

FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA GENERAR ELECTRICIDAD



PRESENTACIÓN

La energía representa uno de los pilares que soportan el desarrollo de las sociedades actualmente, por lo que su disponibilidad y uso eficiente son un elemento clave para determinar el éxito o fracaso de la economía de los países y es un tema prioritario en nuestro país, catalogado como un país en vías de desarrollo.

El uso de las fuentes de energía actuales como el petróleo, gas natural o carbón conlleva algunos problemas de contaminación y/o el aumento de emisión de gases que provocan el efecto invernadero en nuestro planeta y tienen un límite máximo de explotación.

La producción de energías limpias, alternativas y renovables es una necesidad a la que nos veremos obligados en el corto plazo, por lo tanto, no es una moda, cultura o un intento de preservar el medio ambiente, es una necesidad evidente para salvaguardar los recursos del planeta Tierra.

El Instituto Costarricense de Electricidad pone a su disposición, el presente documento que contiene los conceptos básicos de energía, las diferentes fuentes renovables que se pueden utilizar para generar energía y finalmente, los usos de la energía eléctrica proveniente de estas fuentes y que se utilizan en proyectos a pequeña escala, sean estos para la electrificación rural no conectada a la red de distribución o como proyectos de generación distribuida conectados a la red eléctrica para autoconsumo. Se concluye con un enfoque de sostenibilidad para los usos de la energía.



INDICE

I. GENERALIDADES.....	4
A. Antecedentes	4
B. Concepto de energía	4
II. TIPOS DE ENERGÍA.....	5
A. Energía Mecánica	5
B. Energía Potencial	5
C. Energía Cinética	5
D. Energía Química	6
E. Energía Eléctrica	6
III. FUENTES DE ENERGÍA.....	7
A. Fuentes de energía no renovable	7
A.1 Energía fósil	8
A.2. Energía nuclear	8
B. Fuentes de energía renovable	9
B.1 El sol	10
B.2 El Viento	15
B.3 Agua	17
B.4 Geotermia	21
B.5 Biomasa	23
IV. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA	26
A. Aprovechamiento de la energía eléctrica proveniente de fuentes renovables a pequeña escala	26
A.1 Electrificación rural no conectada a la red de distribución	26
A.2 Generación Distribuida	28
V. ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE.....	30

I. GENERALIDADES

A. ANTECEDENTES

Históricamente, uno de los momentos de mayor trascendencia para la humanidad fue el descubrimiento del fuego. A partir de este descubrimiento el ser humano fue capaz de controlar y modificar muchos procesos que hasta entonces dependían de la naturaleza. Desde este momento la energía ha sido un elemento indispensable para satisfacer las necesidades diarias de la humanidad.

La energía es para el ser humano una acción generalizada y permanente, el ser humano depende de la energía como ente biológico y social; todas las actividades que éste realiza, requieren energía en forma permanente.

B. CONCEPTO DE ENERGÍA

El término **"energía"** proviene de la palabra **"energeia"** que significa actividad, operación y **"energos"** que significa fuerza de acción o fuerza de trabajo. El término energía tiene diversos significados y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para hacer, transformar o poner en movimiento.

En **física**, "energía" se define como la capacidad para realizar un trabajo. En **tecnología y economía**, "energía" se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico.

El calor es una fuente de energía, la luz es energía, un rayo de tormenta es energía, las corrientes eléctricas son energía, los cuerpos que se mueven tienen energía, los combustibles tienen energía, y hasta en la materia viva puede percibirse cierta cantidad de distintas formas de energía.

La energía no se crea ni se destruye, solamente se transforma.

Todo sujeto físico posee, en menor o mayor grado, una cierta capacidad de trabajo y por consiguiente, posee también energía.



II. TIPOS DE ENERGÍA

La energía puede manifestarse de diferentes formas: en forma de movimiento (cinética), de posición (potencial), de calor, de electricidad, de radiaciones electromagnéticas, etc.

Todas las energías pueden transformarse continuamente de una a otra. La energía calorífica puede transformarse en energía cinética, lo mismo que la energía mecánica puede convertirse en energía térmica; el calor puede transformarse en reacción química y a la inversa, una reacción química puede producir calor. La energía eléctrica se transforma continuamente en energía mecánica o en energía calorífica.

A. ENERGÍA MECÁNICA

La energía mecánica expresa la capacidad que poseen los cuerpos con masa de efectuar un trabajo debido a su movimiento y/o posición.

Entre los tipos de energía mecánica pueden mencionarse la energía **hidráulica** (que aprovecha la energía potencial del movimiento de agua) y la energía **eólica** (que aprovecha el movimiento del viento).



B. ENERGÍA POTENCIAL

Todo cuerpo que se ubica a cierta altura del suelo posee energía potencial, como ejemplo se puede citar que la energía potencial de un libro será mayor si se encuentra ubicado en el estante superior de una biblioteca, que si se encuentra en el estante más bajo. A mayor altura mayor energía potencial se tiene. La energía potencial puede definirse como la **energía almacenada** en un sistema, o como una medida del trabajo que un sistema puede entregar.

C. ENERGÍA CINÉTICA

La energía cinética es la energía que tiene un objeto debido a su movimiento. La energía cinética depende de la masa y la velocidad del objeto. La energía asociada a un objeto situado a determinada altura sobre una superficie se denomina energía potencial. Si se deja caer el objeto, la energía potencial se convierte en energía cinética.



D. ENERGÍA QUÍMICA

La energía química es la energía acumulada en alimentos y en combustibles. Se produce por la transformación de sustancias químicas que contienen los alimentos o elementos que posibilitan mover objetos o generar otro tipo de energía.



E. ENERGÍA ELÉCTRICA

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos (cuando se les coloca en contacto por medio de un conductor eléctrico) para obtener trabajo. La energía eléctrica se puede transformar en muchas otras formas de energía, tales como energía luminosa (luz de vivienda), energía mecánica (movimiento de motores) y energía térmica (calentador de agua).

La mayor parte de la energía eléctrica que se consume en la vida diaria de los seres humanos proviene de la red eléctrica. Esta energía es suministrada por las compañías eléctricas a los usuarios finales y estos conectan distintos aparatos eléctricos (lavadora, televisor, maquinaria en la industria, etc.) que se desea utilizar mediante las correspondientes transformaciones, por ejemplo, cuando la energía eléctrica llega a una cocina, se convierte en energía térmica.

En la siguiente fotografía nocturna, se puede ver claramente las zonas del planeta que poseen mayor cantidad de servicios eléctricos.



La Tierra de Noche
Fuente: owje.com

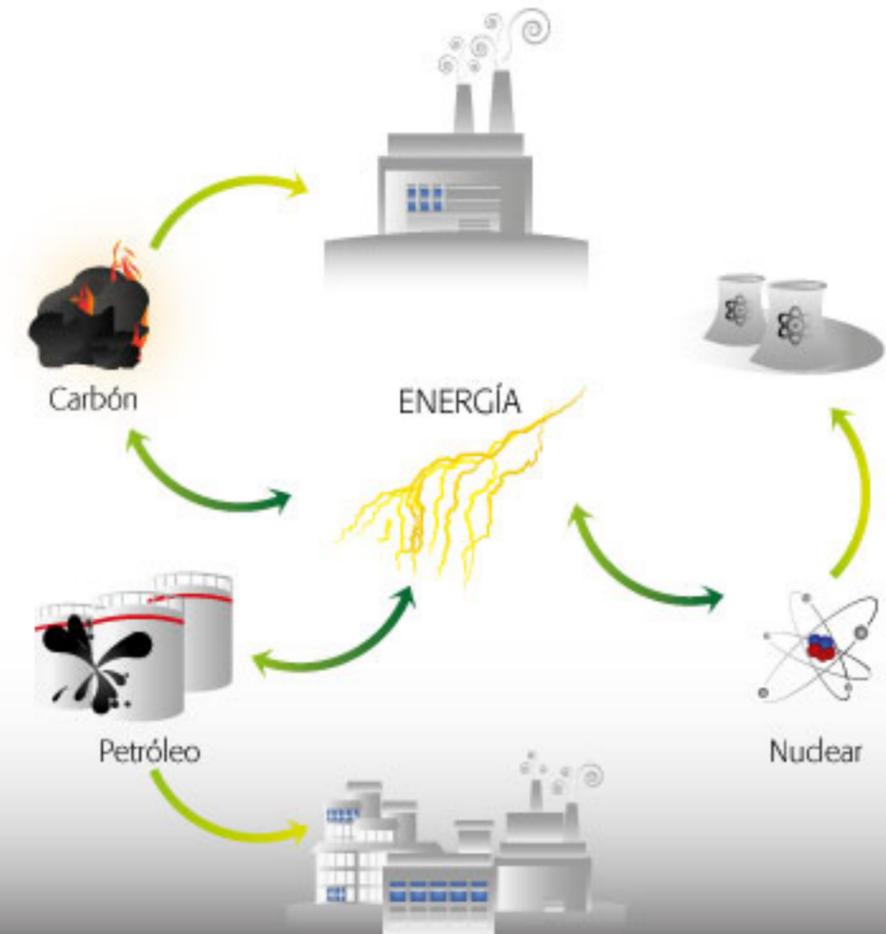
III. FUENTES DE ENERGÍA

La energía puede clasificarse según la fuente de donde proviene, en energía no renovable y energía renovable.

A. FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLE

Se denomina energía no renovable a la que proviene de fuentes agotables, como el petróleo, el carbón y el gas natural. Los combustibles fósiles son recursos no renovables, no podemos reponer lo que gastamos, en algún momento se acabarán y tal vez sean necesarios millones de años para contar nuevamente con ellos. En resumen, las energías no renovables son aquellas fuentes de energía cuyas reservas son limitadas y se agotan con el uso.

ENERGÍAS NO RENOVABLES



A.1 ENERGÍA FÓSIL

Los combustibles fósiles se pueden utilizar en forma sólida (carbón), líquida (petróleo) o gaseosa (gas natural). Son acumulaciones de restos de seres vivos que existieron hace millones de años y que se han fosilizado formando carbón o hidrocarburos. Este tipo de energía es la más utilizada actualmente en el mundo.



Planta térmica Garabito, Puntarenas
Fuente: ICE

A.2. ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear es la energía que se libera al dividir el núcleo de un átomo (fisión nuclear) o al unir dos átomos para convertirse en un átomo individual (fusión nuclear), de hecho la palabra nuclear viene de núcleo.

Cuando se produce una de estas dos reacciones físicas (la fisión o la fusión nuclear) los átomos experimentan una ligera pérdida de masa. Esta masa que se pierde se convierte en una gran cantidad de energía calorífica.

En general, cuando se habla de energía nuclear se hace referencia a generación de electricidad utilizando reacciones nucleares.

Una consecuencia de la actividad de producción de este tipo de energía, son los residuos nucleares radioactivos, como por ejemplo el uranio, los cuales pueden demorar miles de años en desaparecer y tardan mucho tiempo en perder la radiactividad.

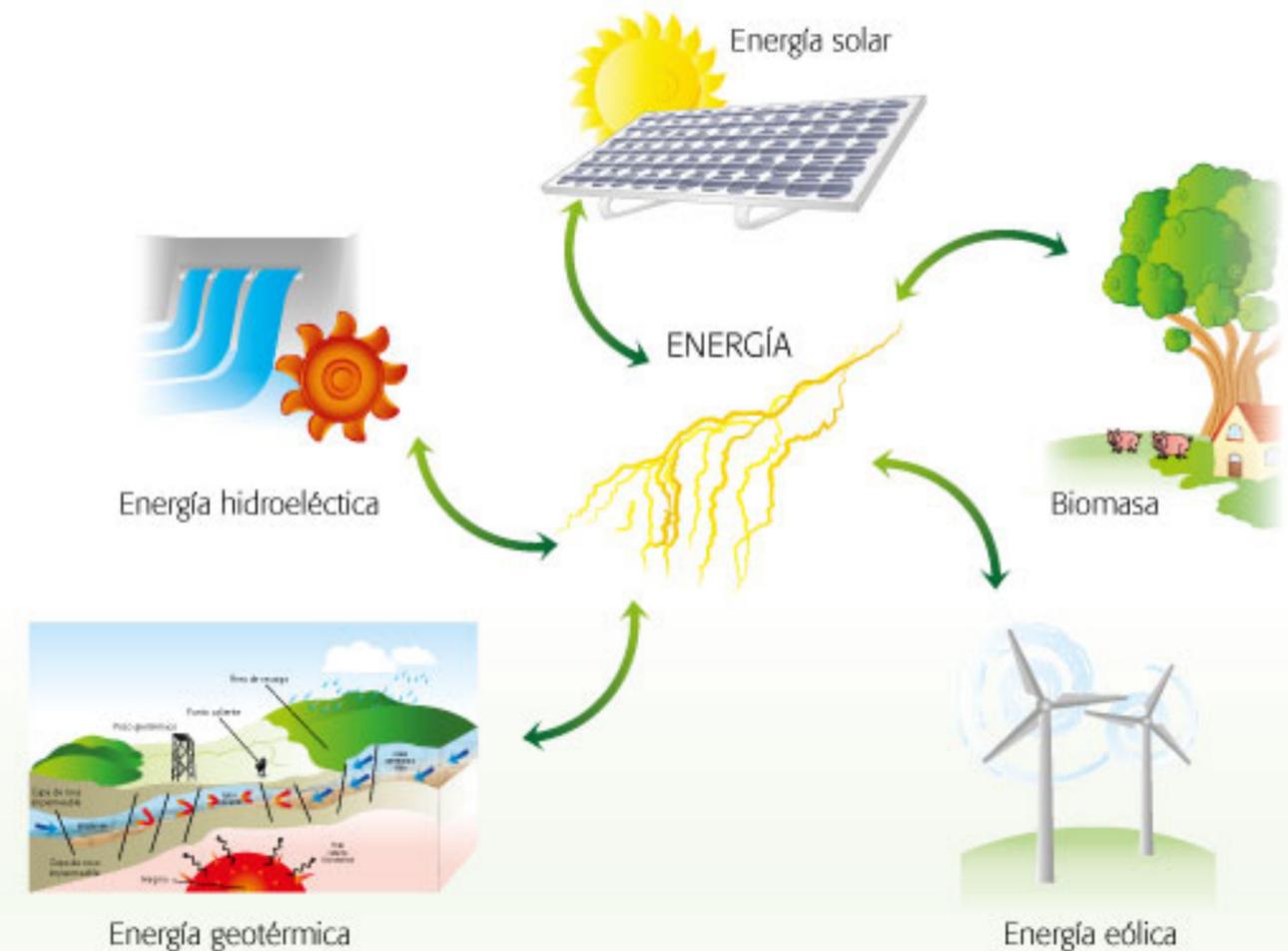
El consumo de energía es uno de los grandes medidores del desarrollo y prosperidad de una sociedad. El concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la humanidad se escasean por diferentes razones. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida con estas fuentes y es posible que todo el sistema colapse, salvo que se desarrollen nuevos métodos para obtener energía de fuentes alternativas y que sean renovables.



B. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Energía renovable es aquella energía que es virtualmente infinita, ya sea por la considerable cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Como ejemplos tenemos la eólica (generada por la acción del viento) y la solar.

ENERGÍAS RENOVABLES



Un concepto similar, pero no idéntico a energía renovable es el significado de **energías alternativas**, son aquellas energías que pueden sustituir a las fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

Las fuentes de energía renovables utilizadas para reemplazar combustibles fósiles son una opción que ayuda a la generación de energía en forma amigable con el ambiente. Este cambio puede hacer una contribución significativa al aumento de la seguridad energética mundial y trae muchos beneficios para los países que han optado por esta opción. Estos beneficios son:

- Los países no productores de petróleo, reducen la dependencia de energía importada, especialmente a aquellos que utilizan grandes cantidades de derivados del petróleo para la generación de su energía.
- Mejora la seguridad de un país, al no tener dependencia de factores externos y a su vez reduce la vulnerabilidad por esta dependencia energética.
- Los países logran diversificar su matriz energética utilizando fuentes de energía renovable o alternativa.
- Desarrollo de nuevas oportunidades de negocio, de mercados emergentes (PYMES), etc.

Las fuentes de energía renovables provienen de:

B.1 EL SOL

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y es el mayor elemento del Sistema Solar. Es nuestra principal fuente de energía, que se manifiesta, principalmente, en forma de luz y calor.

Casi toda la energía disponible en la Tierra, proviene del Sol. El sol es la causa de los vientos, de la evaporación de las aguas superficiales, de la formación de nubes y de las lluvias. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales que con el paso de los siglos han originado combustibles fósiles como el carbón o el petróleo. Por lo tanto, la radiación solar tiene una importancia fundamental, las otras formas de energía renovable, son manifestaciones indirectas de ésta.



ENERGÍA SOLAR



B.1.1 Energía Solar

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. A nivel mundial se ha catalogado como la solución perfecta para las necesidades energéticas de todos los países debido a su universalidad y acceso gratuito. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica o térmica es necesario la utilización de equipos apropiados como celdas fotovoltaicas o colectores solares térmicos.

Por la ubicación geográfica de Costa Rica contamos con un recurso solar de excelente calidad en casi todo el territorio nacional.

B.1.1.1 Energía solar térmica

Los usos fundamentales de la energía solar térmica son los calentadores de agua solares y la calefacción. El principio es muy simple, utilizar el calor del sol para calentar agua y usarla también para calefacción de ambientes. Entre las necesidades que se pueden satisfacer con la energía solar térmica están la obtención de agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a hogares, hoteles, etc. También, se podrá conseguir refrigeración durante las épocas cálidas enfriando agua por las noches.

En **agricultura** se pueden tener otros tipos de aplicaciones como invernaderos solares que favorecen las mejoras de las cosechas en calidad y cantidad, los secadores agrícolas que consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

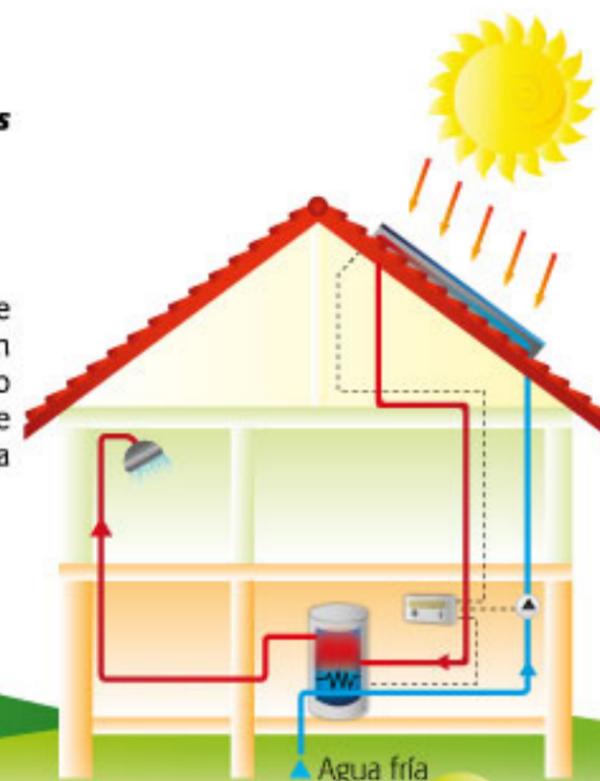
La utilización de la energía solar térmica tiene, además de todas las ventajas de las energías renovables, sus propias ventajas, a saber:

- Las tecnologías son de fácil control y adaptables a las situaciones de diferentes regiones.
- No requiere de mano de obra altamente calificada.
- Se encuentran en forma modular, o sea que se puede adaptar a diferentes tamaños dependiendo de la necesidad.
- Los costos de mantenimiento son bajos.

El aprovechamiento térmico de la energía solar es aplicable en:

a. Calentadores solares de agua

Un calentador solar de agua es un sistema fototérmico capaz de utilizar la energía térmica del sol para el calentamiento de agua sin usar ningún tipo de combustible. Básicamente está compuesto por un colector solar, donde se captura la energía del sol y se transfiere al agua; un termo tanque, donde se almacena el agua caliente y un sistema de tuberías por donde circula el agua.

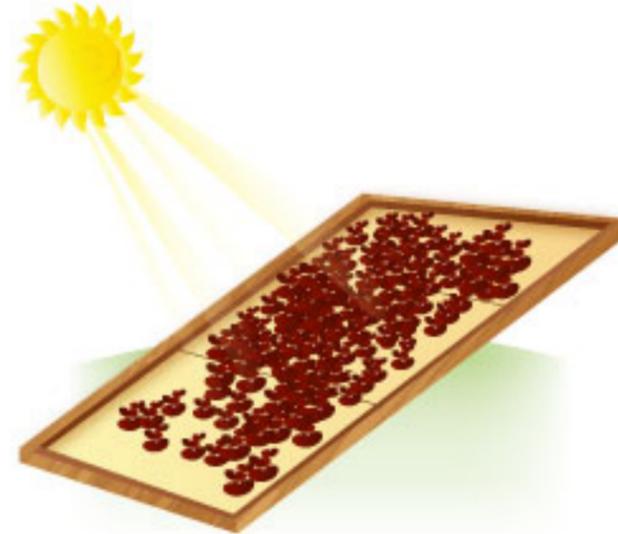


b. Secadores solares

El uso más antiguo de la energía solar térmica es el secado de productos al aire libre. Este procedimiento es de muy bajo costo, pero puede sobrellevar problemas por las lluvias y el ataque de insectos y otros animales, en el caso de productos agrícolas o maderas.

Para evitar esos problemas y lograr mayor eficiencia, se han desarrollado diferentes sistemas de secado solar, que cuentan principalmente con dos elementos:

- 1 El colector, donde la radiación calienta el aire.
- 2 La cámara de secado, donde el producto es deshidratado por el aire caliente.



B.1.1.2 Energía Solar Fotovoltaica

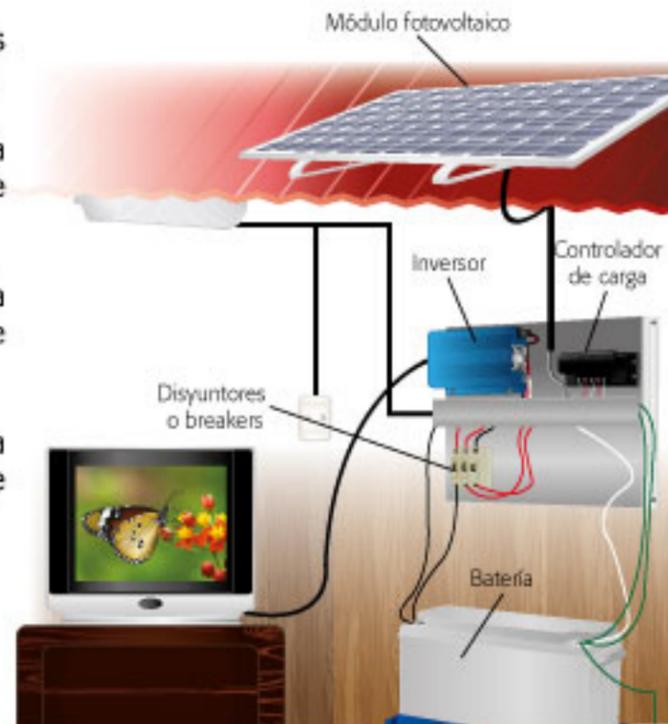
La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable que se obtiene directamente de los rayos del sol.

Se utiliza para abastecer de electricidad a refugios o casas aisladas y para producir electricidad para interconectar a las redes de distribución.

a. Sistema solar fotovoltaico

Un sistema solar fotovoltaico es un conjunto de equipos contruidos e integrados para realizar tres funciones básicas:

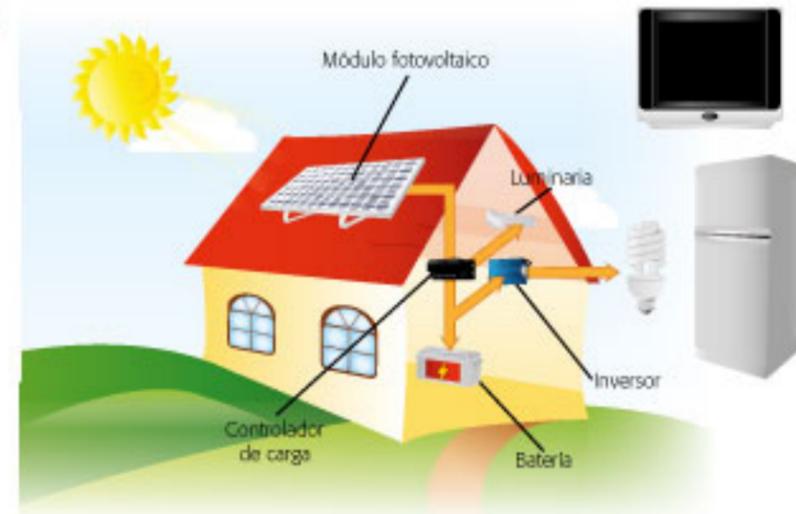
- Transformar directamente la energía solar en energía eléctrica. En este caso el componente encargado de realizar esta función es el módulo fotovoltaico.
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada en baterías, cuando no esté conectada a la red de distribución.
- Proveer adecuadamente la energía producida (consumo) y almacenada utilizando el controlador de carga y el inversor.



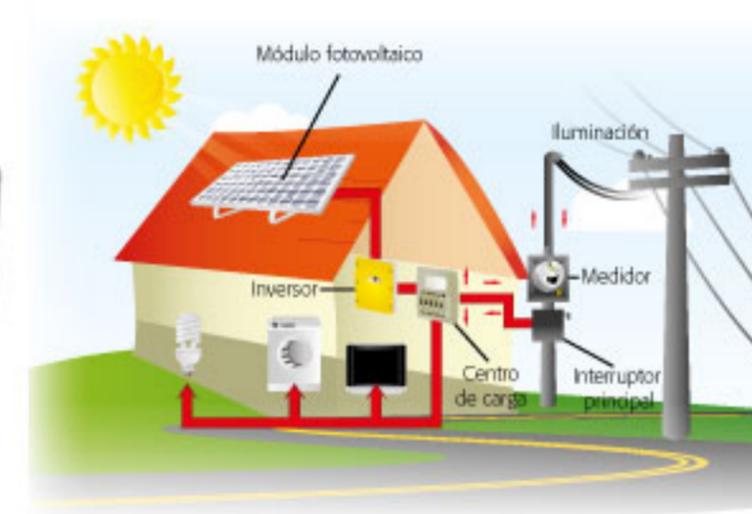
b. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

Actualmente, los sistemas solares fotovoltaicos abastecen a los consumidores de energía eléctrica tanto en zonas remotas y aisladas como en las grandes ciudades. En principio los sistemas solares fotovoltaicos se pueden utilizar como sistemas autónomos o como sistemas conectados a la red de distribución eléctrica.

Aislada

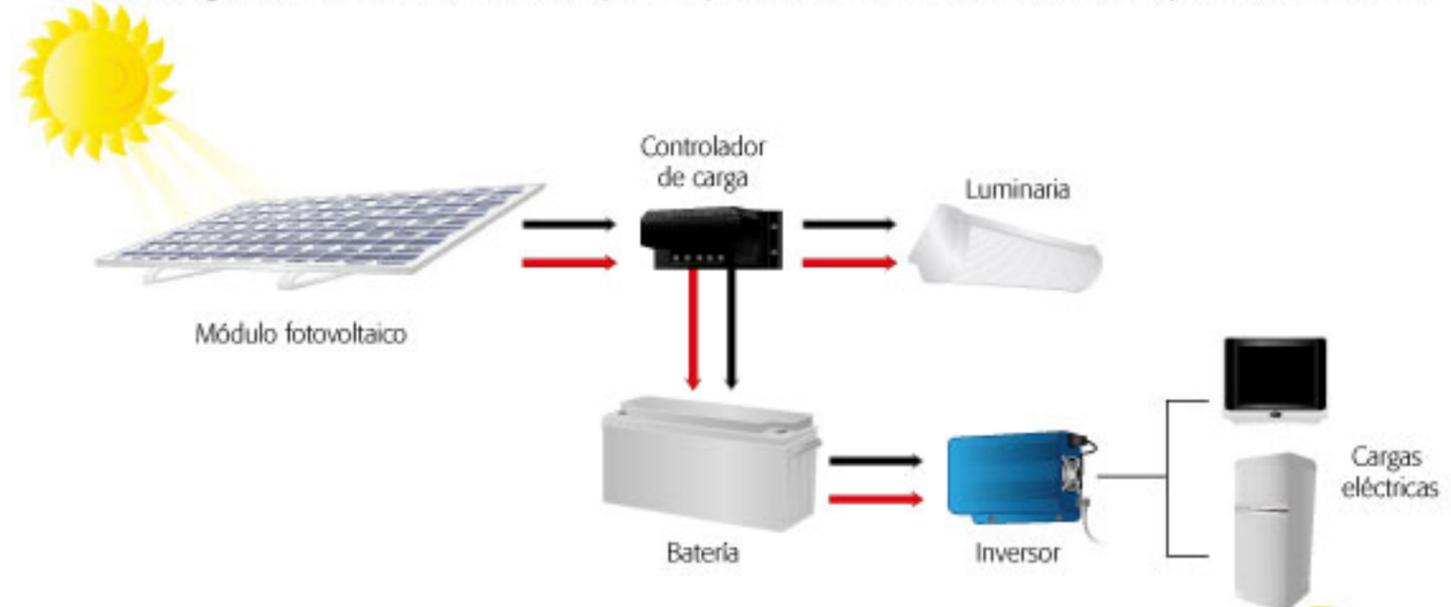


Conectada a la red



b.1 Sistemas autónomos

Estos se caracterizan por estar diseñados para cubrir parcial o totalmente la demanda energética de un usuario. Debido a la naturaleza variable de la fuente energética (el sol) se introduce el concepto de fiabilidad del sistema y se habla de que el sistema cubre la demanda con una cierta fiabilidad. En general debido a las horas que se tiene al sol como fuente energética es necesaria la instalación de un banco de baterías para brindar energía cuando la fuente no está disponible ya sea durante la noche o cuando hay mucha nubosidad.

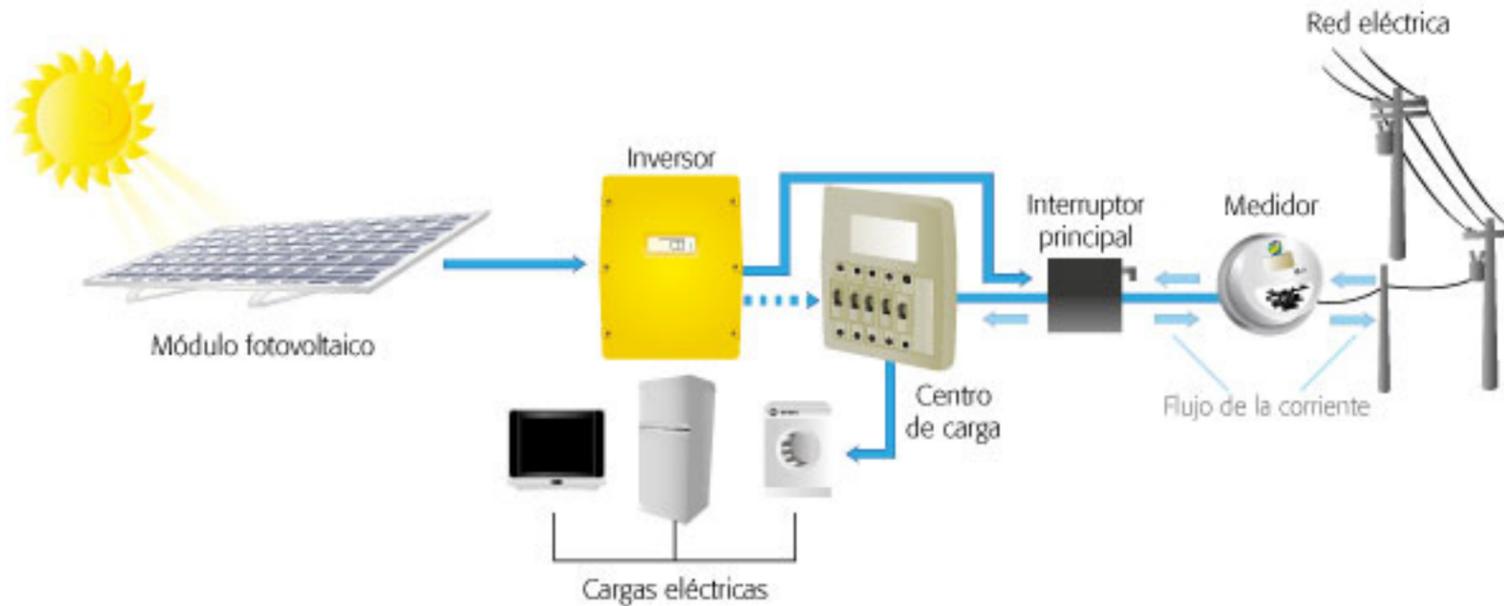


b.2 Sistemas conectados a la red de distribución eléctrica (Generación Distribuida)

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica constituyen una de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica que más atención está recibiendo en los últimos años, debido a su elevado potencial de utilización en zonas urbanas próximas a la red eléctrica. Estos sistemas están compuestos por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre ésta y el sistema fotovoltaico. Así, el sistema suministra energía en la red cuando su producción supera al consumo local, y recibe energía de ella en caso contrario.

En estos sistemas la energía obtenida no se almacena sino que se provee directamente a la red eléctrica comercial. Esto implica por una parte que el banco de baterías ya no es necesario y por otra, que se necesita de un equipo especial para adaptar la energía producida por los paneles a la energía de la red.

Las aplicaciones inmediatas son la venta de energía a la empresa eléctrica o la reducción de la facturación mensual del cliente (autoconsumo). Esta es una posibilidad muy interesante para inversionistas privados en el campo de energías limpias.



c. Ventajas de la energía fotovoltaica

- Permite soluciones modulares y autónomas.
- Su operación es amigable con el medio ambiente.
- Tienen una vida útil garantizada por el fabricante superior a 25 años.
- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo, por lo tanto tiene costos bajos.
- En la actualidad los equipos, han tenido una reducción de precios que los hace más accesibles.
- La región centroamericana dispone de abundante radiación solar, por lo tanto Costa Rica puede aprovechar esta fuente de energía.
- El país cuenta con gran cantidad de distribuidores de equipos fotovoltaicos que ofrecen tanto sus productos, así como la instalación y mantenimiento de los mismos.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.

d. Desventajas de la energía fotovoltaica

- La inversión inicial es alta.
- La cantidad de energía producida está en relación al tamaño del sistema, por lo tanto si se instala un sistema pequeño, solamente sería para suplir las necesidades básicas de electricidad.
- La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.



B.2 EL VIENTO

El viento es aire que se mueve de un lugar a otro, bien sea una ligera brisa o un fuerte huracán. Tiene una procedencia directa de la energía solar, el calentamiento desigual de la superficie de la tierra produce zonas de altas y bajas presiones, este desequilibrio provoca desplazamientos del aire que rodea la tierra dando lugar al viento.

El viento produce energía porque está siempre en movimiento. El contenido energético del viento depende de su velocidad. Cerca del suelo, la velocidad es baja, aumentando rápidamente con la altura. Cuanto más irregular (montañosa) es la superficie del terreno, más frenará ésta al viento. Es por ello que sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas. Sin embargo, el viento sopla con más fuerza sobre el mar que en la tierra.

El uso de la energía cinética del viento para la obtención de energía se ha usado tradicionalmente en los molinos para obtener energía mecánica. El viento ya era una de las principales fuentes de energía de la humanidad hasta la invención de los motores a vapor y de combustión interna en el inicio de la era industrial. A pesar de todo, hasta el siglo XIX no empezó el aprovechamiento comercial de la energía eólica para la producción de electricidad.



ENERGÍA EÓLICA

B.2.1 Energía Eólica

El término eólico viene del latín *Aeolicus*, perteneciente o relativo al dios de los vientos en la mitología griega

y por ende, relativo al viento. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.

La energía eólica es la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire.

Un parque eólico es la instalación integrada de un conjunto de aerogeneradores interconectados eléctricamente. Los aerogeneradores son los elementos claves de la instalación de los parques eólicos que básicamente, son la evolución de los tradicionales molinos de viento. Como tales son máquinas rotativas que están formadas por aspas, unidas a un eje común. El elemento de captación o rotor que está unido a este eje, capta la energía del viento. Mediante el movimiento de las aspas o paletas, accionadas por el viento, activa un generador eléctrico que convierte la energía mecánica de la rotación en energía eléctrica.

a. Aplicaciones

Las aplicaciones de la energía eólica se pueden clasificar (según su ámbito):

Aplicaciones centralizadas: caracterizadas por la producción de energía eléctrica en cantidades relativamente importantes, conectadas directamente a la red de distribución. Dentro de esta clasificación se destacan dos grandes tipos de instalaciones eólicas:

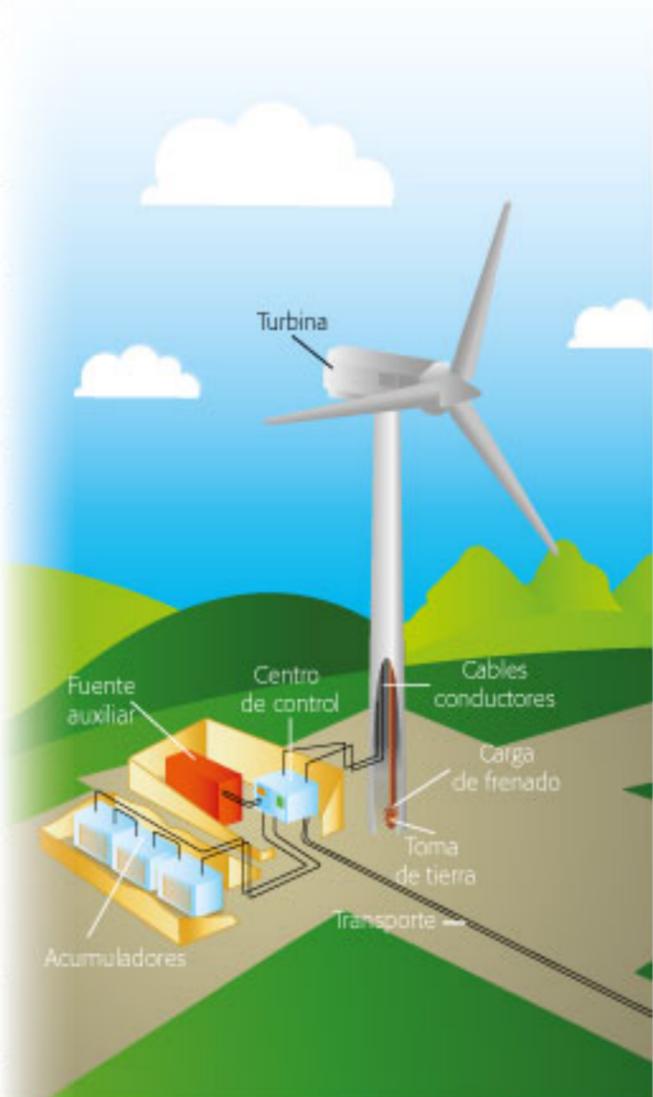
- Aerogeneradores de gran potencia: que se instalan en forma individual por una empresa o persona en sus instalaciones.
- Parques eólicos: se trata de centrales eólicas formadas por agrupaciones de aerogeneradores conectados entre sí, que entregan su energía en conjunto a la red.

Aplicaciones autónomas: Las aplicaciones autónomas de turbinas eólicas de pequeña potencia pueden ser rentables en muchos casos, según las condiciones del viento y las características concretas de las alternativas que se analicen. Las posibilidades que existen en este ámbito se pueden dividir en tres grupos, según el tipo de energía utilizada en cada caso:

1 **Energía mecánica:** aplicación inmediata en el bombeo de agua por medio de bombas de pistón, de tornillo helicoidal o centrífugas.

2 **Energía térmica:** obtenible a partir de la energía mecánica ya sea por calentamiento de agua por rozamiento mecánico, o por compresión del fluido refrigerante de una bomba de calor.

3 **Energía eléctrica:** aplicación más frecuente, pero que obliga a su almacenamiento o a la interconexión del sistema de generación autónomo con la red de distribución eléctrica.



b. Ventajas de la energía eólica

- Es un tipo de energía renovable.
- Es una energía limpia, no produce emisiones ni residuos contaminantes.
- Si bien no puede ser utilizada como única fuente de energía eléctrica, permite ahorrar combustible en las centrales térmicas y/o agua en los embalses de las centrales hidroeléctricas.
- Puede instalarse en espacios no aptos para otros fines, como zonas desérticas, en las costas, en áreas no aptas para cultivos, etc.
- Puede convivir con otros usos del suelo, por ejemplo tierras de uso ganadero o cultivos como trigo, maíz, papas, remolacha, etc.
- Crea puestos de trabajo en las zonas en las que se construye y en las plantas de ensamblaje.
- Su instalación es rápida.
- Su utilización combinada con otros tipos de energía, habitualmente la solar, permite el autoconsumo.

c. Desventajas de la energía eólica

- La energía eólica no puede ser utilizada como única fuente de energía eléctrica debido a la variación del viento.
- Produce un impacto visual inevitable. En este sentido, la instalación de la energía eólica a gran escala puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.
- Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor, pero su efecto no es mayor que el generado por una instalación de tipo industrial de similar forma.
- Existe el riesgo de mortalidad de aves al impactar con las aspas, sin embargo existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando "corredores" o espacios de tránsito a las aves.

B.3 AGUA

El agua es, sin duda, un elemento esencial en la vida de nuestro planeta. Es una fuente de energía renovable con un gran potencial de aprovechamiento, gracias a la circulación constante de la energía cinética contenida en su movimiento y de la energía potencial asociada a las caldas de agua.



Hasta hace poco menos de 100 años, se utilizaba la corriente de ríos rápidos para mover los molinos y moler granos, en la actualidad su aprovechamiento se orienta principalmente a la producción de electricidad a través de centrales hidroeléctricas.

El fluir del agua de los ríos produce energía hidráulica, que en forma indirecta se origina con el Sol, el calor que éste emite evapora el agua de los mares formando las nubes, que a su vez se transformarán en lluvia o en nieve, asegurando así la continuidad del ciclo hidrológico del agua.



ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

B.3.1 Energía hidroeléctrica

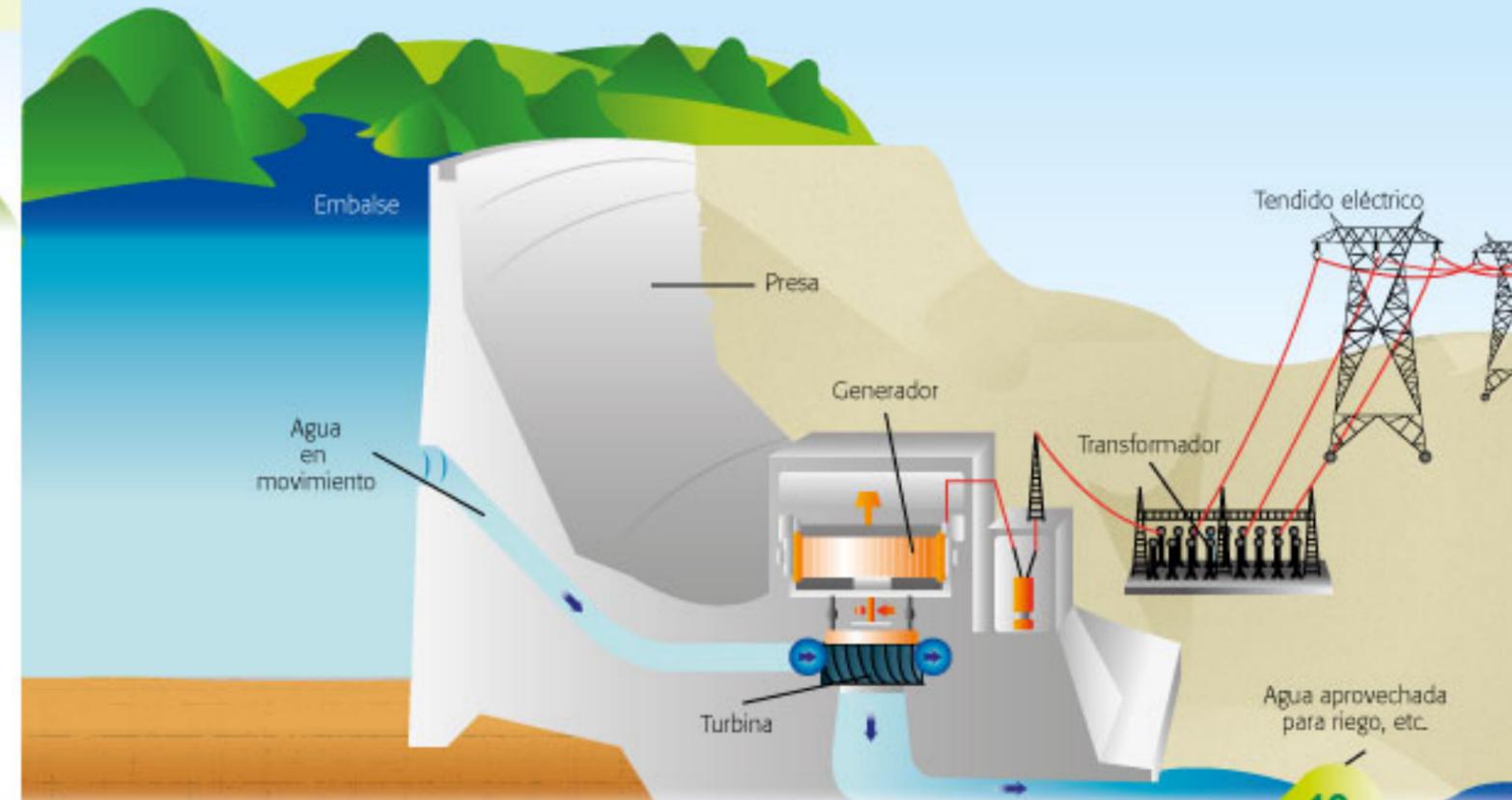
El aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad es una forma clásica de obtener energía. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente, así como cerca del 80% de la electricidad producida en nuestro país. Es una energía renovable pero no alternativa, estrictamente hablando, porque se viene usando desde hace muchos años como una de las fuentes principales de electricidad.

La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los caudales de agua y desniveles en los cauces de los ríos. Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica potencial del planeta, sólo se cubriría el 15% de la energía total requerida.

Las centrales hidroeléctricas se construyen en los cauces de los ríos, en zonas donde el caudal de agua en movimiento es suficientemente abundante y continuo, para poder aprovechar la fuerza gravitacional de un salto o el fluir del agua.

La potencia de una planta hidroeléctrica es proporcional a la altura del salto y al caudal turbinado, por lo que es muy importante determinar correctamente estas variables para el diseño de las instalaciones, y el tipo y tamaño de los equipos.

El agua es impulsada a través de la tubería forzada, entrando de este modo en las turbinas hidráulicas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que produce energía mecánica, que finalmente se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores eléctricos. Esta energía se lleva a un sistema de transformación y luego a las redes de transmisión de electricidad, según se muestra en el siguiente esquema.





Planta micro hidroeléctrica
Chirripó (18 kW)

Según el régimen de flujo las plantas hidroeléctricas se pueden clasificar como:

Centrales de filo de agua: Estas plantas utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica. Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse. Turbinan el agua disponible en el momento y su límite es la capacidad instalada. En estos casos las turbinas pueden ser de eje vertical, cuando el río tiene una pendiente fuerte u horizontal cuando la pendiente del río es baja.

De regulación: Es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. Según la capacidad del embalse puede ser de regulación semanal, mensual, anual, bianual, quinquenal, etc. Es posible generar energía durante todo el año si se dispone de reservas suficientes. La construcción de estas centrales requieren una inversión mayor.



Planta hidroeléctrica Cachi
Fuente: ICE

a. Ventajas de la energía hidroeléctrica

- La energía hidroeléctrica es una energía renovable, limpia y de alto rendimiento energético e inagotable siempre y cuando se tomen las previsiones ambientales necesarias para no agotar el recurso.
- Es una energía totalmente limpia, no emite gases, no produce emisiones tóxicas, y no causa ningún tipo de lluvia ácida.
- Permite el almacenamiento de agua para abastecer otras actividades como pueden ser actividades recreativas o sistemas de riego.
- Se pueden regular los controles de flujo en caso de que haya riesgo de una inundación.
- Las plantas hidroeléctricas tienen vidas económicas más largas que otras plantas de generación de electricidad.
- Los costos de operación son bajos porque las plantas están automatizadas y tienen poco personal durante su operación normal.

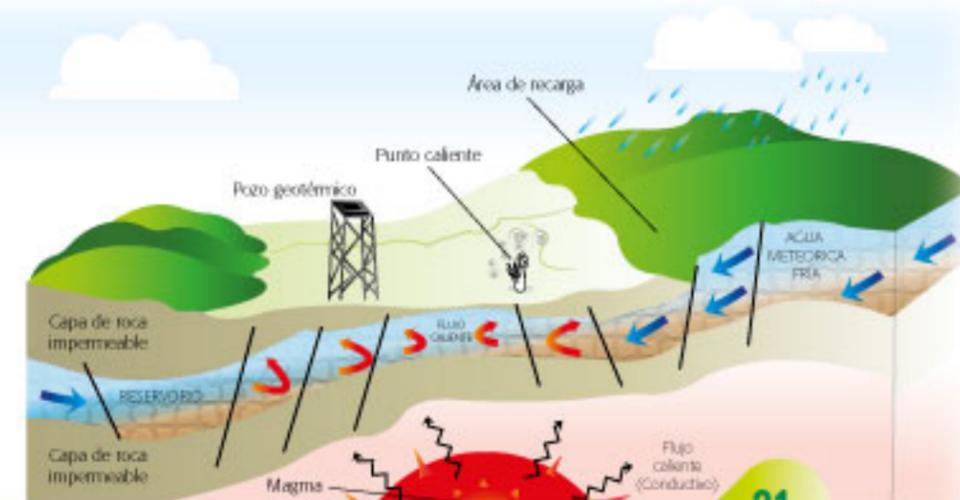


b. Desventajas de la energía hidroeléctrica

- Altos costos de construcción y períodos constructivos muy largos.

B.4 Geotermia

La geotermia es una rama de la ciencia geofísica que se dedica al estudio de las condiciones térmicas de la Tierra. Esta energía se encuentra acumulada bajo la superficie de la tierra en zonas de agua de alta presión, sistemas de vapor o de agua caliente, así como en rocas calientes. A gran escala, la intensidad de esta energía térmica aumenta con la profundidad, es decir, la temperatura de la Tierra aumenta a medida que se viaja más cerca de su centro.



ENERGÍA GEOTÉRMICA

B.4.1 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra, es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie de la misma. La energía geotérmica se aprovecha mediante un sistema de captación del calor.

Es una fuente inagotable de energía los 365 días del año las 24 horas al día, y a diferencia de otros sistemas no influyen las condiciones meteorológicas del momento (sol, viento, etc.).

Se puede encontrar tres tipos básicos de campos geotérmicos (dependiendo de la temperatura del agua):

1 La energía geotérmica de alta temperatura.

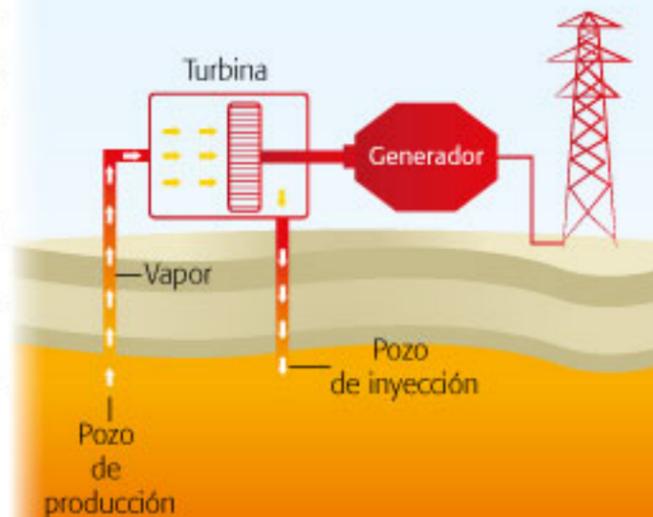
2 La energía geotérmica de temperatura media.

3 Campo geotérmico de baja temperatura.

La energía geotérmica de alta temperatura existe en las zonas activas de la corteza. Su temperatura está comprendida entre 150 y 400°C, se produce vapor en la superficie que es enviado a las turbinas para generar electricidad.

La energía geotérmica de temperatura media es aquella en que los fluidos de los acuíferos están a temperaturas menos elevadas, normalmente entre 70 y 150°C. Por consiguiente, la conversión vapor-electricidad se realiza a un menor rendimiento, y debe utilizarse como intermediario un fluido volátil.

La energía geotérmica de baja temperatura es aprovechable en zonas más amplias que las anteriores. Los fluidos están a temperaturas de 60 a 80°C. La energía geotérmica de muy baja temperatura se considera cuando los fluidos se calientan a temperaturas comprendidas entre 20 y 60°C. Esta energía se utiliza para necesidades domésticas, urbanas o agrícolas.



a. Ventajas de la energía geotérmica

- Es una fuente que minimiza la dependencia energética importada.
- Los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por fuentes fósiles.
- Sistema de gran ahorro, tanto económico como energético.
- Ausencia de ruidos exteriores.
- Hay gran potencial de recursos geotérmicos en todo el mundo.
- No está sujeta a precios internacionales, sino que siempre puede mantenerse a precios nacionales o locales.
- El área de terreno requerido por las plantas geotérmicas por megavatio es menor que otro tipo de plantas.
- Bajas emisiones de gases contaminantes.

b. Desventajas de la energía geotérmica

- Contaminación térmica, que sucede al deteriorar de la calidad del agua por incremento de la temperatura, al verter agua caliente a los afluentes de agua.
- En el caso de Costa Rica la energía geotérmica está disponible en las cercanías de los volcanes, que en este caso, son Parques Nacionales.



B.5 Biomasa

Biomasa es la utilización de la materia orgánica como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un vasto conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su diversidad, tanto por su origen como por su naturaleza.

La biomasa fue el primer combustible utilizado por la humanidad. El desarrollo de la biomasa está muy ligado a las actividades agrícolas, forestales y a los residuos que éstas producen.



a. Conversión de la biomasa en energía

Existen diferentes formas para transformar la biomasa en energía que se pueda aprovechar, pero hay dos de ellas que se utilizan más:

a.1 Métodos termoquímicos

Es la manera de utilizar el calor para transformar la biomasa. Los materiales que funcionan mejor son los de menor humedad (madera, paja, cáscaras, etc.) El método más utilizado es la combustión que existe cuando se quema la biomasa con mucho aire (20-40% superior al teórico) a una temperatura entre 600 y 1.300°C.

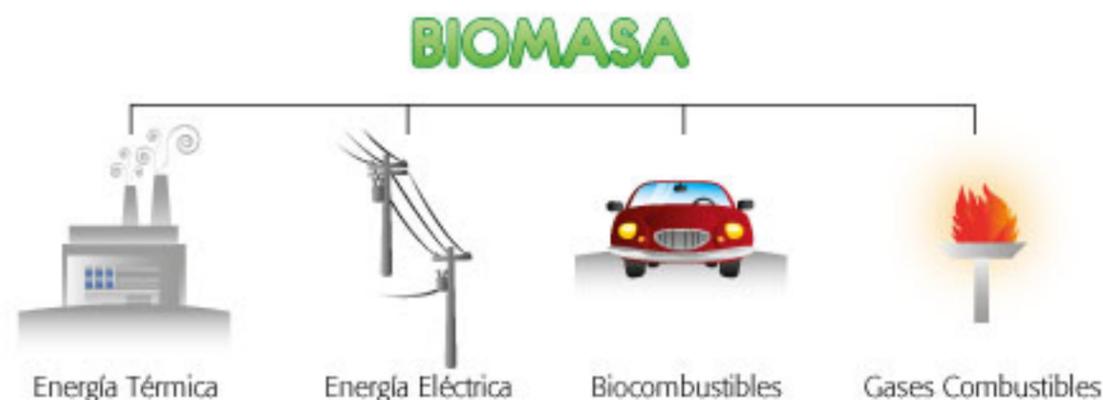
Es el modo más básico para recuperar la energía de la biomasa, de donde salen gases calientes para producir calor y también para producir electricidad.

a.2 Métodos bioquímicos

Se llevan a cabo utilizando diferentes microorganismos que degradan las moléculas. Se utilizan para biomasa con alto contenido de humedad. Los más comunes son: fermentación alcohólica y la digestión anaerobia (sin oxígeno) de la biomasa, donde la materia orgánica se descompone (fermenta) y se crea el biogás.

b. Aplicaciones de la Biomasa

La biomasa tiene cuatro aplicaciones básicas: producción de energía térmica, de energía eléctrica, de biocombustibles y de gases combustibles.



b.1 Producción térmica

La combustión de la biomasa o de biogás puede utilizarse para generar calor y vapor, que se puede utilizar para uso doméstico en cocinas y calefactores. En la industria se pueden usar como fuente energética para hornos cerámicos, secadores y calderas.



b.2 Biocombustibles

La producción de biocombustibles tales como el etanol y el biodiesel tiene el potencial de sustituir cantidades significativas de combustibles fósiles en varias aplicaciones de transporte.



b.3 Producción de electricidad

La electricidad puede ser generada a partir de un número de fuentes de biomasa y al ser una forma de energía renovable se la puede clasificar como "energía verde". La producción de electricidad a partir de biomasa no contribuye al efecto invernadero ya que el dióxido de carbono liberado por la biomasa cuando es quemado, (directa o indirectamente después de que se produzca un biocombustible) es igual al dióxido de carbono absorbido por el material de la biomasa durante su crecimiento.



b.4 Gas Combustible

El biogás producto de la digestión o de la pirolisis anaeróbica tienen un número de aplicaciones, pueden ser utilizados en motores de combustión interna para accionar turbinas para la producción eléctrica, puede utilizarse para producir calor para necesidades comerciales y domésticas y como combustible en vehículos especialmente modificados.

c. Ventajas de la biomasa

- La biomasa es una fuente renovable de energía.
- La biomasa como combustible no es contaminante.
- El correcto tratamiento de la biomasa supone un aumento del reciclaje y una disminución de los residuos.
- La biomasa es un recurso autóctono, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial o por las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados.
- La biomasa se produce y consume en un ámbito local y puede mejorar las economías rurales.

d. Desventajas

- Tiene baja densidad energética, poder calórico bajo.
- Se necesita una mayor cantidad de biomasa para obtener la misma cantidad de energía que con otras fuentes.
- Algunos usos de la biomasa no son completamente competitivos. En la producción de electricidad por ejemplo, hay fuerte competencia de las nuevas plantas de gas natural, altamente eficientes.
- La producción y el proceso de la biomasa pueden implicar un consumo de energía significativo por ejemplo el transporte de residuos que se utilicen como biomasa.

IV. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA

La energía es la base de toda actividad humana en el sentido más amplio de la palabra: mueve los cuerpos humanos, cocina los alimentos, calienta e ilumina las casas, desplaza vehículos y realiza muchas otras cosas más a favor de la humanidad.

El ser humano es un alto consumidor de energía y este consumo constituye la base del desarrollo y bienestar de la humanidad.

A escala mundial, la energía consumida por el hombre proviene en, aproximadamente, un 80% de combustibles fósiles (carbón, petróleo, y gas natural) cuya utilización masiva conduce al agotamiento de sus reservas y supone una amenaza real al medio ambiente, que se manifiesta, principalmente, a través del calentamiento global del planeta y de la acidificación del agua.



A. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PROVENIENTE DE FUENTES RENOVABLES A PEQUEÑA ESCALA

A.1 ELECTRIFICACIÓN RURAL NO CONECTADA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El acceso a los servicios eléctricos básicos: iluminación, telecomunicaciones, fuerza motriz, refrigeración y otros está considerado un requisito previo imprescindible para el acceso al derecho a una vida digna para los habitantes de un país. Si un ciudadano está imposibilitado para conseguir este acceso básico a la energía, es más difícil que alcance un desarrollo personal, social y económico.

Según las Naciones Unidas el acceso a formas modernas de energía permite a los ciudadanos de una nación, cambiar las condiciones de vida y tiene un impacto permanente muy positivo sobre todos los objetivos de desarrollo de esta organización. El acceso a servicios energéticos modernos se considera cuando las viviendas tienen acceso a la electricidad y a los sistemas limpios de cocción (libre de humo interior). En este contexto se debe ubicar la electrificación de las comunidades rurales aisladas.

El término "comunidad rural aislada" se circunscribe específicamente a aquellas comunidades que por su dificultad de acceso, debido a razones geográficas, o por razones económicas, hacen muy difícil su conexión a las redes de distribución eléctrica, y por ello, han quedado excluidas del proceso de electrificación mediante la extensión de redes en un plazo de tiempo razonable.

El objetivo de los países que tienen comunidades rurales aisladas, es en general, alcanzar la universalización en el acceso a la energía para todos sus habitantes, mediante un complemento de diversos tipos de energéticos y tecnologías, con soluciones adaptadas a las necesidades y al contexto territorial de cada comunidad y por ende a sus habitantes.

Para conseguir el acceso universal a la electricidad en un país, es necesario que sus gobiernos lo incluyan como una prioridad en sus agendas políticas. Pero además, es necesaria una planificación que implica una fuerte coordinación de esfuerzos entre los diferentes sectores involucrados, para evitar la duplicación de iniciativas o la invalidación de los mismos.

Un sistema renovable no conectado a la red es un sistema de generación, almacenamiento y suministro de energía eléctrica, que funciona en base a energías renovables (solar, eólico, hidro, biomasa), el cual está aislado de cualquier red eléctrica y que abastece de electricidad a una sola instalación, sea esta una vivienda, un puesto de salud, una escuela, etc. Típicamente son los sistemas fotovoltaicos domiciliarios, sistemas eólicos pequeños, pequeñas plantas hidroeléctricas, etc.

En la planificación de la electrificación rural, las energías renovables a pequeña escala son una alternativa a la extensión de redes para aquellos casos donde llegar con redes conlleva una inversión muy alta y esta alternativa brinda una solución básica a los miembros de estas comunidades.



Para considerar las energías renovables como una opción para una determinada comunidad, es necesario conocer la disponibilidad de estos recursos en el lugar. Por tanto es imprescindible disponer de datos precisos sobre mapas eólicos con datos de medición de viento, mapas solares y datos de potenciales hidráulicos de la zona.

Otro tema clave para la explotación de energías renovables no conectadas a la red de distribución, son las necesidades de energía de los pobladores, para determinar si la(s) fuente(s) disponible(s) puede(n) generar la energía necesaria para la comunidad.

En la mayoría de los casos el uso de energías renovables para electrificar comunidades rurales aisladas es la solución técnico/económica óptima, básicamente debido a la dispersión de los pobladores, a su bajo consumo energético y a la falta de una adecuada infraestructura vial.

A.2 GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Históricamente la generación de electricidad se ha desarrollado bajo el modelo de construcción de grandes centrales de generación, alejadas de los centros de consumo, con la respectiva construcción de una adecuada infraestructura que permita llevar la energía en óptimas condiciones hasta el usuario final. En las últimas décadas, principalmente en los países desarrollados, se presenta una alternativa a éste modelo de generación: producción de electricidad cerca del punto de consumo.

A este nuevo modelo se le ha llamado "Generación Distribuida", la cual se ha definido como "cualquier tecnología de generación a pequeña escala que proporciona electricidad en puntos más cercanos al consumidor y que se puede conectar directamente al consumidor o a la red de transporte o distribución." (Definición de Distribution Power Coalition of America).

También, la Agencia Internacional de la Energía (IEA, International Energy Agency), define la generación distribuida como "la producción de energía en las instalaciones de los consumidores o en las instalaciones de la empresa distribuidora, suministrando energía directamente a la red de distribución".



La generación distribuida es una alternativa al modelo energético centralizado que tienen la mayoría de los países, basado en la generación de energía a gran escala y que se distribuye a través de extensas líneas de transmisión y de distribución. Esta se basa en el uso de recursos energéticos locales, producción de energía a pequeña escala y la minimización del transporte de energía entre el punto de generación y los consumidores. Todo ello conlleva a un sistema energético más sustentable, flexible y robusto, donde existen múltiples unidades de generación locales que incluye a los mismos consumidores, residenciales, comerciales e industriales, como generadores de energía.

El autoconsumo es un caso particular de la generación distribuida, donde el cliente eléctrico instala un sistema de generación en sus edificaciones, con el único propósito de suplir parcial o totalmente sus necesidades de energía eléctrica. La energía producida para autoconsumo solo se usa para disminuir la demanda del cliente eléctrico que la genera.

La generación distribuida tiene múltiples beneficios, como lo son democratizar las decisiones energéticas y aumentar la posibilidad de participación de la ciudadanía como productores y consumidores de energía. Los beneficios también se encuentran en la disminución de costos, mayor seguridad energética y un aumento de la flexibilidad para responder a un aumento de la demanda.

Muchos equipos de generación distribuida operan en paralelo con la red eléctrica, para lo cual necesitan estar conectados a ella de forma adecuada. El sistema de interconexión está formado por una serie de equipos (hardware y software) que permite realizar la conexión física de estos sistemas a la carga del usuario y a la red eléctrica. Proporciona acondicionamiento y conversión de la energía (en caso necesario), protección, monitorización, control, medida y despacho de la energía generada.

Si se toman en cuenta los aspectos ambientales es importante recalcar que la penetración y crecimiento de la generación distribuida, está muy ligada a las energías renovables y otras tecnologías de alta eficiencia como la cogeneración. Además, debido a que se genera en el punto de consumo, conlleva importantes reducciones en las pérdidas del sistema de transmisión y distribución. Se puede decir que la generación distribuida, tanto por las tecnologías de generación que utiliza, como por la reducción de pérdidas de transporte y distribución es un factor clave de cara a cumplir las obligaciones de protección al medio ambiente, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de combustibles fósiles.

La generación distribuida se ha ido desarrollando, en mayor o menor grado, tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo y se ha expandido alrededor del mundo. Existen diversos factores que condicionan notablemente el desarrollo e implementación de estas tecnologías, entre ellos se pueden destacar la disponibilidad de recursos o fuentes energéticas, las características físicas de los países y los factores económicos, sociales y políticos. Asimismo, el nivel de madurez tecnológica y el nivel de precios de los diferentes equipos a utilizar, son factores determinantes en una mayor penetración de la generación distribuida.



V. ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

El uso de las fuentes de energía actuales tales como el petróleo, gas natural o carbón conlleva algunos problemas como son la contaminación y/o el aumento de emisión de gases que provocan el efecto invernadero en nuestro planeta.

La discusión sobre energía "alternativa o convencional" representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse en un futuro cercano. Es importante recalcar que las energías alternativas aun siendo renovables, también son finitas y como cualquier otro recurso natural tendrán un límite máximo de explotación. Por tanto, incluso aunque podamos realizar la transición a estas nuevas energías de forma gradual, tampoco van a permitir continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento perpetuo. Es por esta razón que surge el concepto del **Desarrollo Sostenible**.

Este término fue formulado explícitamente en el informe presentado por la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987, conocido como el Informe Brundtland, como "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades". El desarrollo sostenible se basa en la aceptación de que el desarrollo es posible y necesario; debe hacerse sostenible, perdurable y viable en el tiempo y que la sostenibilidad debe ser económica, social y ambiental.

En general, un modelo energético sostenible sería aquel caracterizado por unos patrones de producción y consumo que conciliarían el desarrollo económico, social y ambiental, satisfaciendo las necesidades energéticas de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades.

El modelo energético sostenible se basa en las siguientes premisas:

- El uso de fuentes de energía renovable, ya que las fuentes fósiles actualmente explotadas terminarán agotándose.



- El uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y nuclear.
- La explotación extensiva de las fuentes de energía, proponiéndose como alternativa el fomento del autoconsumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.
- La disminución de la demanda energética, mediante la mejora de la eficiencia de los equipos eléctricos (electrodomésticos, lámparas, etc.)
- Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata sólo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos; es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y censura al desperdicio.
- La producción de energías limpias, alternativas y renovables es una necesidad a la que el ser humano se ve obligado en el corto plazo, por lo tanto no es una moda, cultura o un intento de preservar el medio ambiente, es una necesidad evidente.



El uso de marcas registradas o comerciales incluidas en el contenido de esta guía tiene exclusivamente fines ilustrativos e informativos y no pretende ser una transgresión a los derechos de autor ni a la legislación de propiedad intelectual en Costa Rica.

La utilización en esta guía de marcas, logotipos, nombres de sellos y sus respectivos distintivos gráficos, es meramente ilustrativo y didáctico.

El usuario no podrá utilizar los contenidos de la presente guía para desarrollar cualquier tipo de actividades comerciales o no, donde obtenga beneficio por el uso de la propiedad intelectual de terceros. Respetará los derechos e intereses de los titulares de los derechos de propiedad intelectual.

Más información:

Apartado Postal
10032-1000 San José
UEN Servicio al Cliente
Proyectos Especiales

Teléfonos
(506) 2000-0039
(506) 2000-6954
(506) 2000-0040

Documento elaborado por:
Gerencia de Electricidad - UEN Servicio al Cliente

E-mail
generaciondistribuida@ice.go.cr
ahorroelectricidad@ice.go.cr

Área Proyectos Especiales con la colaboración Área de Conservación de Energía

www.grupoice.com