

¹ENERGIAS RENOVABLES

INDICE

- 1º) Introducción
- 2º) Energía solar
- 3º) Energía fotovoltaica
- 4º) Energía hidráulica
- 5º) Energía eólica
- 6º) Energía geotérmica
- 7º) Biomasa
- 8º) Mareomotriz

<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Departamentos/DFyQ/energia/e-3/energia1.htm>

http://www.sernageomin.cl/sernageomin/sitio/difusion/Energia_Geotrmica.htm

<http://www.nodo50.org/pano/ere.htm#stern>

<http://www.censolar.es/menu2.htm>

<http://www.emision.com/515.htm>

Escrito por Álvaro Pérez y Andrés Álvarez

INTRODUCCION

Todas las fuentes de energía, salvo la geotérmica y la nuclear, proceden, en última instancia del sol, pero lo usual es identificar como energía solar la energía renovable obtenida con el empleo directo de la energía del sol en forma de luz o calor. Entendemos como energía renovable aquella cuya fuente de obtención se renueva constantemente, poniéndose a nuestra disposición de forma periódica, frente las energías no renovables que no se renuevan o que tienen unos períodos de renovación muy largos.

La energía que recibe la tierra del sol es enorme, si bien no nos damos cuenta ya que la tenemos como cosa cotidiana. La energía solar recibida por la tierra en un año es miles de veces superior al consumo total de energía de la humanidad en un año, si bien se registran grandes variaciones, desde menos de 400 W/m²/día en el norte de Europa a los más de 1000 en los trópicos.

Además, existen grandes variaciones diarias (días claros o nublados). En un día claro se pueden llegar en latitudes medias desde los 750 hasta los 1100 W/m²/día, según la estación, y en uno nublado (nubes altas sin lluvia) de 200 hasta 500 W/m²/día.

La fotosíntesis es la utilización más importante de la energía solar, y la única fuente de materia orgánica, alimentos y biomasa. La leña es una consecuencia de la fotosíntesis, y los combustibles fósiles no son más que energía solar almacenada a lo largo de millones de años. Bueno, también son un almacenamiento seguro para el CO₂, pero esta es otra cuestión.

La energía de las mareas es consecuencia de la acción combinada del sol y la luna, la hidroeléctrica del ciclo del agua, causado en última instancia por el sol, que es quién provee la energía necesaria para evaporar agua del mar y elevarla a las montañas para que pueda ser aprovechada su fuerza al descender. La energía del viento es causada por el sol al calentar desigualmente distintas masas de aire...

El aprovechamiento directo de la energía solar, al tratarse de una forma de energía difusa, variable y poco concentrada, entraña ciertas dificultades, que la tecnología se

encarga de solucionar día a día ofreciendo continuamente mejoras. Básicamente hay dos tipos de aprovechamiento de la energía solar directa: la fotovoltaica, que convierte la radiación solar en electricidad, y la térmica, que aprovecha el calor del sol.

Las energías alternativas son, en muchas ocasiones, más económicas que las convencionales. La radiación del sol es gratuita e inagotable, y su uso energético es rentable a medio plazo, permitiendo amortizar en poco tiempo su instalación.

Deducido el coste de amortización, las energías alternativas son totalmente gratuitas, aunque siempre es necesario un sistema de apoyo energético con fuentes no renovables para cuando las condiciones meteorológicas no son favorables.

Consúltenos sobre equipos para aprovechamiento de energía eólica o hidráulica para bombeo de aguas, molinos y otras aplicaciones. Muchos de los equipos son aptos para uso doméstico y su precio es muy asequible.

También podemos suministrar equipos para aprovechamiento de la biomasa, la gasificación o metanización de residuos. Puede ser interesante la obtención de gas metano a partir de residuos de ganadería.

Si buscamos en el diccionario encontraremos que la energía es la magnitud física que nos indica la capacidad para realizar un trabajo.

Mas allá de consideraciones científicas, la energía es el motor de nuestro mundo: mueve nuestros cuerpos, calienta nuestras casas, ilumina nuestras calles, alimenta nuestras industrias, desplaza nuestros vehículos y, en definitiva, es la base de cualquier actividad que se lleve a cabo a nuestro alrededor.

La riqueza y calidad de vida de los pueblos está directamente relacionada con el uso de los recursos energéticos.

El consumo de energía se ha tomado como indicador de desarrollo industrial: a más consumo, más desarrollo.

Creemos que es necesario cambiar este concepto: los países más desarrollados deberán demostrar que son capaces de seguir creciendo a la vez que disminuyen su consumo de energía primaria, de lo contrario este indicador más que de desarrollo nos hablará de derroche energético.

Producir energía limpia; apostar por las renovables; frenar la dependencia de las importaciones energéticas, limitar el efecto invernadero... son objetivos a los que es difícil oponerse. Pero en 1996, el último año en el que hay datos confirmados de los Quince, sólo el 5% de la energía total consumida en la Unión Europea respondía a estos criterios ecológicos. La UE defiende duplicar en cada país el peso de las renovables y llegar, en el 2010, a una media del 12% para los Quince.



Las energías renovables podrían solucionar muchos de los problemas



ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica. Las energías renovables podrían cubrir un tercio del consumo de electricidad y reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 20% para el año 2.005.

El potencial de las energías renovables en España, aún con las limitaciones actuales de tecnología y costes económicos, es muy elevado. En el año 2005, si la Administración acometiese una decidida política de empleo de las energías renovables, éstas podrían llegar a proporcionar 8,1 Mtep. Tal cifra debería crecer rápidamente a partir del año 2.005, para alcanzar las 14,5 Mtep en el año 2020.

La energía eólica muestra las potencialidades para la creación de empleo de las nuevas tecnologías energéticas, pues ya emplea a cerca de 4.000 personas en España, entre empleos directos e indirectos. La propuesta alternativa supondrá la creación de 9.000 empleos fijos en la producción de aerogeneradores y 3.600 en la explotación, y un total de 60.000 nuevos empleos sólo en renovables (34.000 en la producción y obra civil, y 26.000 en la explotación)

ENERGÍA SOLAR

Energía solar, energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión . Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones (*véase* Radiación electromagnética; Fotón), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es $1,37 \times 10^6$ erg/s/cm², o unas 2 cal/min/cm².

Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0,2% en un periodo de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

El colector solar plano es la aplicación más común de la energía térmica del sol. Países como Japón, Israel, Chipre o Grecia han instalado varios millones de unidades, si bien el momento actual de bajos precios del petróleo no es precisamente el más favorable.

Cada metro cuadrado de colector puede producir anualmente una cantidad de energía equivalente a cien kilogramos de petróleo.

Las aplicaciones más extendidas son la generación de agua caliente para hogares, piscinas, hospitales, hoteles y procesos industriales, y la calefacción, empleos en los que se requiere calor a bajas temperaturas y que pueden llegar a representar más de una décima parte del consumo.

¿Qué podemos obtener de la energía solar?

Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener *calor y electricidad*.

El calor se logra mediante los *captadores o colectores térmicos*, y la electricidad, a través de los llamados *módulos fotovoltaicos*. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación.

Hablemos primero de los sistemas de aprovechamiento térmico. El calor recogido en los colectores puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a nuestros hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc. Incluso podemos climatizar las piscinas y permitir el baño durante gran parte del año.

También, y aunque pueda parecer extraño, otra de las más prometedoras aplicaciones del calor solar será la refrigeración durante las épocas cálidas, precisamente cuando más soleamiento hay. En efecto, para obtener frío hace falta disponer de una «fuente cálida», la cual puede perfectamente tener su origen en unos colectores solares instalados en el tejado o azotea. En los países árabes ya funcionan acondicionadores de aire que utilizan eficazmente la energía solar.

Las aplicaciones agrícolas son muy amplias. Con invernaderos solares pueden obtenerse mayores y más tempranas cosechas; los secaderos agrícolas consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y, por citar otro ejemplo, pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

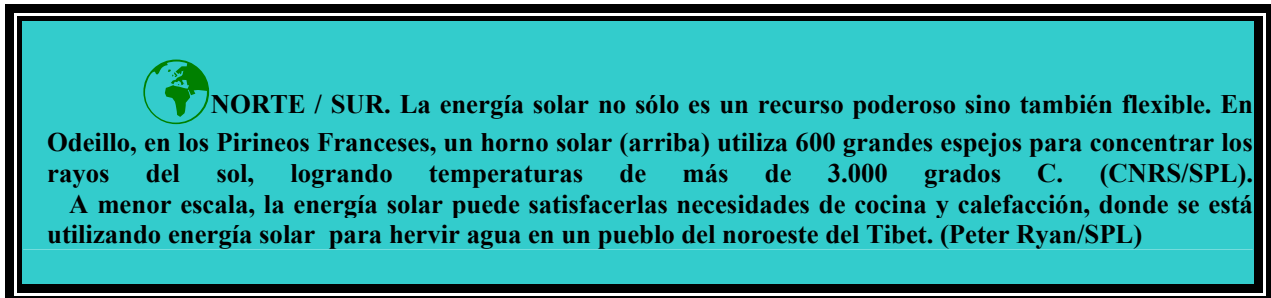
Las «células solares», dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. También es posible inyectar la electricidad generada en la red general, obteniendo un importante beneficio.

Si se consigue que el precio de las células solares siga disminuyendo, iniciándose su fabricación a gran escala, es muy probable que, para la segunda década del siglo, una buena parte de la electricidad consumida en los países ricos en sol tenga su origen en la conversión fotovoltaica.

La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación. Así, una casa *bien aislada* puede disponer de agua caliente y calefacción solares, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente

funcionaría en los periodos sin sol. El coste de la «factura de la luz» sería sólo una fracción del que alcanzaría sin la existencia de la instalación solar.



ENERGÍA FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es, en términos sencillos, la utilización de la luz solar para producir electricidad. La aplicación de esta electricidad en zonas rurales donde no llegan las líneas comerciales, o en pequeños electrodomésticos como calculadoras, bombeo de aguas en lugares aislados, señalización en autopistas, iluminación de jardines o zonas públicas... Es cada día más frecuente.

La venta de energía solar fotovoltaica a la red eléctrica es posible, pero las posibilidades prácticas de conseguirlo son escasas debido a que el proceso de tramitación de papeles con la compañía eléctrica compradora suele ser largo y costoso.

Siga los enlaces para ver ejemplos concretos de aplicaciones y sus costes. No dude en contactar con nosotros para exponernos su caso particular. Seguro que nuestros técnicos encuentran la mejor solución y la más económica.

Las energías alternativas son, en muchas ocasiones, más económicas que las convencionales.

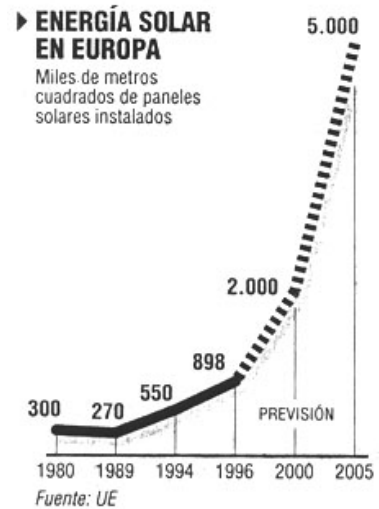
Disponemos de paneles solares para electrificación de viviendas, equipos para el bombeo de aguas en pozos, la señalización o el alumbrado. Consulte sus necesidades.

La producción de electricidad a partir de células fotovoltaicas en 1.997 es aún seis veces más cara que la obtenida en centrales de carbón, pero hace tan sólo una década era dieciocho veces más, lo que permite que el empleo de células fotovoltaicas para producir electricidad en lugares alejados de las redes de distribución ya compita con las alternativas existentes, como generadores eléctricos a partir del petróleo. En los próximos 5 años se espera reducir el coste del kWh a 12 centavos de dólar, a 10 para antes del año 2.010 y a 4 centavos para el 2.030. A lo largo de toda la década el mercado fotovoltaico creció a ritmos anuales superiores al 40%; entre 1.971 y 1.996 se han instalado en el mundo 700 megavatios de células fotovoltaicas

La superficie ocupada no plantea problemas. En el área mediterránea se podrían producir 90 millones de kWh anuales por kilómetro cuadrado de superficie cubierta de

células fotovoltaicas, y antes del año 2.005, con los rendimientos previstos, se alcanzarán los 150 millones de kWh por km². Un país como España podría resolver todas sus necesidades de electricidad con apenas 900 km², el 0,2% de su territorio. Todas las necesidades energéticas mundiales se podrían cubrir ocupando sólo unos 300.000 km² con células fotovoltaicas. Por lo que se refiere al almacenamiento, la producción de hidrógeno por electrólisis y su posterior empleo para producir electricidad u otros usos, puede ser una óptima solución.

Para el año 2.005 se podrían llegar a alcanzar los 100 MWp, cifra importante si se comparan con los 6,7 megavatios de 1.996, pero no descabellada, dadas las claras perspectivas que se abren con las nuevas tecnologías. Tal cifra irá destinada a la electrificación rural, a señalización y comunicación, y a los usos agrícolas y ganaderos, aunque deberían igualmente instalarse algunas centrales destinadas al suministro a la red. En España, con una radiación solar diaria superior en la casi totalidad del territorio a 4 kWh por metro cuadrado, el potencial es inmenso. Sólo en los tejados de las viviendas españolas se podrían producir anualmente 180 TWh, cifra superior al consumo de 137 TWh en 1.993.



CÉLULA SOLAR. Algunas células solares funcionan en base a una plaqueta delgada de silicio monocristalino, que ha sido tratada para poder convertir la luz del sol en corriente eléctrica. El silicio se obtiene de la arena ordinaria. Dada la eficiencia de la célula solar y la duración de su vida útil, se calcula que una tonelada de arena puede generar la misma cantidad de electricidad que se produce quemando más de medio millón de toneladas de carbón. (Philippe Hailly/SPL)

AUTOMÓVIL SOLAR El "Sunraycer" ganó la primera carrera internacional de automóviles impulsados por energía solar, que tuvo lugar en Australia en noviembre de 1.987. Construido y financiado por General Motors, tardó cinco días y medio en cubrir las 1.950 millas entre Darwin y Adelaide, con una velocidad media de 66 km/h. Uno de los participantes de la carrera de 1991 marco un nuevo record mundial de velocidad para automóviles solares, alcanzando 135 km/h. (Peter Menzel/SPL).



Energía hidráulica

En España el potencial adicional técnicamente desarrollable podría duplicar la producción actual, alcanzando los 65 TWh anuales, aunque los costes ambientales y sociales serían desproporcionados. La propuesta no considera la



construcción de ninguna nueva gran central, centrando los esfuerzos en la rehabilitación de las minicentrales cerradas, mejora de las existentes y aprovechamiento hidroeléctrico de los embalses que carecen de él. Tales acciones permitirían incrementar la producción anual en 3 ó 4 TWh, sin ningún impacto ambiental adicional hasta alcanzar los 35 TWh en un año medio (ni muy seco ni especialmente lluvioso). Las inversiones necesarias ascienden a 200.000 Mpta.

Los antiguos romanos y griegos aprovechaban ya la energía del agua; utilizaban ruedas hidráulicas para moler trigo. Sin embargo, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga retrasó su aplicación generalizada hasta el siglo XII. Durante la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de cincuenta caballos. La energía hidroeléctrica debe su mayor desarrollo al ingeniero civil británico John Smeaton, que construyó por vez primera grandes ruedas hidráulicas de hierro colado.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textil y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible. La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América hasta la construcción de canales a mediados del siglo XIX, que proporcionaron carbón a bajo precio.

Las presas y los canales eran necesarios para la instalación de ruedas hidráulicas sucesivas cuando el desnivel era mayor de cinco metros. La construcción de grandes presas de contención todavía no era posible; el bajo caudal de agua durante el verano y el otoño, unido a las heladas en invierno, obligaron a sustituir las ruedas hidráulicas por máquinas de vapor en cuanto se pudo disponer de carbón.

La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX. Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

Además de las centrales situadas en presas de contención, que dependen del embalse de grandes cantidades de agua, existen algunas centrales que se basan en la caída natural del agua, cuando el caudal es uniforme. Estas instalaciones se llaman de agua fluente.

Una de ellas es la de las Cataratas del Niágara, situada en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de hidroelectricidad eran Canadá y Estados Unidos. Canadá obtiene un 60% de su electricidad de centrales hidráulicas. En todo el mundo, la hidroelectricidad representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países en los que constituye fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), Zaire (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná, está situada entre Brasil y Paraguay; se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo. Como referencia, la presa Grand Coulee, en Estados Unidos, genera unos 6.500 Mw y es una de las más grandes.

En algunos países se han instalado centrales pequeñas, con capacidad para generar entre un kilovatio y un megavatio. En muchas regiones de China, por ejemplo, estas pequeñas presas son la principal fuente de electricidad. Otras naciones en vías de desarrollo están utilizando este sistema con buenos resultados.

AGUA. Hay una gran variedad de formas de generar energía por medio de agua en movimiento. Este prototipo de una central maremotriz fue construido en la isla de Islay, Escocia, sobre un barranco que encierra una columna de agua marina. A medida que el mar sube y baja, hace pasar el aire a través de una turbina, accionando un generador eléctrico. (Martín Bond/SPL) Los sistemas maremotrices podrían abastecer casi tres cuartas partes de las necesidades energéticas actuales de la Comunidad Europea. Las posibilidades para las mini-centrales hidroeléctricas son también significativas. En China hay más de 60.000 de estas centrales en funcionamiento, lo que es sólo una quinta parte del potencial hidroeléctrico total. En los EEUU, si las 67.000 presas existentes, la mayoría de ellas construidas para controlar inundaciones, fueran utilizadas para producir electricidad, sería posible abastecer a varios millones de hogares.

Energía eólica

La energía eólica es la energía producida por el viento. La primera utilización de la capacidad energética del viento la constituye la navegación a vela. En ella, la fuerza del viento se utiliza para impulsar un barco. Barcos con velas aparecían ya en los grabados egipcios más antiguos (3000 a.C.). Los egipcios, los fenicios y más tarde los romanos tenían que utilizar también los remos para contrarrestar una característica esencial de la energía eólica, su discontinuidad. Efectivamente, el viento cambia de intensidad y de dirección de manera impredecible, por lo que había que utilizar los remos en los periodos de calma o cuando no soplaban en la dirección deseada. Hoy, en los parques eólicos, se utilizan los acumuladores para producir electricidad durante un tiempo, cuando el viento no sopla.

Otra característica de la energía producida por el viento es su infinita disponibilidad en función lineal a la superficie expuesta a su incidencia. En los barcos, a mayor superficie vélica mayor velocidad. En los parques eólicos, cuantos más molinos haya, más potencia en bornes de la central. En los veleros, el aumento de superficie vélica tiene limitaciones mecánicas (se rompe el mástil o vuelca el barco). En los parques eólicos las únicas limitaciones al aumento del número de molinos son las urbanísticas

La conversión de la energía del viento en electricidad se realiza por medio de aerogeneradores, con tamaños, que abarcan desde algunos vatios, hasta los 4.000 kilovatios (4 MW). Actualmente la capacidad instalada asciende a 7.000 MW, equivalente a siete grandes centrales nucleares.

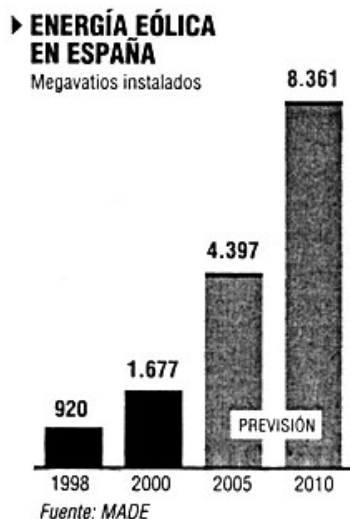
En 1.997 ya es competitiva la producción de electricidad con generadores eólicos de 600 kW y en lugares donde la velocidad media del viento supera los 7 metros por segundo. Se espera que dentro de unos pocos años también las máquinas grandes (entre 1 y 2 MW) lleguen a ser rentables. La energía eólica no contamina y su impacto ambiental es muy pequeño comparado con otras fuentes energéticas. De ahí la necesidad de acelerar su implantación en todas las localizaciones favorables, aunque procurando reducir las posibles repercusiones negativas, especialmente en las aves, en algunas localizaciones. Las mejores zonas eólicas en España son las siguientes: Islas Canarias, Zona del Estrecho, costa Gallega y valle del Ebro.



Alcanzar los 2.500 MW en el año 2.005 es un objetivo ambicioso, pero factible técnica y económicamente, dadas las ventajas de la energía eólica: reducido impacto ambiental, recurso renovable, independencia de las importaciones e impacto positivo en la generación de empleo. Se debe desarrollar una industria capaz de producir en serie y a costes competitivos. Las inversiones totales para el periodo 1.998-2.005 ascienden a 300.000 Mpta, cantidad equivalente o inferior al de una central nuclear de 1.000 MWe. Los costes de la eólica son ya casi competitivos con los de las energías convencionales: 150.000 PTA el KW instalado y 9 PTA el kWh.



En el año 2.005 sería factible producir en España 6,3 TWh, y en el año 2.020 se podrían alcanzar los 25 TWh. La meta a alcanzar es instalar 10.000 MW eólicos en el año 2.020. Para el año 2.030 la EWEA ha propuesto instalar un total de 100.000 MW en la Unión Europea.



La consultora BTM Consulting APS pronostica que en Europa se pasará de los 4.794 megawattios ahora instalados a unos 12.500 en el 2002, casi el triple en sólo tres años. Este aumento obedece, según esta consultora, a motivos medioambientales, pero en otras zonas del planeta, como China o el norte de África, también hay apuestas por la eólica como generador de energía a falta de una red aceptable de suministro eléctrico.

La energía eólica aglutina el protagonismo de un espectacular crecimiento en los últimos años acompañado de un interés también creciente por parte de empresas y comunidades.

En instalaciones para parques eólicos se han invertido, en 1998, casi 80.000 millones de pesetas, el doble que en 1997 y más que en los doce anteriores, es decir; desde que empezaron a levantarse molinos de viento en 1986. Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), hay medio millar de empresas involucradas en este sector.

Alemania es el gran líder en energía eólica: diseñan los parques con cuidado para no tener problemas con los grupos ecologistas locales, pagan una prima de unas 20 pesetas por el kilovatio de eólica transferido a la red, aquí ese precio es de 11 pesetas, y hay empresas interesadas en seguir avanzando.

Greenpeace asegura que las compañías eléctricas se resistieron en los primeros años al desarrollo de la eólica pero después, "cuando han visto que es un negocio, se han apuntado al carro". El parque eólico de Tarifa, por ejemplo, exigió una inversión de 6.000 millones de pesetas y ahora factura mil millones de pesetas al año.

Energía geotérmica

La energía geotérmica es aquella que se obtiene del calor natural interno de la Tierra y que puede ser extraída y utilizada a partir del agua, gases y vapores calientes, (excluidos los hidrocarburos), o a través de fluidos inyectados artificialmente para este fin.

La fuente de calor que produce esta energía, se encuentra naturalmente al interior de la Tierra. De manera muy simplificada, se puede decir que su estructura se compone de tres partes: núcleo, manto y corteza; a) núcleo, con un diámetro de aproximadamente de 3.400 km, formado fundamentalmente por hierro fundido; su temperatura superaría los 4.000° C, b) manto, correspondiente a la zona intermedia, de aproximadamente 2.900 km de espesor, formado principalmente por hierro y magnesio, con una temperatura que varía entre los 800 y 1.000° C, en su parte exterior, y 4.000° C. en la zona de contacto con el núcleo, y c) la corteza, tiene como espesor que varía entre 5 Km., bajo los océanos, y de 30 a 65 Km. en la parte continental. Está constituida, fundamentalmente por silicatos de

aluminio (SiAl), en las zonas continentes, y por silicatos de magnesio (SiMa), bajo los océanos. Su temperatura varía de 15 a 20° C., en la superficie, hasta los 600° a 800° C., en torno al contacto con el manto.

El calor proveniente del interior de la tierra se propaga hacia la corteza terrestre, donde existen amplias zonas tectónicamente estables con determinadas gradientes geotérmicos, entendida como el sostenido aumento de la temperatura con la profundidad, con un promedio de 1° C por cada 33 metros de profundidad. En torno a las zonas volcánicas, debido a fenómenos geológicos relacionados con la tectónica de placas, el flujo calórico alcanza valores muy superiores, esto es, gradientes geotérmicas superan los 20 a 30° C por cada 100 m de profundidad.



Agua Mineral Yelcho - X Región

En determinadas zonas, el calor acumulado en el interior de la tierra, puede alcanzar terrenos permeables de la corteza terrestre albergando gran contenido hídrico; ello crea ambientes muy favorables para producir transferencias calóricas hacia la masa de agua, dando origen a reservorios naturales o yacimientos geotérmicos de vapor o agua caliente. Recurriendo a determinadas modalidades de diseño, construcción y operación, es posible materializar eficientes aprovechamientos comerciales de este tipo de energía calórica.

Un yacimiento geotérmico es, fundamentalmente, un sistema natural que permite la extracción y aprovechamiento, para diverso destino, de un fluido a alta temperatura.

Los elementos que controlan su desarrollo son:

- a. Presencia de una fuente de calor;
- b. Existencia de formaciones geológicas permeables, en situación de favorecer el desarrollo de reservorios;
- c. La existencia de una zona de efectiva recarga hídrica, vía infiltración de aguas meteóricas. pluviales, nivales o mixtas.
- d. Presencia de unidades o estructuras geológicas que actúen de cubierta impermeable y/ cierran el sistema, en situación de provocar la concentración del calor.

Tal y como se encuentra en la Tierra, el recurso geotérmico no es factible de ser utilizado directamente por el hombre. Para hacerlo, es necesario convertirlo en un tipo de energía utilizable, en función de las respectivas características termodinámicas del recurso.

El primer paso en esta conversión, consiste en localizar el recurso en la corteza terrestre, generalmente ubicado a profundidades medias de 1 a 2 Km. El acceso del recurso a la superficie, (agua caliente o vapores), se materializa mediante sondeos o perforaciones, utilizando equipos especiales. Normalmente, la temperatura del reservorio está directamente relacionada con la profundidad del pozo.

Desde el punto de vista de la energía interna del Planeta, la geotérmica de baja temperatura, o baja entalpía ($T < 100^{\circ}\text{C}.$), adquiere, cuantitativamente, gran importancia. Esta singularidad se vincula al hecho que está presente en numerosos sectores, aún aquellos exentos de actividad volcánica actual.

Nuestro territorio, estrechamente vinculado tanto a una activa zona de tectonismo en torno a todo su borde litoral, (zona de colisión entre placas), como de actividad volcánica en la zona andina, constituye un ambiente particularmente favorable para el desarrollo y presencia de atractivos recursos geotérmicos. Mas, una serie de factores, entre ellos la carencia de una efectiva legislación, unido a consideraciones propias de la complejidad y riesgo de las actividades de exploración, efectiva disponibilidad de fuentes alternativas de energía, y el costo final del recurso, han frenado las inversiones en el campo del aprovechamiento de la energía geotérmica.



Cocha de Pica - I Región

En los últimos años, los importantes avances tecnológicos en el campo del aprovechamiento de la energía geotérmica a nivel mundial, tienden a revertir la situación precedentemente descrita. De acuerdo a ello, el Estado chileno se ha encargado de generar y aprobar las necesarias bases legales, técnicas y administrativas, (leyes, decretos, reglamentos), destinadas a otorgar respaldo a las diversas modalidades involucradas en el derecho de propiedad, concesiones de exploración y explotación. Se ha establecido que la energía geotérmica, cualesquiera sea el lugar, forma o condiciones en que se manifieste o exista en nuestro territorio, es un bien del Estado.

La energía geotérmica es susceptible de ser explorada y explotada, previo otorgamiento de una concesión. Lo anterior se funda en el hecho que si el Estado es dueño de toda la energía geotérmica, alguien debe explorarla, evaluarla y explotarla comercialmente. El mecanismo para acceder a ello es vía concesión. Consiste en el acto mediante el cual el Estado otorga derechos a favor de un particular para explorar o explotar la energía geotérmica.

En algunas zonas de la Tierra, las rocas del subsuelo se encuentran a temperaturas elevadas. La energía almacenada en estas rocas se conoce como *energía geotérmica*. Para poder extraer esta energía es necesaria la presencia de yacimientos de agua cerca de estas zonas calientes.

La explotación de esta fuente de energía se realiza perforando el suelo y extrayendo el agua caliente. Si su temperatura es suficientemente alta, el agua saldrá en forma de vapor y se podrá aprovechar para accionar una turbina.

Las siguientes experiencias tienen como objetivo construir algo muy parecido a lo que de forma natural se conoce como *yacimiento geotérmico*. Asimismo veremos que el vapor generado en este sistema puede aprovecharse para producir energía mecánica o electricidad. Estudiaremos primero el fundamento de la energía geotérmica y luego intentaremos aprovecharla para mover distintos tipos de turbinas acopladas a diferentes formas de "yacimientos".

Las plantas geotérmicas aprovechan el calor generado por la tierra. A varios kilómetros de profundidad en tierras volcánicas los geólogos han encontrado cámaras magmáticas, con roca a varios cientos de grados centígrados. Además en algunos lugares se dan otras condiciones especiales como son capas rocosas porosas y capas rocosas impermeables que atrapan agua y vapor de agua a altas temperaturas y presión y que impiden que éstos salgan a la superficie. Si se combinan estas condiciones se produce un yacimiento geotérmico.

Una vez que se dispone de pozos de explotación se extrae el fluido geotérmico que consiste en una combinación de vapor, agua y otros materiales. Éste se conduce hacia la



planta geotérmica donde debe ser tratado. Primero pasa por un separador de donde sale el vapor y la salmuera y líquidos de condensación y arrastre, que es una combinación de agua y materiales. Esta última se envía a pozos de reinyección para que no se agote el yacimiento geotérmico. El vapor continúa hacia las turbinas que con su rotación mueve un generador que produce energía eléctrica. Después de la turbina el vapor es condensado y enfriado en torres y lagunas.

La energía geotérmica tiene varias ventajas: el flujo de producción de energía es constante a lo largo del año ya que no depende de variaciones estacionales como lluvias, caudales de ríos, etc. Es un complemento ideal para las plantas hidroeléctricas.

El vapor producido por líquidos calientes naturales en sistemas geotérmicos es una alternativa al que se obtiene en plantas de energía por quemado de materia fósil, por fisión nuclear o por otros medios. Las perforaciones modernas en los sistemas geotérmicos alcanzan reservas de agua y de vapor, calentados por magma mucho más profundo, que se encuentran hasta los 3.000 metros bajo el nivel del mar. El vapor se purifica en la boca del pozo antes de ser transportado en tubos grandes y aislados hasta las turbinas. La energía térmica puede obtenerse también a partir de géiseres y de grietas.

En algunas zonas de la Tierra, las rocas del subsuelo se encuentran a temperaturas elevadas. La energía almacenada en estas rocas se conoce como energía geotérmica. Para poder extraer esta energía es necesaria la presencia de yacimientos de agua cerca de estas zonas calientes. La explotación de esta fuente de energía se realiza perforando el suelo y extrayendo el agua caliente. Si su temperatura es suficientemente alta, el agua saldrá en forma de vapor y se podrá aprovechar para accionar una turbina.

El potencial geotérmico español es de 600 Ktep anuales, según una estimación muy conservadora del Instituto Geológico y Minero de España. Para el año 2.005 se pretende llegar a las 100 Ktep, lo que requerirá unas inversiones de 40.000 Mpta. Los usos serían calefacción, agua caliente sanitaria e invernaderos, no contemplándose la producción de electricidad.

Biomasa

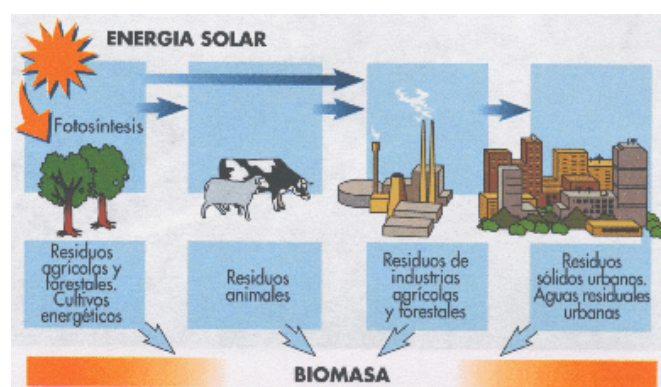
La biomasa, sustancia orgánica renovable de origen animal o vegetal, era la fuente energética más importante para la humanidad y en ella se basaba la actividad manufacturera hasta el inicio de la revolución industrial. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía primaria. Mientras que en los países desarrollados, es la energía renovable más extendida y que más se está potenciando, en multitud de países en vías de desarrollo es la principal fuente de energía primaria lo que provoca, en muchos casos, problemas medioambientales como la deforestación, desertización, reducción de la biodiversidad, etc.

No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente. El elevado coste de los combustibles fósiles y los avances técnicos que han posibilitado la aparición de sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa cada vez más eficientes, fiables y limpios, han causado que esta fuente de energía renovable se empiece a considerar por las industrias como una alternativa, total o parcial, a los combustibles fósiles.

La energía de la biomasa proviene en última instancia del sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y del CO₂ presente en el aire. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En este proceso de transformación de la materia orgánica se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero que pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos.

La utilización de la biomasa es tan antigua como el descubrimiento y el empleo del fuego para calentarse y preparar alimentos, utilizando la leña. Aún hoy, la biomasa es la principal fuente de energía para usos domésticos empleada por más de 2.500 millones de personas en el Tercer Mundo.

La combustión de la biomasa es contaminante. En el caso de la incineración de basuras, tal y como se viene haciendo con los residuos urbanos en la mayoría de las ciudades europeas y norteamericanas, la combustión emite a la atmósfera contaminantes, algunos de ellos cancerígenos, como las dioxinas. El



reciclaje y la reutilización de los residuos permitirá mejorar el medio ambiente, ahorrando importantes cantidades de energía y de materias primas, a la vez que se trata de suprimir la generación de residuos tóxicos y de reducir los envases.

En España actualmente el potencial energético de la biomasa asciende a 37 Mtep, pero tal cifra incluye 19,6 Mtep de cultivos energéticos y 3,8 Mtep de residuos forestales y agrícolas. La producción de biocombustibles y un uso energético excesivo de los residuos forestales y agrícolas no es deseable, dadas sus repercusiones sobre la diversidad biológica, los suelos y el ciclo hidrológico, sin olvidar que lo más importante es producir alimentos, y no biocombustibles para los automóviles privados. El objetivo de alcanzar las 4,2Mtep en el 2.005 en la práctica supone duplicar el consumo oficial de biomasa. La obtención de biogás en digestores a partir de residuos ganaderos reducirá las emisiones de metano, y debe ser promocionada, con el fin de reducir la contaminación, obtener fertilizantes y producir energía.

Existen una serie de factores que condicionan el consumo de biomasa en los países europeos y que hacen que éste varíe de unos a otros, tanto cuantitativamente como en el aprovechamiento de la energía final. Estos factores se pueden dividir en tres grupos:

- **Factores geográficos:** Inciden directamente sobre las características climáticas del país condicionando, por tanto, las necesidades térmicas que se pueden cubrir con combustibles biomásicos.
- **Factores energéticos:** Dependiendo de los precios y características del mercado de la energía en cada momento, se ha de decidir si es o no rentable el aprovechamiento de la biomasa como alternativa energética en sus diversas aplicaciones.
- **Disponibilidad del recurso:** Hace referencia a la posibilidad de acceso al recurso y la garantía de su existencia. Estos factores son los más importantes ya que inciden directamente tanto en el consumo energético de biomasa como en sus otras posibles aplicaciones.

Existen diferentes tipos o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados para suministrar la demanda de energía de una instalación, una de las clasificaciones más generalmente aceptada es la siguiente:

- **Biomasa natural:** es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana. Los recursos generados en las podas naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa. La utilización de estos recursos requiere de la gestión de su adquisición y transporte hasta la empresa lo que puede provocar que su uso sea inviable económicamente.
- **Biomasa residual seca:** se incluyen en este grupo los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera y que, por tanto, son considerados residuos. Este es el grupo que en la actualidad presenta un mayor interés desde el punto de vista del aprovechamiento industrial. Algunos

ejemplos de este tipo de biomasa son la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, el serrín, etc.

- **Biomasa residual húmeda:** son los vertidos denominados biodegradables: las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines).
- **Cultivos energéticos:** son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible. Algunos ejemplos son el cardo (*cynara cardunculus*), el girasol cuando se destina a la producción de biocarburantes, el miscanto, etc.
- **Biocarburantes:** aunque su origen se encuentra en la transformación tanto de la biomasa residual húmeda (por ejemplo reciclado de aceites) como de la biomasa residual seca rica en azúcares (trigo, maíz, etc.) o en los cultivos energéticos (colza, girasol, patata, etc.), por sus especiales características y usos finales este tipo de biomasa exige una clasificación distinta de las anteriores.

En cuanto a las perspectivas del uso de los combustibles biomásicos en Europa hay que destacar que además de las ventajas energéticas que supone, el desarrollo de sector puede tener unas repercusiones muy favorables en otros campos. El aspecto medioambiental es uno de los más importantes. La reducción de emisiones contaminantes (CO₂, NO_x, SO₂) a la atmósfera es uno de los objetivos primordiales de la Unión Europea. Por otra parte, el aprovechamiento energético de los residuos forestales puede contribuir a reducir los costes de la limpieza de los bosques.

La utilización de los cultivos energéticos también cuenta con un gran potencial de desarrollo en determinadas regiones de Europa al igual que el aprovechamiento energético del biogás generado en la digestión anaerobia de los residuos ganaderos y los lodos de depuración de aguas urbanas.

La elaboración de biocarburantes a partir de productos agrícolas es también una alternativa a tener en cuenta no sólo por la reducción de la contaminación atmosférica ocasionada por los vehículos a motor sino también por contribuir a la diversificación de las actividades en el mundo rural. Según las previsiones de la Comisión Europea, se estima que en el año 2010 los biocarburantes podrían conseguir una participación del 3% en el consumo de energía del sector del transporte europeo.

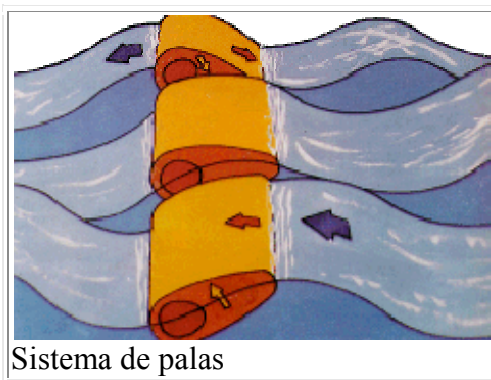
Habitualmente, el contenido energético de la biomasa se mide en función del poder calorífico del recurso, aunque para algunos de ellos, como es el caso de la biomasa residual húmeda o de los biocarburantes, se determina en función del poder calorífico del producto energético obtenido en su tratamiento. La tabla 1 recoge el poder calorífico superior y el poder calorífico inferior a distintos contenidos de humedad de algunos de los recursos de biomasa más habituales.

| PRODUCTO | P.C.I. a humedad x (KJ/Kg) | | | | | |
|--------------------|----------------------------|--------|----|--------|----|--------|
| | x | P.C.I. | x | P.C.I. | x | P.C.I. |
| Leñas y ramas | 0 | 19.353 | 20 | 15.006 | 40 | 10.659 |
| Serrines y virutas | 0 | 19.069 | 15 | 15.842 | 35 | 11.537 |

| | | | | | | |
|----------------------|---|--------|----|--------|----|--------|
| Orujillo de oliva | 0 | 18.839 | 15 | 15.800 | 35 | 11.746 |
| Cáscara de almendra | 0 | 18.559 | 10 | 16.469 | 15 | 15.424 |
| Cortezas (Coníferas) | 0 | 19.437 | 20 | 15.257 | 40 | 11.077 |
| Cortezas (Fronosas) | 0 | 18.225 | 20 | 14.087 | 40 | 9.948 |
| Poda de frutales | 0 | 17.890 | 20 | 13.836 | 40 | 9.781 |
| Paja de cereales | 0 | 17.138 | 10 | 15.173 | 20 | 13.209 |
| Vid (Sarmientos) | 0 | 17.765 | 20 | 13.710 | 40 | 9.656 |
| Vid (Ramilla de uva) | 0 | 17.263 | 25 | 12.331 | 50 | 7.399 |
| Vid (Orujo de uva) | 0 | 18.894 | 25 | 13.543 | 50 | 8.193 |

BIOMASA. La biomasa - la vegetación empleada para energía puede llegar a ser uno de los combustibles más importantes en el futuro. En los próximos veinte años podría suministrar un octavo del presupuesto energético mundial. Una gran variedad de desechos agrícolas y madereros y de cultivos energéticos, simbolizados por el campo de maíz (fondo: Alex Bartel/SPL) pueden transformarse para suministrar una gama de combustibles para el transporte, o pueden ser quemados para generar electricidad. Un ejemplo de esto es la conversión de las astillas de madera en un gas rico en metano. (Izquierda: US Dept. of Energy/SPL) Al igual que los combustibles fósiles, este gas puede quemarse en centrales eléctricas eficientes que maximicen el contenido energético del combustible, generando electricidad al mismo tiempo que utilizan el calor sobrante.

Energía Mareomotriz



Sistema de palas

Las mareas de los océanos constituyen una fuente gratuita, limpia e inagotable de energía. Solamente Francia y la ex Unión Soviética tienen experiencia práctica en centrales eléctricas accionadas por mareas.

Es un recurso hidráulico que tiene analogía con la hidroelectricidad. La energía mareomotriz podría aportar unos 635.000 gigavatios/hora (GW/h) anuales, equivalentes a unos 1.045.000.000 barriles de petróleo ó 392.000.000 toneladas de carbón/año.

A partir del año 1973, cuando el mundo tomó conciencia de la finitud de los combustibles convencionales no renovables, se intensificaron los estudios de todos los tipos disponibles de energías renovables no convencionales: solar, eólicas, geotérmica, mareomotriz, etc.

La energía mareomotriz es una de las catorce fuentes nuevas y renovables que estudian los organismos especializados de las Naciones Unidas. Esta energía está disponible en cualesquiera clima y época del año.

Las mareas pueden apreciarse como variación del nivel del mar, con un período de aproximadamente 12 horas 30 minutos, con una diferencia de nivel de unos 2 metros que, conforme a la topografía costera la diferencia entre bajamar y pleamar puede llegar en unos pocos casos hasta los 15 metros. Y esta característica se observa en un centenar de lugares.

La técnica utilizada consiste en encauzar el agua de la marea en una cuenca, y en su camino accionar las turbinas de una central eléctrica. Cuando las aguas se retiran, también generan electricidad. Se considera que los lugares más viables para aprovechar esta energía son unos 40, que rendirían unos: 350.000 GW/h anuales. Para obtener esta cantidad de energía sería necesario quemar unos 220 millones de barriles de petróleo/año. Las áreas más prometedoras son:

- La parte de la Bahía de Funday, Canadá.
- Las Bahías de Cobscook y Passamaquoddy, Estados Unidos.
- Chansy, Francia.
- El Golfo de Mezen, en la ex Unión Soviética.
- El estuario del río Severn, Inglaterra.
- La ensenada de Walcott, Austria.
- San José, en la costa patagónica Argentina.
- Onchón, en Corea del Sur.

La primera central mareomotriz fue la de Rance, en Francia, que estuvo funcionando casi dos décadas desde 1967. Consistía en una presa de 720 metros de largo, que creaba una cuenca de 22 Km². Tenía una esclusa para la navegación y una central con 24 turbinas de bulbo y seis aliviaderos, y generaba 240MW. Desde el punto de vista técnico-económico funcionaba muy satisfactoriamente, y proporcionó muchos datos y experiencias para proyectos del futuro. Rance producía 500 GW/año: 300.000 barriles de petróleo. Sus gastos anuales de explotación en 1975 fueron comparables a los de plantas hidroeléctricas convencionales de la época, no perjudicaban al medio ambiente y proporcionaba grandes beneficios socioeconómicos en la región. Se benefició la navegación del río y se duplicó el número de embarcaciones que pasan por la esclusa, y en el coronamiento de esta estructurase construyó una carretera.

Proyecto Kislogubskaya, de Rusia. Esta central experimental, ubicada en el mar de Barentz, con una capacidad de 400KW, fue la segunda de esta clase en el mundo. Se empleó un método empleado en Rance: cada módulo de la casa de máquinas, incluidos los turbogeneradores, se fabricaron en tierra y se llevaron flotando hasta el lugar elegido y se hundieron en el lecho previamente elegido y preparado. Se puso en marcha en 1968 y envió electricidad a la red nacional.

El único problema es el elevado costo inicial por KW de capacidad instalada, pero se deberá tener en cuenta que no requiere combustible, no contamina la atmósfera y su vida útil se calcula un siglo.

Por todo ello, sería interesante retomar el estudio de éstas y otras energías renovables no convencionales para asegurar un futuro predecible.

Características de la energía mareomotriz

La explotación de la energía potencial correspondiente a la sobreelevación del nivel del mar aparece en teoría como muy simple: se construye un dique cerrando una bahía, estuario o golfo aislándolo del mar exterior, se colocan en él los equipos adecuados (turbinas, generadores, esclusas) y luego, aprovechando el desnivel que se producirá como consecuencia de la marea, se genera energía entre el embalse así formado y el mar exterior.

Esta energía es, sin embargo, limitada; la potencia disipada por las mareas del globo terrestre es del orden de 3 TW, de los cuales sólo un tercio se pierde en mareas litorales. Además, para efectividad la explotación, la amplitud de marea debe ser superior a los 4 metros, y el sitio geográfico adecuado, lo que elimina prácticamente el 80% de la energía teóricamente disponible, dejando aprovechables unos 350 TW-hr por año (Bonefille, 1976). A modo de resumen se muestran la fig. 1 los proyectos al año 1982.

Uno de los mayores inconvenientes en la utilización aparece precisamente debido a las características inherentes al fenómeno de las mareas. En efecto, como el nivel del mar varía (con un período del orden de 12 has. 30 min. en las zonas apuntadas), a menos que se tomen las precauciones necesarias, la caída disponible (y la potencia asociada) varían de la misma forma, y por lo tanto se anulan dos veces por día. Además, la marea sigue el ritmo de la luna y no del sol, de manera que hay un retardo diario de 30 min., en las horas en que dicha energía está disponible. Los esquemas teóricos diseñados para salvar esta dificultad resultan antieconómicos y actualmente el problema solo se puede resolver con regulación externa o interconexión.

Como contrapartida, un análisis del promedio de amplitudes demuestra que, a los fines prácticos que se persiguen, el mismo puede considerarse constante a lo largo del año e incluso con el transcurso de los mismos (investigadores franceses y rusos señalan diferencias de 4 al 5% en 18 años); desapareciendo el riesgo de los períodos de sequía, característicos de las centrales hidroeléctricas.

Futuro de la energía mareomotriz

Los avances actuales de la técnica, el acelerado crecimiento de la demanda energética mundial, y el siempre latente incremento en el precio de los combustibles son factores primordiales que achican cada vez más la brecha entre los costos de generación mareomotriz y los de las fuentes convencionales de energía. Así lo entienden países como Canadá e Inglaterra, donde se incorpora la misma a los planes energéticos como solución a medianos plazos en el proceso de sustitución de plantas termales.

Respecto a la forma de funcionamiento y construcción de las plantas, actualmente se aceptan ciertas premisas básicas como por ejemplo:

Se asume el sistema de embalse único y simple efecto como el más apropiado desde el punto de vista económico.

■ En lo que hace al diseño constructivo, se adopta en la mayor parte de la obra el uso de cajones prefabricados (caissons) incluso en reemplazo de los diques complementarios de relleno (éstos se reservan solamente para las zonas intertidales).

■ La importancia de la organización constructiva se hace evidente en la necesidad de reducir el tiempo de cierre y aceleración de este modo el instante de puesta en marcha. Para ello, se cree conveniente colocar las turbomáquinas con posterioridad al cierre de la obra.

■ Las turbinas Bulbo y strafflo se usan indistintamente para los estudios comparativos de costos, aunque este último tipo reduce en un 20% el peso muerto (hormigón y balasto) de la obra civil. Sin embargo, todavía no hay en el mercado unidades Strafflo de gran diámetro suficientemente probadas. En Annapolis Royal (Canadá), se puso en funcionamiento una unidad experimental ($d = 7.6$ m.) que servirá para testear las características de funcionamiento en condiciones reales (Whitaker, 1982).

■ La forma de regulación más conveniente es la incorporación de la producción a sistemas o redes de interconexión (cuya capacidad debe ser por lo menos 10 veces superior a la magnitud de la usina); o en su defecto una conexión optimizada con centrales de acumulación por bombeo (Gibson y Wilson, 1979) o hidroeléctrica (Bernshtein, 1965, Godin, 1974).

Una de las ventajas más importantes de estas centrales es que tienen las características principales de cualquier central hidroeléctrica convencional, permitiendo responder en forma rápida y eficiente a las fluctuaciones de carga del sistema interconectado, generando energía libre de contaminación, externa de variaciones estacionales o anuales, a un costo de mantenimiento bajo y con una vida útil prácticamente ilimitada.

Dentro de las desventajas se encuentran: la necesidad de una alta inversión inicial (por otra parte características de cualquier obra de explotación energética) sumado al suministro intermitente, variable y desfasado de los bloques de energía.

Los mares y los océanos son inmensos colectores solares, de los cuales se puede extraer energía de orígenes diversos:

- La radiación solar incidente sobre los océanos, en determinadas condiciones atmosféricas, da lugar a los gradientes térmicos oceánicos (diferencia de temperaturas) a bajas latitudes y profundidades menores de 1000 metros.
- La iteración de los vientos y las aguas son responsables del oleaje y de las corrientes marinas.
- La influencia gravitacional de los cuerpos celestes sobre las masas oceánicas provoca mareas.

Energía de las mareas:

La energía estimada que se disipa por las mareas es del orden de 22000 TWh. De esta energía se considera recuperable una cantidad que ronda los 200 TWh.

El obstáculo principal para la explotación de esta fuente es el económico. Los costes de inversión tienden a ser altos con respecto al rendimiento, debido a las bajas y variadas cargas hidráulicas disponibles. Estas bajas cargas exigen la utilización de grandes equipos para manejar las enormes cantidades de agua puestas en movimiento. Por ello, esta fuente de energía es sólo aprovechable en caso de mareas altas y en lugares en los que el cierre no suponga construcciones demasiado costosas.

La limitación para la construcción de estas centrales, no solamente se centra en el mayor coste de la energía producida, si no, en el impacto ambiental que generan.

La mayor central mareomotriz se encuentra en el estuario del Rance (Francia). Los primeros molinos de marea aparecieron en Francia, en las costas bretonas, a partir del siglo XII. El molino se instalaba en el centro de un dique que cerraba una ensenada. Se creaba así un embalse que se llenaba durante el flujo a través de unas compuertas, y que se vaciaba en el reflujó, durante el cual, la salida del agua accionaba la rueda de paletas. La energía sólo se obtenía una vez por marea. Si se ha tardado tanto tiempo en pasar de los sistemas rudimentarios a los que hoy en día conocemos, es porque, la construcción de una central mareomotriz plantea problemas importantes, requiriendo sistemas tecnológicos avanzados.



También Gran Bretaña proyectó construir una central mareomotriz, en el estuario del río Severn, pero este proyecto no obtuvo un gran rechazo social por el impacto al ecosistema.

Energía de las olas

Las olas del mar son un derivado terciario de la energía solar. El calentamiento de la superficie terrestre genera viento, y el viento genera las olas. Únicamente el 0.01% del flujo de la energía solar se transforma en energía de las olas. Una de las propiedades características de las olas es su capacidad de desplazarse a grandes distancias sin apenas pérdida de energía. Por ello, la energía generada en cualquier parte del océano acaba en el borde continental. De este modo la energía de las olas se concentra en las costas, que totalizan 336000 km de longitud. La densidad de energía de las olas es, en un orden de magnitud mayor que la de la energía solar. Las distribuciones geográficas y temporales de los recursos energéticos de las olas están controladas por los sistemas de viento que las generan (tormentas, alisios, monzones).

Energía térmica oceánica

La explotación de las diferencias de temperatura de los océanos ha sido propuesta multitud de veces, desde que d'Arsonval lo insinuara en el año 1881, pero el más conocido pionero de esta técnica fue el científico francés George Claudi, que invirtió toda su fortuna, obtenida por la invención del tubo de neón, en una central de conversión térmica.

La conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24 °C. Para el aprovechamiento es suficiente una diferencia de 20°C.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias, tales como alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Las posibilidades de esta técnica se han potenciado debido a la transferencia de tecnología asociada a las explotaciones petrolíferas fuera de costa. El desarrollo tecnológico de instalación de plataformas profundas, la utilización de materiales compuestos y nuevas técnicas de unión harán posible el diseño de una plataforma, pero el máximo inconveniente es el económico.

