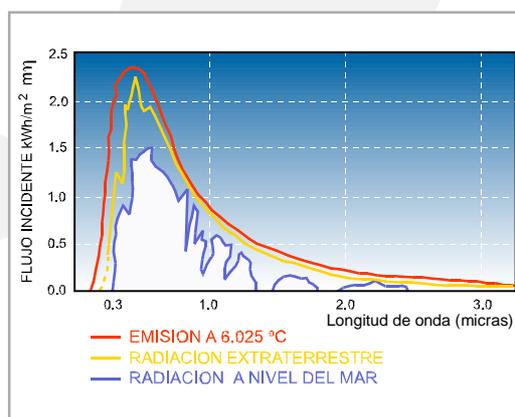


Figura 1 Espectro de la radiación solar

Una primera observación del espectro nos dice que el conjunto de la radiación que recibimos es un conjunto de radiaciones electromagnéticas, de diferentes longitudes de onda, que varían entre 0,2 y 4 micras. La relación entre esa longitud de onda y su poder energético es inversa. Las radiaciones de menor longitud son las de más capacidad y viceversa.

El espectro de nuestra radiación nos mostraría que sólo emitimos radiación de mucha longitud de onda, lo que se traduce por una muy baja energía.

No todas las ondas del espectro contribuyen a todos los fenómenos sino que, por el contrario, existe una delimitación clara de longitudes de onda y efectos.

La luz sólo está producida por las ondas cuyas longitudes de onda están entre 0,35 micras correspondientes al color violeta, y 0,75 micras correspondiente al rojo. Por encima y por debajo de estos valores, no se produce luz visible para el ojo humano. El calor se produce de forma mayoritaria en el intervalo que va de 0.5 a 0.78 micras lo que se acopla bastante bien a la parte de los colores que van del amarillo al rojo. Quizás por eso cuando tenemos que poner un color a un fenómeno que no lo tiene como es el calor, le ponemos el rojo.

Es importante tener presente que en el caso de la radiación solar, la radiación térmica se emite en una longitud de onda pequeña, ya que este detalle es el que permite que el vidrio pueda utilizarse como aislante. La estructura molecular del vidrio es una especie de rejilla en la que los átomos están separados por una distancia similar a la de la longitud de onda que llega del Sol. El vidrio es transparente a la luz y al calor que llega del Sol. Pero no al calor que emitimos nosotros o el resto de elementos de una casa porque la longitud de onda de esa radiación es mucho mayor y ya no es capaz de atravesar la malla que forman los átomos del vidrio.

> Potencia

El siguiente punto a abordar es el de la cuantificación de la energía contenida en la radiación incidente.

Se ha demostrado experimentalmente que el Sol envía energía en una cantidad constante que es de 1.353 W/m^2 .

Conforme la radiación atraviesa la atmósfera, sufre los fenómenos de reflexión y de absorción, que hacen que aproximadamente la mitad de la radiación incidente sea devuelta hacia el espacio antes de alcanzar la superficie terrestre. Las nubes, el contenido atmosférico de polvo, gases y, sobre todo, vapor de agua, contribuyen a diluir la radiación que ha de llegarnos.

Cuanta más cantidad de los factores citados encuentre la radiación a su paso, mayor será la parte reflejada y absorbida y menor la radiación que quedará disponible.

Por otro lado, el movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje, hace que, a lo largo del día, la radiación solar atraviese la atmósfera con diferentes ángulos (figura 2).



Figura 2 Recorrido de la radiación solar a través de la atmósfera

Como se puede ver, el recorrido de la radiación solar al atravesar la atmósfera es mayor por la mañana y por la tarde que al medio día y, a su vez, cambia conforme la Tierra va orbitando alrededor del Sol debido a que esa órbita es elíptica acercándonos en invierno y alejándonos en verano.

Parece obvio citar que a mayor recorrido a través de la atmósfera, se produce una mayor difusión de la radiación. Esta es la causa principal que disponiendo de una fuente constante en la atmósfera exterior, contemos con una energía variable a lo largo del día, además de hacerlo estacionalmente y que, en valor medio anual, sólo llega a alcanzar la cuarta parte de su valor fuera de la atmósfera.

Así pues, el problema de conocer la potencia de la radiación incidente es el primer dato que no es de definición simple, y exige el uso de tablas que indican los valores que estadísticamente se puede esperar a las diferentes horas del día a lo largo de los meses del año. La Figura 3 indica el modo en que cabe esperar que varíe la energía que recibe un determinado lugar en las épocas extremas de invierno y verano.

Es importante aclarar que esta radiación que estamos contabilizando es una mezcla de lo que se llama radiación *directa*, aquella capaz de producir sombras, y radiación *difusa*, que es la componente que nos llega de toda la bóveda al haber sido difundida y reflejada por las diferentes partículas. Ésta, que no es capaz de producir sombras, es la única existente en días nublados y en las horas del amanecer y anochecer en las que hay luz, pero no está el Sol sobre el horizonte.

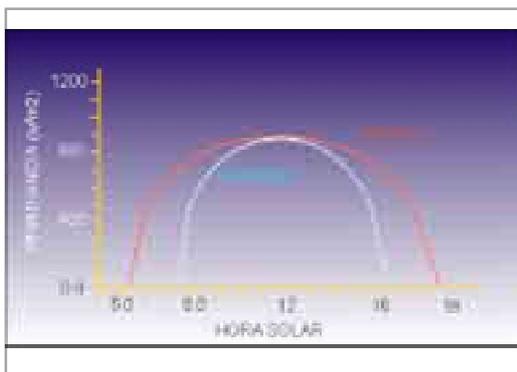


Figura 3. Curvas de potencia de radiación solar a lo largo del día

De las dos, la componente difusa es la que aporta un menor porcentaje al total del valor, a la vez de ser la más difícil de estimar.

La componente directa es la que ha sido objeto de estudios más precisos y de la que existen relaciones matemáticas que intentan ligar todos los factores que intervienen.

> Movimiento aparente del sol

De todos es conocido que el Sol nace por el Este y se pone por el Oeste y, de hecho, si lo único que se espera del Sol es que nos provea de unos días soleados de vacaciones, esta afirmación es casi lo único que nos interesa de su movimiento.

Sin embargo, el conocer el movimiento del Sol y saber en qué lugar del ciclo se va a encontrar en cada momento del día a lo largo del año, requiere unos conocimientos más extensos.

Simplificando el problema, y suponiendo la Tierra fija y el Sol dando vueltas, un observador vería que el Sol sigue unas trayectorias como las indicadas en la Figura 4, en las que, como podemos ver, el Sol nace en un amplio sector situado hacia el Este y se pone dentro de otro sector igualmente amplio situado al Oeste.

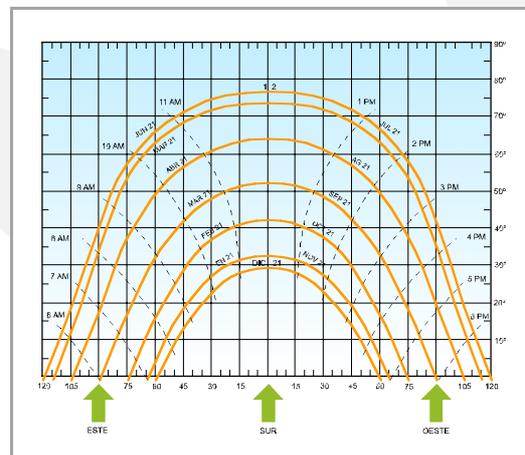


Figura 4 Trayectoria del Sol sobre el horizonte

Sólo dos días al año (21 de marzo y 21 de septiembre), llamados equinoccios, el Sol nace por el Este y se pone por el Oeste dando lugar a días en los que el día y la noche duran doce horas exactas. El resto del año el día y la noche tienen períodos de duración diferentes, siendo el día más corto el solsticio de invierno (21 de Diciembre) y el más largo el solsticio de verano (21 de Junio).

Además de variar el tiempo, que está sobre el horizonte, el Sol varía la altura que es capaz de alcanzar al mediodía.

La posición del Sol, queda determinada mediante dos ángulos que son la *altura* y el *azimut*. La altura se define como el ángulo que forma el Sol, el observador y el horizonte mientras que el azimut es el ángulo que forma la proyección de la línea Sol-observador con la dirección sur.

En cuestiones de energía solar, el uso de esos ángulos puede ser relevante a la hora de saber si un árbol o un edificio va a hacer sombra sobre nuestro equipo solar en algún momento del año.

III. El aprovechamiento de la luz. La electricidad fotovoltaica

La posibilidad de convertir directamente la luz en electricidad fue descubierta por el físico Beckerel por medio del llamado *efecto fotovoltaico*. Merced al mismo, cuando un determinado material es iluminado con la parte visible del espectro solar parte de los electrones que configuran sus átomos absorben la energía que portan los fotones, se liberan de las fuerzas que los ligan al núcleo y adquieren libertad de movimiento.

Además, al salir de su estructura, el electrón deja un espacio o hueco que tiende a atraer a cualquier electrón que haya quedado libre. Así pues, los *fotones* de la luz han sido capaces de liberar una serie de electrones que se desplazan de su átomo hasta que el hueco creado en otro, los atrae y los fija de nuevo.

Para convertir este movimiento en una corriente eléctrica, es necesario conseguir que el movimiento de los electrones no sea errático sino direccionado, lo cual implica el crear un campo eléctrico en el seno del material. La forma más usual de crear ese campo eléctrico interno es impurificar el material con pequenísimas cantidades de otros átomos (típicamente boro y fósforo).

El material al que venimos haciendo referencia ha de ser un material *semiconductor*, de entre todos, el más utilizado es el silicio. Con los conceptos físicos ya determinados, sólo falta incorporar un sofisticado proceso constructivo que consiga crear una finísima capa de silicio impurificado con átomos de boro unida a otra capa similar esta vez con átomos de fósforo (esta unión es conocida como *unión p-n*) y con ello los electrones liberados tienden a desplazarse hacia el lado p (par positivo) y los huecos hacia el lado n (par negativo). Para completar la que ya podemos denominar *célula solar* basta con añadir unos contactos metálicos para extraer del semiconductor la corriente eléctrica.

La corriente que entrega una célula solar depende de la carga eléctrica que se conecte a ella, es decir del *voltaje* que aparece entre sus terminales; la mínima dificultad para su circulación es un cortocircuito y a esa condición corresponde la *corriente* máxima, (unos 30 mA/cm² para una célula comercial).

Con el circuito abierto, expuesta al sol y sin que circule corriente, la célula genera alrededor de 0.6 V que es el

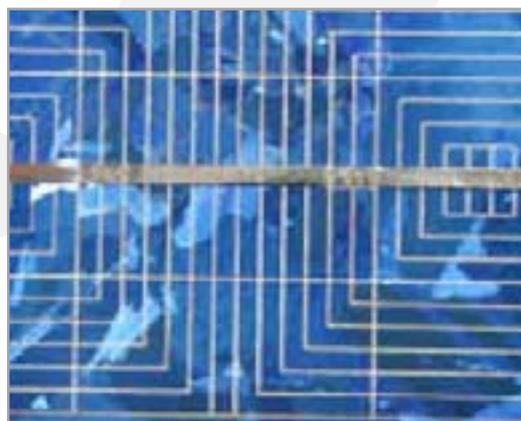
máximo voltaje.

En resumen, una célula solar puede ser considerada como una pila eléctrica inextinguible que genera unos 30 mA de *corriente continua* por cada cm² de área a un voltaje de 0.45 V; la célula comercial estándar proporciona una corriente de 2.3 A y una potencia de 1 W.

La célula solar suministrará electricidad de forma proporcional a la intensidad de radiación solar que reciba. En el caso de estar a 25 °C y recibir 1.000 W/m² producirá una cantidad llamada *potencia pico*, que es la que se etiqueta con cada panel solar.

El voltaje varía poco y los 0.45 V por célula son casi constantes, pero la corriente varía linealmente con la cantidad de radiación que recibe.

Así nuestra célula capaz de mantener 1 W de potencia, mientras esté recibiendo la radiación típica del mediodía de un día soleado. En épocas nubosas cuando la radiación solar se viene abajo, el panel no deja de trabajar. Mientras haya luz la célula seguirá generando electricidad, aunque sea en menor cantidad.



> El módulo solar

De la misma manera que para alimentar un aparato de radio hay que colocar varias pilas, para conseguir valores utilizables de voltaje, es preciso interconectar varias células solares.

Un *módulo solar* típico está constituido por alrededor de

50 células conectadas bajo un modelo que permite obtener los aproximadamente 15 voltios, necesarios para cargar una batería de 12 voltios y una potencia que oscila entre los 10 y los 200 W. Existe una tendencia de los fabricantes a suministrar módulos más grandes y de mayor potencia, conforme se va desarrollando la tecnología de encapsulado de las células y de fabricación de los paneles. Mientras los paneles de los postes de socorro (SOS) de las autovías tienen una potencia de una decena de vatios, los de la instalación del Centro educativo son de 106 W.

No menos importante que incrementar el voltaje es la función de encapsulado que cumple el módulo; da rigidez mecánica a las frágiles y delgadas células y protege de las inclemencias atmosféricas a sus delicados contactos metálicos. La forma hoy en día más utilizada para cumplir estas funciones es colocar las células entre una lámina de vidrio y otra de un material plástico (EVA), rodeado todo de un marco de aluminio. Se estima que la vida de tales módulos es superior a 20 años. De hecho hay operando instalaciones con módulos que tienen más de 30 años sin que se les haya detectado una pérdida de rendimiento significativa.

No todo el área ocupada por el módulo está cubierta con células solares y además existen ligeras pérdidas eléctricas debidas a la asociación en serie; como resultado la eficiencia típica de los módulos es de un 10-12%. Con este valor de eficiencia se puede calcular el área de módulos (conectados en paralelo y en serie) que se necesitan para producir una determinada cantidad de energía: con 1 m^2 de superficie de paneles expuestos a esa radiación de 1.000 W/m^2 que consideramos óptima del mediodía de un día claro y soleado se obtendrá por ejemplo $1.000 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ m}^2 \times 0,10 = 100 \text{ W}$.

Sumando la producción del panel a lo largo del tiempo en el que produce sus diversas potencias, tendremos la energía que será capaz de suministrar ese panel. La asociación en serie de paneles y éstos en ramas se conoce como *generador*.



Figura 6 Detalle de un panel solar

equipo solar tiene que producir la electricidad que va a necesitar el usuario, bien sea una casa, un repetidor de televisión o una isla.

Recientemente, los equipos fotovoltaicos han abierto la puerta del suministro directo a la red eléctrica. El tipo de instalación es distinta porque así lo es el usuario y las condiciones del suministro.

Una instalación aislada se compone de una serie de equipos conectados tal como muestra la figura 7.

En ella se observa que el suministro puede realizarse bien a corriente continua (CC), típicamente 12 ó 24 V, o bien a corriente alterna (CA) utilizando para ello un inversor.

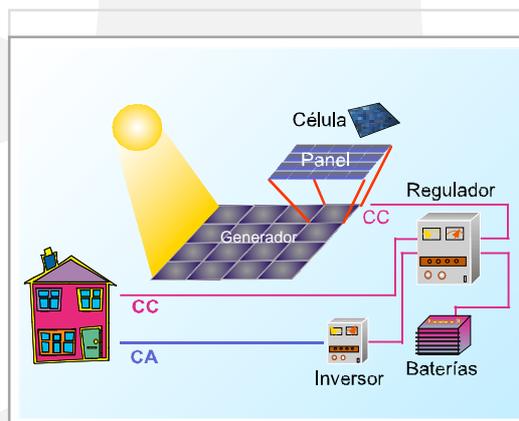


Figura 7: Diagrama típico de una instalación fotovoltaica aislada

Habiendo analizado en el capítulo anterior el funcionamiento del elemento vital de la instalación que es el módulo, repasaremos los detalles más importantes del resto de los componentes

IV. Componentes y ejemplos de instalaciones fotovoltaicas

> Instalaciones aisladas

Las instalaciones fotovoltaicas se distinguen por el modo de suministrar la electricidad al usuario. Históricamente las instalaciones fotovoltaicas daban servicio a lugares que no disponían de la conexión de la red. Esas instalaciones, aún muy comunes, se conocen como instalaciones aisladas. El

> Regulador

Es un equipo electrónico encargado de evitar la sobrecarga de la batería cuando ésta ha alcanzado el nivel de carga máxima. El funcionamiento de una batería no es asimilable al de un depósito de agua que vamos llenando y que rebosa cuando se colma. La batería es un elemento que acomoda los componentes para una reacción química en el que influye el contenido líquido de la batería llamado *electrolito*. Si una batería no admite más carga pero la seguimos alimentando consumirá parte de ese electrolito, y como consecuencia nos obligará a ampliar el mantenimiento o en su defecto a acortar su vida útil.

Es usual que estos equipos incorporen otras utilidades, de entre las que cabe destacar el control del nivel de descarga de la batería. De esta forma, cuando la capacidad de almacenamiento de la batería se ha reducido a la mitad, el regulador avisa que se ha llegado a un punto a partir del cual la batería puede sufrir daños irreparables.

> Baterías

La acumulación de energía es necesaria por cuanto ésta se produce y consume en diferentes instantes de tiempo. Aunque cualquier batería puede ser utilizada, se recomienda el uso de las llamadas baterías estacionarias, que por su composición, se acomodan mejor a los ciclos de carga y descarga que se producen en una instalación fotovoltaica.

Gracias a las baterías, la instalación será capaz de acumular energía durante las horas de radiación solar y garantizar el suministro eléctrico permanente tanto en los periodos nocturnos como a lo largo de los días nublados o de lluvia

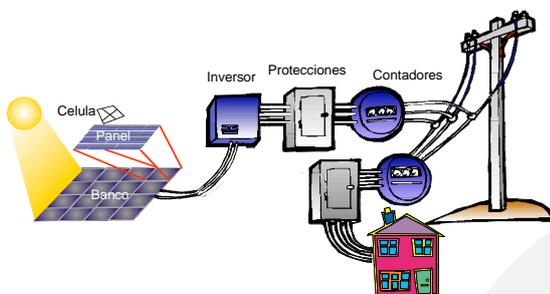


Figura8: Diagrama de una instalación fotovoltaica conectada a red

> Inversores

Las instalaciones aisladas pueden funcionar con aparatos de corriente continua. Pero por distintos motivos puede ser necesario el disponer de un suministro en corriente alterna a 220 V y 50 Hz, tal y como la recibimos de la red.

En ese caso, las instalaciones fotovoltaicas tienen que incorporar un inversor. Éste es un equipo capaz de convertir la corriente continua en otra alterna al tiempo que le adecuan el voltaje y la frecuencia.

La complejidad de los inversores está en su capacidad de igualar la forma sinusoidal de la onda de corriente alterna, y en la garantía de mantener la frecuencia y el voltaje dentro de unos límites.

Para las instalaciones aisladas, los requisitos de estos equipos son menores que en las conectadas a la red. En este último caso, los inversores son unos elementos más sofisticados que deben garantizar que la electricidad solar se vierte a la red en las mismas condiciones que lo hacen las centrales convencionales.

> Estructura Soporte

Los paneles los tenemos que exponer al sol y procurar que recojan la mayor cantidad posible de energía. Como vimos al analizar la necesidad de conocer la energía solar, hay que conseguir que la exposición de los paneles implique la mayor captación posible de radiación solar.

Para ello, los paneles se orientan al Sur y se inclinan un cierto ángulo con respecto al suelo. En general se procura dar a la estructura la inclinación adecuada para captar más energía a lo largo del año. Eso se da cuando la inclinación del panel es la misma que la de la latitud del lugar - 10°. Si ponemos los paneles más verticales conseguiremos producir más energía en la época de invierno y menos en la de verano. Cuando la instalación es aislada, puede ocurrir que no necesitemos producir la mayor cantidad de electricidad a lo largo del año, sino la que más nos convenga en una determinada época. Para ello, los paneles los tendremos que inclinar adecuadamente y la estructura terminará siendo algo más que un mero soporte de los paneles. En cualquier caso, la estructura tiene que estar muchos años a la intemperie y es imprescindible que esté construida para tal fin.

> Instalaciones conectadas a red

Una instalación conectada a red es aquella que vierte toda la energía que genera a la red eléctrica de distribución, de manera que esté disponible para cualquier usuario de la misma.

La ventaja de este tipo de instalaciones es la simplicidad del sistema, al eliminar las baterías para acumulación de energía, que suelen ser la parte más cara y compleja del sistema. Un sistema fotovoltaico conectado a red estará compuesto por el generador fotovoltaico, el inversor, las protecciones y los contadores.

Para que sea posible esta conexión con la red, la energía que producimos debe ser de las mismas características que la existente en la red, además de cumplir unos requisitos de seguridad para evitar daños a la red y viceversa.

Como nuestros módulos fotovoltaicos producen corriente y tensión continua, deberemos convertirla en corriente y tensión alterna idéntica a la de la red en el punto de conexión.

De esto se encarga el inversor, un aparato que realiza esa conversión y normalmente vigila que la tensión y la frecuencia estén dentro de los márgenes legales. Además suele incorporar otros equipos que desconectan la instalación en caso de no detectar tensión en la red, en caso de pérdida de aislamiento, o al detectar cualquier otro mal funcionamiento.

Otras protecciones, además de los vigilantes de tensión y frecuencia, son los diferenciales y magnetotérmicos. Los diferenciales protegen contra contactos directos, y los magnetotérmicos protegen el sistema contra sobrecargas, evitando que se dañe algún equipo o el cableado.

Por último los contadores, uno de entrada y otro de salida, se encargan de cuantificar la energía que hemos inyectado en la red y la que hemos consumido en la instalación, para poder facturar a la compañía eléctrica la energía realmente vertida en la red.

Es importante no confundir este contador de entrada de la instalación con el contador de entrada del lugar donde se sitúe la instalación. Por un lado pagaremos lo que consumamos en nuestra casa, centro, etcétera y por otro cobraremos lo que produzca nuestra instalación.

Hay que destacar que al inyectar TODA la energía producida en la red anula el concepto de autoabastecimiento, pasando a ser un sistema generador. Nuestra instalación será una central eléctrica, y no podremos consumir ni acumular parte de la energía producida. La ubicación de los paneles tendrá que considerar la disponibilidad de espacio y el acceso solar del mismo. Preferiblemente se intentará alguna solución que consiga integrar este equipo en la arquitectura del edificio.

En cuanto al marco legal que regula la conexión a red de baja tensión, la puesta en marcha y la posterior venta de energía, lo encontramos en el Real Decreto 2818/1998, que desarrolla la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, en el Real Decreto 1663/2000, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, y en la Resolución de 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece el modelo de factura y el contrato tipo para estas instalaciones.

En el Real Decreto 2818/1998 se recogen, entre otros aspectos, el procedimiento de inclusión de una instalación de producción de energía eléctrica en el régimen especial y las primas para instalaciones de energías renovables.

En el Real Decreto 1663/2000 se establecen las condiciones administrativas y técnicas básicas de conexión a la red de baja tensión de las instalaciones fotovoltaicas.

La Resolución de 31 de mayo de 2001 establece el contrato tipo que la compañía distribuidora tendrá la obligación de suscribir, así como el modelo de factura que se utilizará para que el propietario de la instalación cobre la energía inyectada.

Actualmente la prima para productores de energía que usen como única fuente la energía solar está en 0,3967 céntimos de euro por cada kWh inyectado. La energía que se facturará será la diferencia entre el contador de salida y el contador de entrada de la instalación fotovoltaica.

> Aplicaciones aisladas de Red

> Electrificación rural

En zonas aisladas, los sistemas fotovoltaicos son competitivos con la red convencional, para el suministro de luz, conservación de alimentos, alimentación de pequeños electrodomésticos y bombeo de agua.

> Telecomunicaciones y señalización

Los sistemas fotovoltaicos suelen ser inmejorables desde el punto de vista de economía y prestaciones cuando se plantea la instalación de repetidores de radio y TV, mantenimiento de las redes de alarma y seguridad y en muchos casos, las ayudas a la navegación tanto aérea como marítima.

> Protección Catódica

Muchos de los problemas de *corrosión catódica* que sufren las grandes estructuras metálicas como oleoductos, gasoductos, entubado de pozos, no tienen otra solución que el acudir al suministro eléctrico aportado por los paneles fotovoltaicos. La durabilidad de algunas de las grandes estructuras de ingeniería y de obras públicas depende del aporte eléctrico de unos pocos paneles fotovoltaicos.

> Mercado fotovoltaico

Como resumen de todas las distintas opciones, se puede establecer una tabla que perfila el mercado actual de las instalaciones fotovoltaicas y en la que se ha excluido un número importante de usos en electrónica y aparatos de consumo tales como relojes, radios etc.

	Viviendas, granjas,...	Sector comercial, industrial.	Zonas de uso público	Edificios, colegios, oficinas.	Apoyo a compañía eléctrica o gas..	Comunicación repetidores,...	Transporte, tren, carretera,...
Uso directo de los paneles solares, sin baterías.							
Bombeo a depósitos	■	■	■		■		■
Purificación de agua	■		■				
Enfriamiento por evaporación	■	■	■	■	■	■	
Ventilación	■	■	■	■	■	■	
Aireación de fosas sépticas	■	■	■				
Conexión directa a red	■	■	■	■	■		
Uso de los paneles solares, con baterías.							
Iluminación	■	■	■	■	■	■	■
Señalización de alarmas	■	■	■	■	■	■	■
Recogida y envío de datos	■	■	■	■	■	■	■
Recarga de baterías	■					■	
Protección catódica		■	■		■		■
Automatismo de riego	■		■				
Antenas y repetidores	■		■			■	
Ventilación	■	■		■	■	■	
Uso directo de los paneles solares junto con generadores eléctricos convencionales.							
Seguridad en hospitales etc.		■					
Zonas aisladas	■	■		■			
Ventilación	■	■	■	■	■	■	
Bombeo de agua	■		■				■

Tabla 1: Uso de los paneles solares

→ V. Las aplicaciones térmicas de la energía solar

Los usos de la energía solar térmica se pueden resumir en un gráfico como el siguiente.

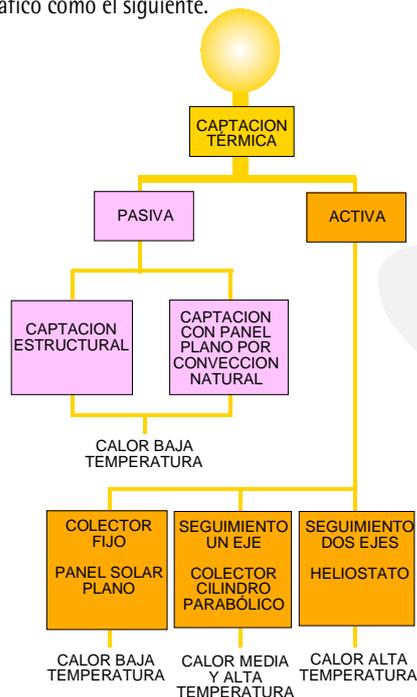


Figura 9: Usos de la energía solar térmica

Los detalles de algunas de estas aplicaciones se pueden seguir en los siguientes apartados.

> Agua caliente para uso doméstico o industrial

El primer paso que hay que cubrir, a la hora de pensar en una instalación de agua caliente, es estudiar el sistema de captación de la energía solar que se adecue, en precio y rendimiento a las necesidades del proyecto.

Cualquier estudio simple de las propiedades físicas de los materiales demuestra que una superficie expuesta al sol *absorbe* en algún grado su energía, y como resultado, aumenta su temperatura por encima de la temperatura ambiente en unos determinados grados; ¿cuántos?, dependiendo de una serie de considerandos, desde unas pocas unidades hasta varios centenares de grados.

Podríamos decir que en lo concerniente a la temperatura que podemos alcanzar, las posibilidades de la energía solar van más allá de lo que podemos necesitar.

Ahora bien, cada paso que se dé, para que un equipo nos suministre un mayor nivel térmico, se hace a costa de complicarlo y encarecerlo.

Por tanto, nos encontramos en una situación en la que, por nuestro propio bien, debemos conocer algo de las prestaciones de cada sistema, a fin de que al elegir justo el adecuado a nuestras necesidades garanticemos el éxito económico de la decisión.

Para ello, daremos un repaso a los factores más sobresalientes de los elementos vitales de cualquier instalación de agua caliente.

> El captador solar

El *captador solar*, generalmente llamado *colector solar*, es básicamente una trampa de calor diseñada para transformar la radiación solar en calor, aprovecharlo en su mayor parte y evitar en lo posible pérdidas al ambiente

El primer objetivo de transformar la radiación solar en calor se hace a base de interponer una superficie sólida, que en adelante llamaremos *absorbente*, con un coeficiente de absorción lo más elevado posible, razón por la que todos los colectores solares tienen un color negro característico.

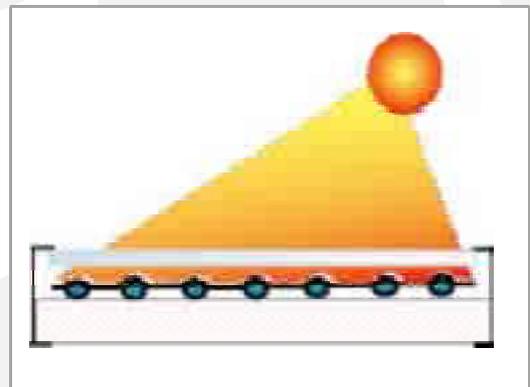


Figura 10: Sección tipo de un colector solar

Una vez absorbido un 90 por 100 de la energía incidente que se transforma en calor, el siguiente paso es evitar que se disipe.

Para ello, se aíslan los laterales y la parte posterior de la chapa absorbente con algún tipo de material aislante.

Con esta disposición, sólo la parte superior, que es la que está expuesta al Sol, es la que queda libre y con capacidad de perder gran cantidad de las calorías captadas.

Para evitar en lo posible esta pérdida, se interpone un vidrio ante esta cara superior y el ambiente. Aunque la capacidad aislante del vidrio es muy reducida, su contribución es notable, ya que reduce enormemente las pérdidas por convección, además de las de radiación debido al efecto invernadero.

El tercer paso en el funcionamiento de colector es conseguir extraer de él el calor que capta, a base de hacer circular un fluido por su interior.

Para facilitar la transmisión del calor captado por el absorbente al fluido térmico, se procura que el absorbente sea un material con un coeficiente de transmisión de calor lo más elevado posible (metal) y, por otro lado, que el fluido térmico circule por un circuito diseñado de tal forma que fluido y absorbente tengan la mayor superficie de contacto posible.

El caudal de fluido que hagamos circular va a ser el determinante de la temperatura que alcance y, por tanto, del nivel térmico de que podremos disponer.

> Diseños comerciales

Una gran parte del esfuerzo dedicado al desarrollo de la energía solar se ha canalizado a través de la idea de conseguir un colector eficiente.

Aunque el número de diseños es enorme, prácticamente son todas variaciones de alguno de los esquemas presentados en la Figura 11.

Estas variaciones se basan en los siguientes puntos:

- 1.- Absorbente y circuito del fluido térmico contruidos como elementos separados o comunes.
- 2.- Absorbente y circuito del fluido contruidos con igual o diferente material.

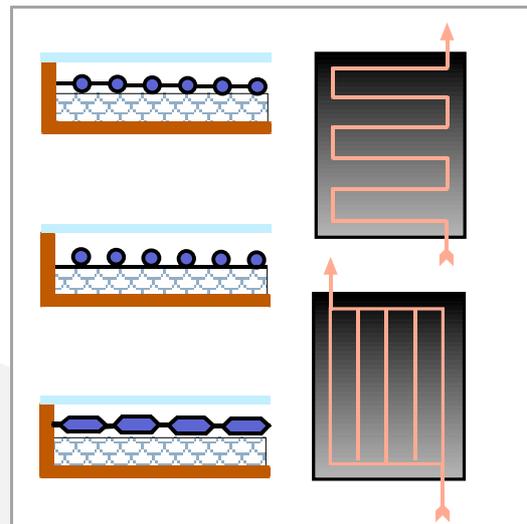


Figura 11: Estructura tipo de un abasorbedor

El diseño más sencillo es el formado por una parrilla de tubos adosados a la chapa absorbente

Como norma general, el tubo de la parrilla es de cobre y el absorbente cobre, aluminio o chapa de acero.

El número de tubos que debe poseer la parrilla es algo que está delimitado por el factor coste. Cuanto más hay, mayor será la superficie de contacto con el absorbente y, por tanto, mejor la transmisión del calor. Por otro lado, existirá un mayor costo de material y mano de obra, el cual hay que sopesar cuidadosamente. La práctica comercial, unida a los fenómenos de transmisión de calor, especifican que la distancia entre tubos debe oscilar entre 10 y 15 cm.

De cara a mejorar el contacto entre el fluido y el absorbente, se han desarrollado nuevos sistemas de fabricación, en los que el circuito del fluido térmico está unido al absorbedor de forma muy eficaz lo que hace que los precios de los colectores hayan disminuido de forma notable.

> Diseños no comerciales

A menudo se desarrollan para un uso concreto y se construyen a base de medios muy simples y trabajo personal. Frente a esas ventajas hay que apuntar que no se puede esperar de ellos el mismo nivel de eficacia que el que ofrecen los modelos comerciales.

De entre todas las posibilidades mencionaremos las dos siguientes:

> Captador solar de uso directo a base de manguera de riego.

Todo lo que necesitamos es una manguera de goma, preferiblemente negra, puesta al Sol. Si bien su eficiencia es limitada, tampoco el costo se puede decir que sea apreciable. Una forma de mejora del rendimiento es meter la manguera dentro de una caja cubierta con un vidrio (Figura 12). Si bien no podemos disponer de más agua caliente que la que cabe en la manguera, para determinados usos en los que ésta se necesite durante las horas del día, este tipo de solución tiene una relación calidad-precio, inmejorable.

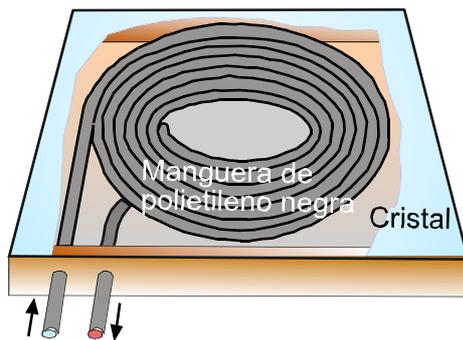


Figura 12: Colector de uso directo a base de manguera de riego

> Captador acumulador

La segunda opción es la que convierte el depósito de acumulación de agua en el propio colector solar.

Un simple depósito de chapa de hierro pintado de negro y puesto al sol hará las veces de colector solar y mientras haya sol, calentará el agua que contenga.

De nuevo sus limitaciones están ligadas a su bajo costo. En días fríos, aunque sean soleados, y en cuanto se ponga el sol, debemos esperar que nos ofrezca un agua poco más caliente que el de la tubería. Pero, también en este esquema podemos introducir una mejora de precio muy razonable. Para ello no es necesario más que construir un cajón a medida, (ver Figura 13) y una vez aislado todas sus paredes,

introducir el depósito y tapanlo con un vidrio.

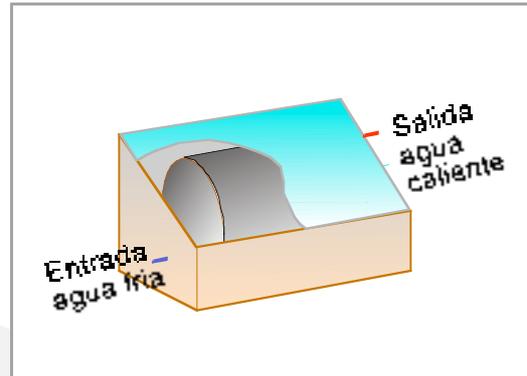


Figura 13: Colector acumulador

> Dónde colocar los captadores solares.

Por supuesto al Sol, y no es una frase gratuita. Para que capturen la mayor cantidad de calor posible deben estar lo más al sur posible y lo más perpendicular que podamos a la dirección de los rayos del sol.

Una vez encontrado un tejado o patio donde instalar los colectores orientados al Sur, aceptando una variación de $\pm 15^\circ$, debemos buscar su inclinación óptima.

> Inclinación

Geométricamente, la inclinación que más radiación capta, es aquella que se encuentra perpendicular a los rayos del Sol cuando éstos tienen mayor intensidad.

La inclinación que más radiación capta a lo largo del año, para un lugar determinado, es la de la latitud del lugar (en la península, entre 36 y 43).

Como en el caso de la orientación, variaciones de $\pm 15^\circ$ son aceptables.

Hay que aclarar que, aunque la inclinación igual a la latitud menos diez grados sea la que más energía capta, puede no ser la idónea. De hecho ocurre que lo que se necesita no es el mayor número

de litros de agua caliente a lo largo del año, sino el mayor número de litros durante la temporada en que más se necesiten, como puede ser durante el invierno.

En estos casos, para acomodar la curva de captación de energía a la curva de consumo, el colector se deberá inclinar de forma que esté perpendicular a los rayos del Sol durante la época más necesaria.

Un caso a estudiar es el de los sistemas para calefacción, cuya inclinación comúnmente aceptada es la de la latitud del lugar + 15. (L+15)

> Calefacción

La calefacción no es más que una forma de consumir el agua caliente que nos generan los paneles solares. Todo lo dicho sobre los mismos se aplica a este uso y para completar su comprensión tenemos que mencionar la forma de transmitir el calor de nuestro agua solar al ambiente.

De los medios más habituales, el *radiador* es el que menos se acomoda al funcionamiento de la instalación solar. Los radiadores emiten mucho calor con poca superficie gracias a que usan agua a mucha temperatura. Al menos mucha más de la que suministran los colectores normales. Por ello, si hacemos pasar el agua de nuestros colectores por los radiadores no conseguiremos el confort necesario.

La solución está en usar sistemas de calefacción por aire o por *suelo radiante*. En ambos casos, el medio de disipar calor se adapta a la temperatura que alcanzan los paneles solares y tendremos asegurado el confort.

> Refrigeración

Aunque parezca mentira, no es ningún disparate el conseguir extraer frío del calor. Ese pequeño milagro lo realiza un tipo de máquina de refrigeración conocida como *máquina de absorción*. Mediante una combinación ingeniosa de fluidos que son miscibles a una temperatura y no miscibles a otra, se consigue que en un lado del proceso el calor del sol evapore uno de los líquidos mientras que en otro lado del sistema que está más frío, el líquido se vuelve a licuar y disolver junto con su portador.

Ese mecanismo es el esencial de condensar y evaporar que utilizan las máquinas estándar de refrigeración, sólo que a base de utilizar electricidad para mover el compresor y el resto de los mecanismos.

Si bien la refrigeración solar es posible, hay que saber que necesita de una temperatura superior a los 80 °C y para ello se debe disponer de un colector solar específico.

> Climatización de piscinas.

Una piscina significa un método de lucha contra los rigores del verano, además de una forma de diversión, y práctica de ejercicio sano.

Todas estas ventajas no están libres del correspondiente gravamen: una piscina es una inversión considerable. La forma racional de sacar provecho a esa inversión es la de utilizar la piscina la mayor cantidad de tiempo posible. Tiempo que está limitado por la bonanza del clima y una temperatura confortable del agua.

Una piscina dejada a su comportamiento natural no es capaz de mantener la temperatura del agua entre los límites confortables, mas que entre los meses de Junio y Septiembre. Sin embargo, la época del año en la que el clima permitiría bañarse se extiende desde Mayo hasta Noviembre,

En resumen, de toda la época potencial de baño, sólo aprovechamos la mitad, con lo que las posibilidades de aprovechamiento de la energía solar son evidentes.

> Cubrepiscinas.

Antes de calentar algo, y la piscina no es una excepción, debemos retener cuanto más calor natural podamos.

En las piscinas, se consigue de forma eficiente, con unas láminas plásticas que quedan flotando y protegen por completo la superficie del agua.

Los plásticos cubre-piscinas, eliminan virtualmente las

pérdidas de calor por evaporación y reducen las debidas a la convección y radiación. Además, si se usa de forma adecuada, ayuda a mantener limpia el agua y reduce el consumo de alguicidas.

> Calefacción activa

Cuando el sistema simple del cubre-piscina no consiga el agua a la temperatura deseada, nos queda el recurso de acudir a los sistemas de calefacción activa utilizando colectores solares.

Para esta aplicación encontramos dos tipos distintos de instalaciones. Las piscinas comunitarias utilizan una instalación y un tipo de colector muy similar al utilizado para el agua caliente doméstica o industrial.

Las piscinas privadas suelen hacer uso de un tipo de colector de plástico negro y aprovechan la bomba de su depuradora para mover el agua de la piscina por los paneles solares. Esta versión de sistema solar es más económica y puede funcionar gracias a que el agua no la tenemos que calentar mas que a unos 25°C.

> Sistemas solares pasivos

Un sistema solar pasivo es aquel en el que la energía se difunde de modo natural. En la mayoría de los casos los sistemas pasivos se integran en la arquitectura de forma que los materiales sirven para un doble objetivo. Las paredes cumplen su función estructural además de la de almacén de calor y los ventanales orientados al sur la de recoger energía solar, y no sólo la de ofrecer unas determinadas vistas.

En la concepción de un edificio solar pasivo el planteamiento es el de que sea el propio edificio el que recoja el calor necesario merced a una distribución apropiada de sus ventanas. Ese calor captado durante las horas diurnas tiene que ser almacenado y distribuido durante las horas nocturnas. Para ello, el diseño juega un papel fundamental puesto que, de nuevo, son los componentes del edificio los encargados de realizar estas labores.

Estas ideas simples se plasman mediante el uso de unas técnicas simples cuyo enunciado es el siguiente:

> Captar el Sol

Adelantemos que en un mes tan desfavorable como Enero, la radiación solar recibida en la Península oscila entre 1.4 y 2.8 Kwh/m². y aunque apliquemos los datos con toda cautela se puede decir que la mayoría de nuestros edificios reciben del sol más energía de la que deberían usar para mantener el confort. Para sacar provecho a esa realidad se hace necesario utilizar las ventanas del edificio con la precaución de que recojan toda la energía solar que vayamos a necesitar para calentar nuestra casa.

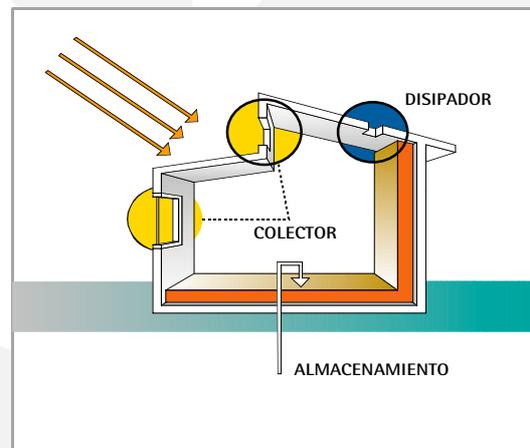


Figura 14: Modelo esencial de un edificio solar pasivo

> Almacenar

La radiación solar que llega a un material es parcialmente absorbida, transformada en calor y acumulada en su interior.

Prestar atención al comportamiento de los materiales expuestos al Sol es una de las reglas básicas en cuanto a que afectarán de forma notoria al comportamiento térmico del edificio. Tanto la cantidad de masa como su *densidad* y su *conductividad térmica* harán que el calor que entra por las ventanas durante el día, pueda almacenarse y utilizarse por la noche.

> Distribuir

La emisión del calor almacenado, o su difusión se realiza gracias a una combinación de resultados de radiación y convección, bien sea esta natural o forzada.

Si por algún motivo el almacén de calor está separado y aislado de la zona habitada, no nos quedará más remedio que acudir al uso de ventiladores para distribuir el calor de forma forzada.

> Conservar

Como se ha dicho para otros casos, una premisa básica para el éxito de un sistema solar es que no pierda la energía que le vamos a suministrar. En el caso del edificio, significa el no reparar en esfuerzos a la hora de evitar infiltraciones de aire y de aislar convenientemente tanto las paredes como los ventanales.

> El tratamiento del entorno

Los diseños pasivos usan las fuentes y los sumideros naturales de energía que rodean al edificio para abastecerse de lo que necesitan y deshacerse de la energía que les sobra para mantener el confort.

Los sistemas solares pasivos consideran las ventanas como colectores solares naturales que van a dejar pasar al interior de la casa toda la energía solar que necesite para calentarse. También las usan para garantizar la ventilación natural con la que refrescar la vivienda en las noches del verano y para controlar que el sol y el viento jueguen a favor del confort del edificio, aprovechan la vegetación.

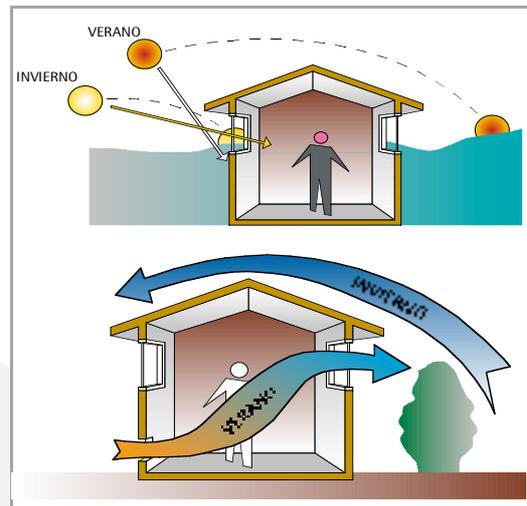


Figura 15: Uso de la vegetación y de los aleros en el control del clima

Las ventajas de los sistemas solares pasivos se basan en la sencillez de las ideas y en que no hay mecanismos que requieran mantenimiento y consuman energía. Para que funcionen bien, hay que aplicarlos en el mismo momento en que se diseña la vivienda.

Por ejemplo, se tiene que distribuir la casa de forma que en las zonas más confortables se ubiquen las habitaciones de más uso y se tiene que disponer el aislamiento en los sitios que más lo necesiten: las paredes que den al norte para controlar las pérdidas de calor en invierno y los tejados y las paredes que miran al oeste para que no nos entre calor indeseado en verano.

VI. Otras energías renovables

> Energía eólica

> La naturaleza del viento

La cantidad de radiación solar que recibe la Tierra es tan enorme, que tan solo un 2% de ella es necesaria para alimentar los mecanismos que crean el viento, las olas y las corrientes oceánicas de nuestro planeta.

Un efecto de los que se producen en lo que cabría definir como fantástico motor de calor que percibimos como el clima, es la constante creación de zonas de altas y bajas presiones sobre la superficie del Globo. El mecanismo por el que estas altas y bajas presiones interaccionan es complejo, pero baste conocer que la atmósfera está en constante emigración desde zonas de alta presión a aquellas de baja presión buscando el equilibrio en un proceso interminable.

El viento, es así, nuestra atmósfera en movimiento. El aire que la constituye tiene una masa, es cuantificable y por tanto cuando está en movimiento posee la energía de todo cuerpo moviéndose y que se conoce como *energía cinética*.

> Influencia de la Topografía

El aire, como todo fluido en movimiento, se rige de acuerdo a unas normas entre las que mencionaremos la teoría de la *capa límite*.

Cuando un fluido en contacto con algún recipiente se mueve, lo hace de forma que las moléculas pegadas a la superficie están quietas y conforme nos alejamos de ella, las diferentes capas del fluido van aumentando su velocidad hasta llegar a alcanzar la velocidad que lleve el mismo. Dependiendo del fluido y de las condiciones de la superficie, la velocidad límite, que es en definitiva la que asignamos a ese fluido, se consigue a mas o menos distancia de la superficie.

Este fenómeno se visualiza en la Figura 16. En ella se observa que la velocidad del fluido va creciendo conforme nos alejamos de la superficie sobre la que circula, y es la que utilizamos para explicar como se comportaría el viento ante determinados obstáculos orográficos.

Una superficie llena de obstáculos tenderá de forma natural a reducir la velocidad del viento en las zonas cercanas al terreno de forma que la velocidad límite haya que encontrarla en los puntos cada vez más altos.

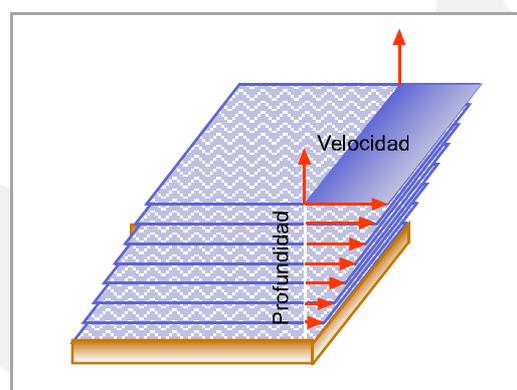


Figura 16: Efecto de la capa límite en el movimiento del aire

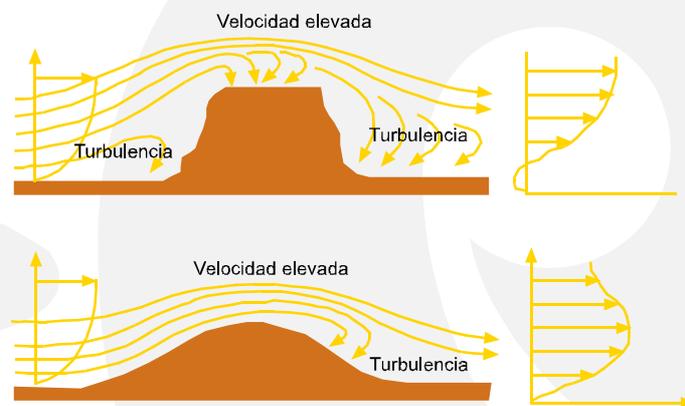


Figura 17: Influencia de la topografía en el comportamiento del viento

Por otro lado ciertos accidentes topográficos pueden aumentar la velocidad del viento en determinada zona. Como norma general la velocidad aumenta cuando el viento corre canalizado. Por otro lado también aumenta ligeramente en zonas próximas al suelo de colinas de suave pendiente cuando el aire sopla hacia ellas, Figura 17 pero decrece y forma remolinos en la zona posterior o en sombra.

Una superficie llena de obstáculos tenderá de forma natural a reducir la velocidad del viento en las zonas cercanas al terreno de forma que la velocidad límite haya que encontrarla en los puntos cada vez mas altos.

Conviene recordar que éstas y otras consideraciones que se puedan hacer, no son dogmas de fé que deban seguirse a "rajatabla", porque el viento es un fenómeno que no se ve y por ello, es difícil de tabular cual es su comportamiento.

No obstante, existen instrumentos y modelos matemáticos que permiten averiguar con gran aproximación su comportamiento.

> Los generadores eólicos y sus aplicaciones

Los generadores eólicos podrían agruparse en dos grupos cuyas características de funcionamiento son básicamente diferentes.

El primer grupo es aquel que se basa en que la superficie del rotor gira por el simple hecho de que el viento la empuja. Eso se traduce en una cualidad importante, como es que la superficie que tiene expuesta al viento hace que empiecen a girar en cuanto el viento adquiere una mínima velocidad y, además, le transmite al eje una fuerza muy elevada.

Estas características los hace especialmente útiles en diseños que lo que requieren es realizar un trabajo mecánico como puede ser moler grano, elevar agua de un pozo. o comprimir aire.

De entre el tipo de generadores eólicos que funcionan de acuerdo a este principio físico, podemos citar los primeros molinos de viento inventados en Persia y China, los molinos Holandeses y los que conocemos en España, el generador

multipala o "molineta" de extracción de agua y el llamado rotor Savonius.

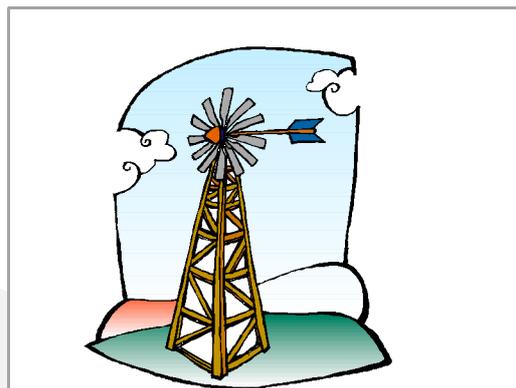


Figura 18: Molineta utilizada para bombear agua de pozos

Todos estos modelos tienen en común la simplicidad, bajo mantenimiento y alta fiabilidad. Así, cuando lo que se requiere de un generador eólico es algo que entra de lleno en las características que se ha apuntado, éste tipo de modelo no tiene competencia incluso contando con el otro tipo de modelo más sofisticado y eficiente.

El otro tipo indicado, se basa en un principio físico completamente diferente del que hemos citado, y por tanto, sus características son drásticamente diferentes. Aunque a ambos los mueve el mismo viento.

El principio por el cual este tipo de generador gira es el mismo que permite volar a los aviones: la *aerodinámica*. El viento no empuja las palas, sino que las "barre". Al pasar por las dos caras de la pala a distinta velocidad, se genera una succión en una de ellas que es la fuerza que hace mantenerse al avión en el aire o girar al molino.

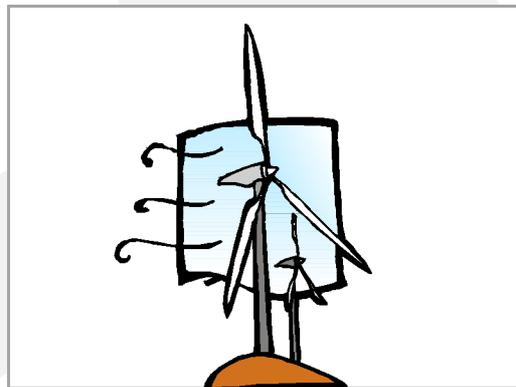


Figura 19: Aerogenerador moderno con palas aerodinámicas

Esta succión se conoce como *coeficiente de sustentación* y aumenta al aumentar la velocidad del aire. La pala del generador eólico puede girar a mucha mayor velocidad que la velocidad del viento. Esto le permite ser mucho más eficiente y adecuado para las características de la generación de electricidad.

Los molinos que podemos ver en la mayoría de los *parques eólicos* que hay por el país pertenecen a este tipo. Suelen disponer de dos o tres palas y una potencia muy elevada. No es inusual que se instalen molinos de 1 Mw.

Haciendo uso de este tipo de aerogenerador, se construyen parques eólicos que se instalan tanto en los lugares más ventosos de nuestra geografía terrestre o marina, ya que este tipo de máquina también se puede ubicar en medio del mar.

> Energía de la biomasa

Todos los vegetales disponen de unas células capaces de transformar el CO₂ del aire y el agua que les llega a través de las raíces en *glucosa*. Además, de proveernos del oxígeno que respiramos, la glucosa es un compuesto orgánico que sirve tanto a las plantas como al resto de los organismos como fuente de energía. Las plantas crecen, generan materia leñosa que como primera medida sabemos quemar y materia verde que sigue toda una cadena en la que se involucran el resto de los organismos vivos.

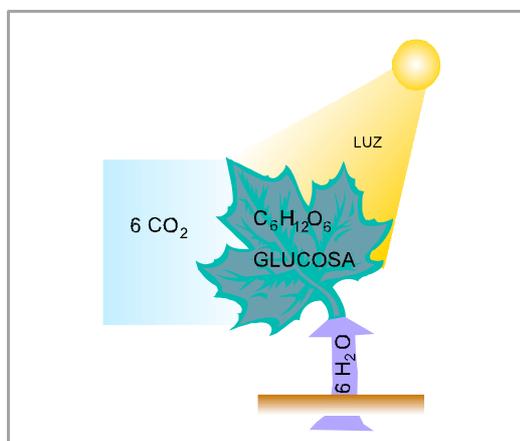


Figura 20: Funcionamiento del fenómeno de la fotosíntesis

A lo largo de todo ese ciclo el hombre ha sabido extraer energía en forma de combustibles sólidos (leña), líquidos (alcohol) o gaseosos (biogás) que es lo que en conjunto conocemos como energía de la biomasa.

De todas nuestras fuentes de energía es la más antigua, es la que más ha contribuido al desarrollo tecnológico de la humanidad y, en la actualidad, es la energía renovable que presenta la mejor tarjeta de visita a la hora de presentar resultados en el conjunto de los problemas energéticos de nuestros días. No solo aporta combustible que se transforma en calor y como consecuencia en calefacción o en electricidad sino sustitutos del petróleo para los motores de los coches.

De todas las variantes de utilización de la biomasa, las que podemos considerar más próximas y más utilizadas por nuestra sociedad son las siguientes.

> Digestión anaerobia: el biogás

La *digestión anaerobia* es el proceso natural de descomposición de la materia orgánica en ausencia de aire a través de bacterias. Uno de los subproductos de ese proceso natural es el llamado *biogás*. Es una mezcla de gases en los que aparece el metano junto con otros incombustibles como el CO₂ y que como consecuencia tiene un poder calorífico menor que el gas natural. Aunque sea un gas más pobre que el que utilizamos de forma habitual, tiene a su favor que se genera como consecuencia de un residuo, que reduce el problema que significa su gestión a la mitad, a veces el 60% del residuo, que se transforma en gas, y que se puede producir de forma local y próximo al consumo.

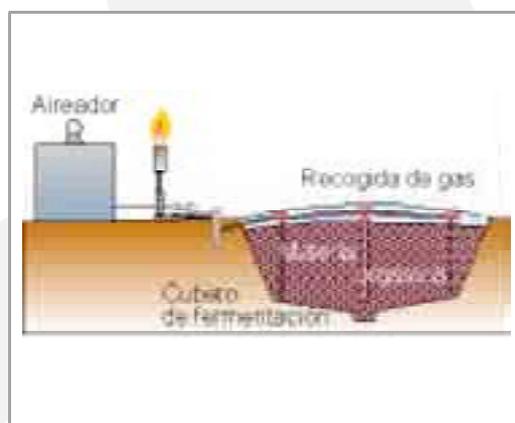


Figura 21: Modelo de una planta de fermentación anaerobia

El resto del volumen se transforma en un residuo que se puede utilizar como fertilizante orgánico (COMPOST). Muchas granjas de animales y muchos vertederos municipales aprovechan este proceso para producir el biogás que reutilizan en su propio ciclo o en la generación de electricidad que se vierte a la red.

> Biocombustibles líquidos

Los biocombustibles son los que se aprovechan directamente en el transporte e incluyen tanto al *biodiesel* como al *bioetanol*. La inclusión del prefijo bio delante de las palabras diesel o alcohol no indica otra cosa que el de disponer de un compuesto que es igual o se utiliza de la misma manera que el homónimo, pero producido a través de la fermentación de productos agrícolas.



Figura 22: El ciclo de los biocombustibles

Los biocombustibles se producen a través de un proceso químico que parte de una fuente natural. El biodiesel tiene como origen más difundido el del girasol, la colza o los cereales.

El bioetanol se genera también a partir de cereales como el trigo o la remolacha azucarera. Pero otro tipo de alcohol como el biometanol, se genera a través de un proceso de pirólisis de los restos leñosos de las plantas. En resumen, un buen número de productos agrícolas que asociamos a la alimentación tienen también una aplicación energética y su uso es bastante más común de lo que suponemos. Algunos surtidores ofrecen biodiesel casi puro y algunos países añaden bioalcohol a la gasolina igual que nosotros añadimos una parte de biodiesel a todo el gasoil que se distribuye en las gasolineras.

> La leña y los combustibles sólidos

Esta es la acepción a la que asociamos comúnmente el término de biomasa. Los combustibles que provienen de los residuos del bosque o de la industria maderera o incluso agrícola y que quemamos directamente o en hornos industriales. Adicionalmente, este modelo de energía se alimenta a base de los llamados *cultivos energéticos*. En principio no son más que plantaciones capaces de producir una materia combustible de forma más rápida y eficaz de lo que lo hace el árbol.

Mientras la leña sigue siendo un combustible fundamental de países en vías de desarrollo provocando, incluso, problemas de deforestación y de erosión, en nuestro entorno la quema directa se ha trasladado al ámbito del hogar y al uso de la chimenea. La quema masiva de biomasa se basa en restos de poda y en residuos de la industria maderera y del mueble. En algunas zonas el recurso es tan grande que su uso permite alimentar las calderas de sus industrias, de la calefacción de algunos pueblos y también, de producción de electricidad. La poda de los árboles de muchas de nuestras ciudades termina aportando energía.

Los cultivos energéticos se han convertido en una salida para determinadas zonas agrícolas cuya producción no tiene capacidad de competir en el sector alimenticio. En casi todas las zonas de cereales, la paja dejó de tener valor en el mercado de la alimentación de animales y a cambio ha entrado en la cadena de la producción de energía.

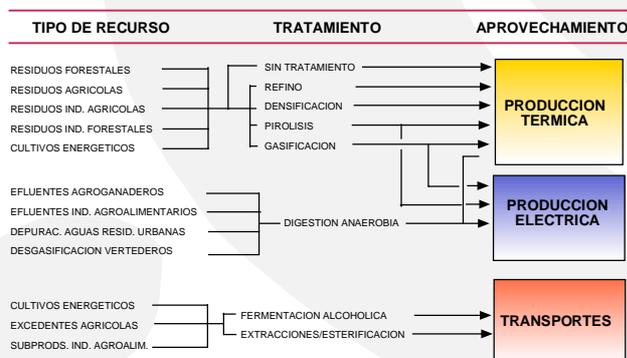


Figura 23: Esquema de utilización de la biomasa

> Energía Minihidráulica

La energía del Sol evapora el agua de los océanos, mares, lagos y ríos y la eleva sobre la tierra formando nubes; cuando éstas se enfrían, se condensan formando la lluvia y la nieve que se vierte a la tierra, reaprovisionándola y cerrando el ciclo. El agua en su transcurso por la superficie terrestre tiende, por la gravedad, a ocupar las posiciones bajas y la energía que esto produce es explotable por las instalaciones hidroeléctricas. Así denominamos Energía Minihidráulica cuando los aprovechamientos hidroeléctricos son inferiores a 10 MW.

> Tipos de Centrales

La finalidad de estas instalaciones es aprovechar la energía del curso de agua que es una composición de dos factores: la altura entre dos cotas del curso y el caudal que lleve. Las centrales aprovechan los dos factores en mayor o menor medida y en base a eso se distinguen

- Centrales de agua fluyente
- Centrales de pie de presa
- Centrales en canal de riego o abastecimiento

Las primeras deben realizar una obra civil para captar una parte del caudal del río, conducirlo hasta el edificio de la central donde es turbinado y devolverlo al río aguas abajo.

En este tipo de central, la potencia instalada está directamente relacionada con el caudal que pasa por el río. Otra versión de esta central es la que construye un azud para ganar salto y evitar la construcción del canal. En este caso, las instalaciones se ubican a pié del curso.

Las centrales de pié de presa tienen la posibilidad de almacenar las aportaciones del río ya que crean un embalse. Gracias a esta capacidad, se puede regular el caudal que se turbinan tanto en cantidad como en el tiempo. Dependiendo de la capacidad del embalse, la regulación puede ser horaria, diaria o semanal.

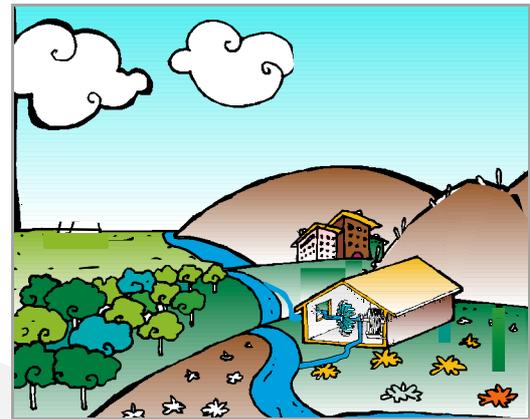


Figura 24: Modelo de central de agua fluyente

Por último las hidroeléctricas en canal de riego aprovechan la existencia de esta infraestructura y utilizan bien el desnivel existente en el propio canal instalando una tubería paralela al caudal que conduce el agua hasta la central para devolverlo una vez turbinado o pueden hacer uso entre el desnivel que exista entre el canal y algún curso de río cercano.

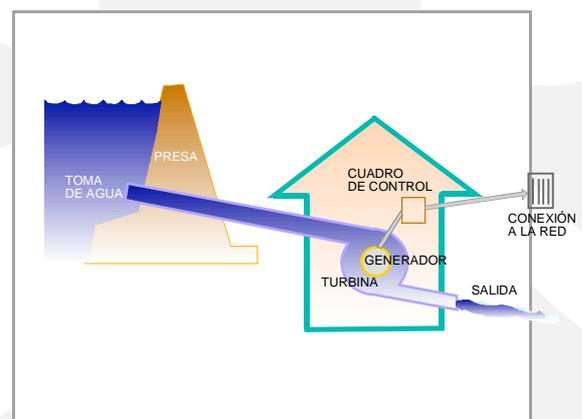


Figura 25: Esquema de central de pié de presa

> Estudio hidrogeológico

La viabilidad de estas centrales depende de la disponibilidad del caudal de agua. Como el régimen de caudales de un río suele ser muy variable, se hace imprescindible su conocimiento para determinar la potencia instalable.

El proceso de medida pasa por la obtención de caudales medios diarios lo que se consigue a base de estaciones de aforo. Cuando esto no es posible, se hace necesario la realización de un estudio hidrogeológico teórico basado en datos de precipitaciones y en aforos existentes en cuencas similares.

Estos estudios nos darán una curva de caudales diarios para un año medio que será representativo de las condiciones de esa cuenca.

> Medidas preventivas y correctoras

Estas instalaciones están sujetas al preceptivo estudio para la evaluación del impacto ambiental (EIA) que debe sopesar las alteraciones que se van a crear tanto durante la fase de construcción como en la de explotación y de forma subsiguiente, tiene que definir las correspondientes medidas correctoras.

La lógica que debe presidir el equilibrio entre el interés de la generación eléctrica y el del control de impacto ambiental es la siguiente:

Debe tenerse especial cuidado, desde el punto de vista ecológico, para seleccionar los emplazamientos. Deben descartarse emplazamientos en parques nacionales y en cualquier otro lugar sometido a figuras de protección que explícitamente excluyan esta forma de aprovechamiento energético.

La instalación debe diseñarse y gestionarse de forma que se protejan las calidades ambientales del sistema fluvial. En particular, se deben seguir criterios específicos en cuanto a: selección de emplazamientos, fase de construcción, fase de funcionamiento y fase de abandono

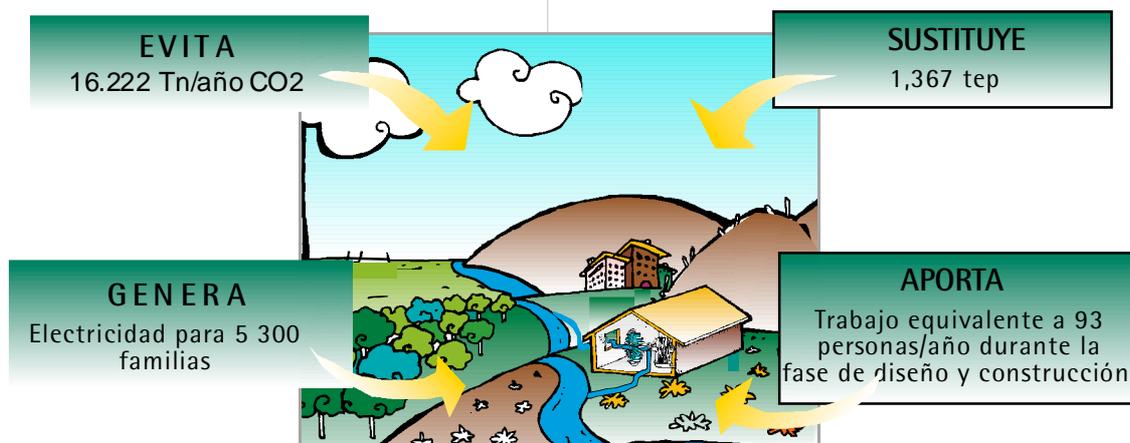


Figura 26: Beneficios ambientales de la minihidráulica