

## Energías Renovables

---



## INDICE

---

<b>1 ENERGÍA BIOMASA</b> .....	<b>3</b>
1.1 Definición.....	3
1.2 Historia.....	3
1.3 Procesos de conversión de biomasa en energía .....	3
1.3.1 Procesos Termoquímicos.....	4
1.3.2 Procesos Bioquímicos.....	6
1.4 Otros Recursos Energéticos.....	7
1.4.1 Recursos Forestales .....	7
1.4.2 Recursos Agrícolas.....	8
1.4.3 Otros Recursos .....	9
1.5 Biomasa en Argentina .....	10
<b>2 ENERGÍA EÓLICA</b> .....	<b>10</b>
2.1 Introducción .....	10
2.2 Historia.....	11
2.3 Transformación de la Energía Eólica .....	12
2.4 Las Máquinas Eólicas.....	12
2.5 Aprovechamiento.....	15
2.6 Utilización .....	15
2.7 La Energía Eólica en la Argentina .....	16
<b>3 ENERGÍA GEOTÉRMICA</b> .....	<b>18</b>
3.1 Definición.....	18
3.2 Historia – El Calor Interno de la Tierra .....	18
3.3 Estructura Interna de la Tierra .....	18
3.4 El Calor que Sube a la Superficie .....	19
3.5 Presencia de agua caliente o vapor en el suelo.....	19
3.6 Manifestaciones Hidrotermales .....	20
3.7 La Utilización de Recursos .....	21
3.8 Aprovechamientos de la Energía Geotérmica.....	22
3.9 Energía Geotérmica en la Argentina .....	24
<b>4 ENERGÍA SOLAR</b> .....	<b>26</b>
4.1 Introducción .....	26
4.2 Procesos de Conversión .....	26
4.2.1 Energía Solar Térmica .....	26
4.2.2 Energía Solar Fotovoltáica .....	27
4.3 Aprovechamientos.....	28
4.4 Energía Solar en Argentina .....	29

## 1 ENERGIA BIOMASA

### 1.1 Definición

Se denomina biomasa a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. De origen vegetal o animal, que incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial. Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del CO<sub>2</sub> del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol.

La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar, la cual gracias al proceso de fotosíntesis, es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células, las que toman CO<sub>2</sub> del aire y lo transforman en sustancias orgánicas, según una reacción del tipo:  $CO_2 + H_2O \rightarrow (H-COH) + O_2$

En estos procesos de conversión la energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos (polisacáridos, grasas) y que es incorporada y transformada por el reino animal, incluyendo al ser humano, el cual invierte la transformación para obtener bienes de consumo.

### 1.2 Historia

La biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial. Se utilizaba para cocinar, para calentar el hogar, para hacer cerámica y, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII.

Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas (con un mayor poder calorífico), y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con unos precios bajos de estos productos.

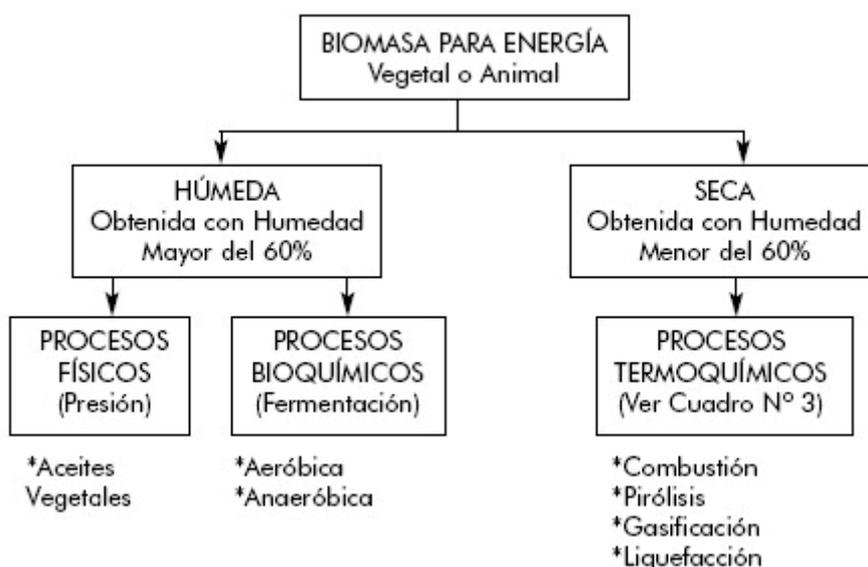
A pesar de ello, la biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Por otro lado, el carácter renovable y no contaminante que tiene y el papel que puede jugar en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales, hacen que la biomasa sea considerada una clara opción de futuro.

### 1.3 Procesos de conversión de biomasa en energía

Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, la biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles. Estos compuestos volátiles (formados por cadenas largas del tipo C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, y presencia de CO<sub>2</sub>, CO e H<sub>2</sub>) son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. El poder calorífico de la biomasa depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su humedad. Así normalmente estos valores de poder calorífico de la biomasa se pueden dar en base seca o en base húmeda. En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre los 3000 – 3500 kcal/kg para los residuos ligno - celulósicos, los 2000 – 2500 kcal/kg para los residuos urbanos y finalmente los 10000 kcal/kg para los combustibles líquidos provenientes de cultivos energéticos. Estas características, juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Cabe destacar que, desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de la biomasa no contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero, dado que el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera es neutro. En efecto, el CO<sub>2</sub> generado en la combustión de la biomasa es reabsorbido mediante la fotosíntesis en el crecimiento de las plantas necesarias para su producción y, por lo tanto, no aumenta la cantidad de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera. Al contrario, en el caso de los combustibles fósiles, el carbono que se libera a la atmósfera es el que está fijo a la tierra desde hace millones de años.

Desde el punto de vista energético resulta conveniente dividir la biomasa en dos grandes grupos



### Biomasa seca

Aquella que puede obtenerse en forma natural con un tenor de humedad menor al 60%, como la leña, paja, etc. Este tipo se presta mejor a ser utilizada energéticamente mediante procesos TERMOQUÍMICOS O FISICOQUÍMICOS, que producen directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

### Biomasa húmeda

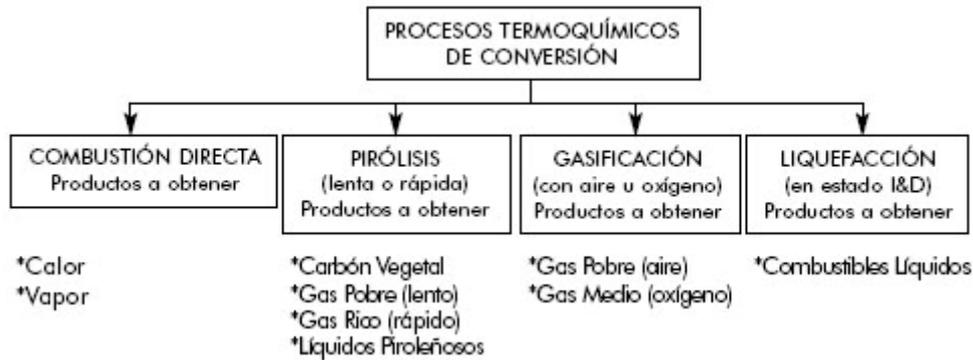
Se denomina así cuando el porcentaje de humedad supera el 60%, como por ejemplo en los restantes vegetales, residuos animales, vegetación acuática, etc. Resulta especialmente adecuada para su tratamiento mediante

PROCESOS QUÍMICOS, o en algunos casos particulares, mediante simples

PROCESOS FÍSICOS, obteniéndose combustibles líquidos y gaseosos.

#### 1.3.1 Procesos Termoquímicos

Comprenden básicamente la COMBUSTIÓN, GASIFICACIÓN y PIRÓLISIS, encontrándose aún en etapa de desarrollo la LIQUEFACCIÓN DIRECTA.



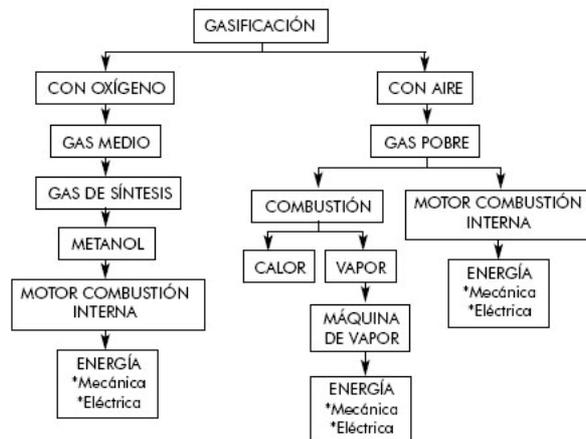
### Combustión

Es el más sencillo y más ampliamente utilizado, tanto en el pasado como en el presente. Permite obtener energía térmica, ya sea para usos domésticos (cocción, calefacción) o industriales (calor de proceso, vapor mediante una caldera, energía mecánica utilizando el vapor de una máquina).

Las tecnologías utilizadas para la combustión directa de la biomasa abarcan un amplio espectro que va desde el sencillo fogón a fuego abierto (aún utilizado en vastas zonas para la cocción de alimentos) hasta calderas de alto rendimiento utilizadas en la industria.

### Gasificación

Consiste en la quema de biomasa (fundamentalmente leña) en presencia de oxígeno, en forma controlada, de manera de producir un gas combustible denominado “gas pobre” por su bajo contenido calórico en relación, por ejemplo, al gas natural (del orden de la cuarta parte). La gasificación se realiza en un recipiente cerrado, conocido por gasógeno, en el cual se introduce el combustible y una cantidad de aire menor a la que se requeriría para su combustión completa. El gas pobre obtenido puede quemarse luego en un quemador para obtener energía térmica, en una caldera para producir vapor, o bien ser enfriado y acondicionado para su uso en un motor de combustión interna que produzca, a su vez, energía mecánica.



### Pirólisis

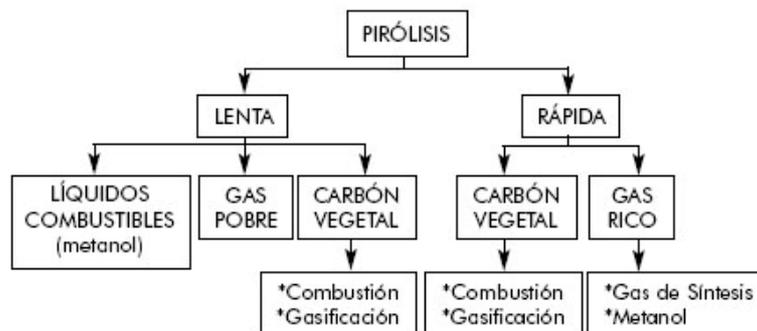
Proceso similar a la gasificación (a la cual en realidad incluye) por el cual se realiza una oxigenación parcial y controlada de la biomasa, para obtener como producto una combinación

variable de combustibles sólidos (carbón vegetal), líquidos (efluentes piroleñosos) y gaseosos (gas pobre). Generalmente, el producto principal de la pirólisis es el carbón vegetal, considerándose a los líquidos y gases como subproductos del proceso.

La pirólisis con aprovechamiento pleno de subproductos tuvo su gran auge antes de la difusión masiva del petróleo, ya que constituía la única fuente de ciertas sustancias (ácido acético, metanol, etc.) que luego se produjeron por la vía petroquímica. Hoy en día, sólo la producción de carbón vegetal reviste importancia cuantitativa.

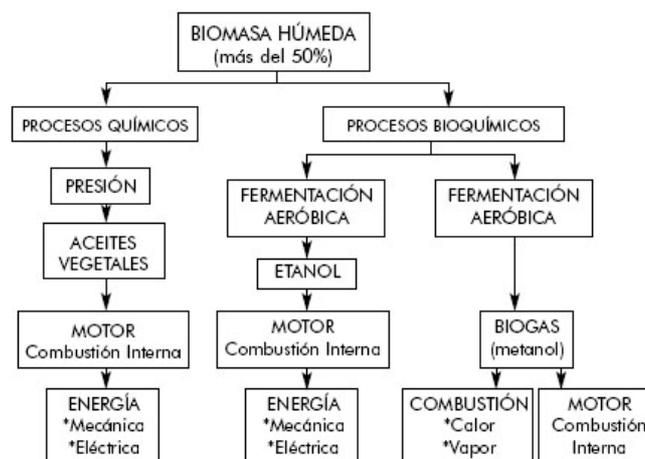
El carbón vegetal como combustible sólido presenta la ventaja frente a la biomasa que le dio origen, de tener un poder calórico mayor o, lo que es lo mismo, un peso menor para igual cantidad de energía, lo que permite un transporte más fácil.

No obstante, debe hacerse notar que la carbonización representa una pérdida muy importante de la energía presente en la materia prima, ya que en el proceso consume gran cantidad de ella.



### 1.3.2 Procesos Bioquímicos

Los procesos bioquímicos se basan en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos, y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire (aeróbicos).



### Procesos anaeróbicos

La fermentación anaeróbica, para la que se utiliza generalmente residuos animales o vegetales de baja relación carbono / nitrógeno, se realiza en un recipiente cerrado llamado “digestor” y da origen a la producción de un gas combustible denominado biogás.

Adicionalmente, la biomasa degradada que queda como residuo del proceso de producción del biogás, constituye un excelente fertilizante para cultivos agrícolas. Las tecnologías disponibles para su producción son muy variadas pero todas ellas tienen como común denominador la simplicidad del diseño y el bajo costo de los materiales necesarios para su construcción.

El biogás, constituido básicamente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), es un combustible que puede ser empleado de la misma forma que el gas natural. También puede comprimirse para su uso en vehículos de transporte, debiéndose eliminar primero su contenido de CO<sub>2</sub>.

### **Procesos aeróbicos**

La fermentación aeróbica de biomasa de alto contenido de azúcares o almidones, da origen a la formación de alcohol (etanol), que, además de los usos ampliamente conocidos en medicina y licorería, es un combustible líquido de características similares a los que se obtienen por medio de la refinación del petróleo.

Las materias primas más comunes utilizadas para la producción de alcohol son la caña de azúcar, mandioca, sorgo dulce y maíz.

El proceso incluye una etapa de trituración y molienda para obtener una pasta homogénea, una etapa de fermentación y una etapa de destilación y rectificación.

## **1.4 Otros Recursos Energéticos**

Hay oportunidades en que la biomasa resulta más útil al hombre para otros usos distintos del de producir energía a través de ella, como es el caso de los alimentos, fibras textiles, materiales de construcción, etc.

Sin embargo, la explotación de biomasa para distintas actividades económicas, deja una parte de ella sin aprovechar, la que se transforma en residuo de esa actividad. De acuerdo a las características particulares que poseen, los residuos pueden provenir de las siguientes actividades: forestales, agrícolas, pecuarias, agroindustriales o urbanas.

Es importante destacar que en ocasiones puede darse la necesidad de cultivar y explotar la biomasa con fines exclusivamente energéticos. En este caso se habla de cultivos energéticos.

### **1.4.1 Recursos Forestales**

Incluyen ambas categorías de biomasa para energía, es decir, RESIDUOS Y PLANTACIONES ENERGÉTICAS.

En la explotación de los bosques naturales realizada con la finalidad de obtener madera para aserrado o elaboración de pulpa de papel, se producen residuos de las siguientes características:

- Especies no aptas para aserrado o pulpa que se destinan a la producción de leña.
- Residuos de cosecha, raleo, etc., bajo la forma de ramas, despuntes, tocones, etc.
- Residuos de aserradero bajo la forma de cortezas, costaneros, aserrín, viruta, etc.

En los casos en que la explotación forestal está destinada específicamente a la producción de energéticos, se eligen especies que, aunque no tengan características deseables en los otros usos, presentan un rápido crecimiento.

Un ejemplo característico de este tipo de plantaciones lo constituyen los montes de eucaliptos que se destinan a la fabricación de carbón vegetal para siderurgia. Los ciclos de corta y rebrote son en general cortos (3 a 7 años), dependiendo de las especies y del uso energético que se les dará.

### 1.4.2 Recursos Agrícolas

También en este caso encontramos ambas categorías de biomasa para energía: residuos y cultivos energéticos.

#### **Residuos**

Son aquellas partes de la planta cultivada con fines alimenticios y/o industriales que no son útiles para esos usos: paja de trigo, rastrojo de maíz, tallos de algodón, etc.

Aún teniendo en cuenta que una parte de estos residuos debe ser incorporada al suelo para mantener sus condiciones de fertilidad y textura, otra porción importante de los mismos puede ser destinada a su utilización energética.

Esta utilización presenta, sin embargo, algunos inconvenientes:

- la explotación agrícola tradicional en Argentina es de tipo extensivo, por lo que la recolección de los residuos se encarece demasiado, quitándole valor económico al mismo.
- su densidad es muy baja, lo que obliga a movilizar grandes volúmenes y recurrir a procesos de densificación para su posterior conversión en energía útil.

Desde el punto de vista técnico, los residuos agrícolas, dependiendo de sus características propias, pueden ser convertidos en energía útil a través de procesos termoquímicos o bioquímicos: su grado de humedad y su contenido de lignina definirán en cada caso el proceso más conveniente.

#### **Cultivos energéticos**

Se dice de aquellas áreas cultivadas con el objetivo específico de producir materia energética, como puede ser una plantación de caña o remolacha azucarera para la obtención de alcohol combustible, o bien, una plantación de girasol para la obtención de aceite vegetal combustible.

Aquí se presenta una competencia directa entre la producción de alimentos y de energía, dado que las tierras a utilizar en un cultivo energético deben ser de calidad análoga a las agrícolas. De todos modos, a nivel local puede existir una conveniencia en la implantación de este tipo de cultivos.

El proceso a emplear para la producción de energía, depende fundamentalmente del cultivo de que se trate.

#### **Recursos pecuarios**

En este caso, y dejando de lado la energía provista por los animales de tiro (caballos, bueyes, etc.) que no es despreciable, encontramos solamente la categoría de residuos con fines energéticos, que están representados por la deyecciones de los animales.

La conveniencia de la utilización energética de los recursos pecuarios, se ve restringida a aquellos casos en los cuales los animales se crían en zonas limitadas (cría intensiva) debido a las dificultades de recolección que se presentan en extensiones grandes.

Las deyecciones animales son la mejor materia prima para la producción de biogás a través de la fermentación anaeróbica. Aunque estos residuos representan también un fertilizante natural del suelo, la utilización energética de los mismos no afecta el equilibrio ecológico, dado que el efluente que se obtiene como producto de la digestión conserva los nutrientes inalterados, permitiendo su reintegro al suelo y eliminando, en cambio, los elementos potencialmente contaminantes.

### **Recursos agroindustriales**

También aquí se trata de residuos de los procesos de industrialización de productos agropecuarios que pueden ser empleados con fines energéticos. En muchos de los casos, la energía producida con su utilización, resultaría suficiente para abastecer todo el proceso de elaboración.

Ejemplos característicos de este tipo de aprovechamiento son la fabricación de azúcar a partir de la caña, en cuyo caso el bagazo puede alimentar las calderas del ingenio, o el refinado de arroz, en el cual la cáscara puede quemarse para producir vapor y, mediante este, generar electricidad para los molinos y sistemas de transporte y selección.

Otro tipo de residuos agroindustriales lo constituyen los efluentes líquidos de industrias como los ingenios (vinaza), frigoríficos, industrias lácteas (suero), etc. Este tipo de efluentes con alto contenido orgánico, puede ser utilizado para producir biogás mediante su digestión.

### **Residuos urbanos**

Las concentraciones urbanas proveen también de fuentes de biomasa para energía a través de sus residuos, tanto sólidos como líquidos.

Los residuos sólidos urbanos poseen una gran proporción de materia orgánica la cual, separada del resto (aprovechable también en gran parte para el reciclado de vidrio, papel, metales, etc.), y convenientemente tratada, puede ser utilizada como combustible para calderas que produzcan vapor de proceso y/o energía eléctrica mediante máquinas de vapor.

Los residuos cloacales, a su vez, pueden ser empleados para la generación de biogás por medio de su fermentación anaeróbica.

En ambos casos se contribuye asimismo a solucionar graves problemas de contaminación y degradación ecológica.

#### **1.4.3 Otros Recursos**

Como ya se especificó anteriormente, toda materia orgánica es susceptible de ser transformada en energía útil, por lo tanto queda librado a la imaginación el encontrar nuevos recursos y formas de aprovechamientos.

A título ilustrativo, mencionaremos la vegetación acuática, cuya utilización y aún cuyo cultivo, ha sido investigado para la producción de energía. Tanto en el ámbito fluvial y lacustre (camalotes) como en el marítimo (fitoplancton), se han realizado experiencias en este sentido:

Luego de la recolección se procede a la fermentación anaeróbica de estos vegetales para la producción de biogás.

Existen también estudios para el aprovechamiento energético a partir de ciertos tipos de biomasa tales como algas verdes, especies de látex ricas en caucho o en resinas, etc. Sin embargo, su importancia cuantitativa es muy baja por lo que no supera en la actualidad su condición de proyecto investigativo.

Un caso que se considera importante mencionar, es el de la producción de aceites vegetales a partir de plantas oleaginosas como el girasol, soja, maní, semilla de algodón, etc.

## 1.5 Biomasa en Argentina

En la República Argentina, al igual que en el resto del mundo, se han realizado y se realizan en la actualidad aprovechamientos energéticos de la biomasa.

Uno de los aprovechamientos de mayor importancia es el dedicado a la fabricación de carbón vegetal del cual se hace uso casi exclusivo en la industria siderúrgica instalada en la provincia de Jujuy (Altos Hornos Zapla). El mismo se obtiene fundamentalmente a partir de plantaciones de eucaliptos realizadas con ese fin.

También se utiliza en otras industrias y para uso doméstico, aunque su importancia comparativa es mucho menor.

Otro aprovechamiento significativo es la utilización de bagazo de caña de azúcar como combustible para las calderas de los ingenios azucareros. En algunos casos, este combustible prácticamente permite la autosuficiencia energética de estas industrias. Relacionada con la caña azúcar podemos mencionar la fabricación de alcohol que, convenientemente deshidratado y dosificado, dio origen a la alconafta, utilizada en cierta época en varias provincias argentinas. Este proyecto no prosperó por llegarse a la conclusión de que desde el punto de vista económico no resultaba satisfactorio para las características del país.

Otros aprovechamientos los constituyen:

- \* El uso de leña a nivel doméstico en zonas rurales y semirurales.
- \* El uso de leña para calefacción (hogares).
- \* El uso de residuos agroindustriales (torta de girasol, cáscara de arroz, etc.) en calderas para producir vapor de proceso.
- \* El uso de residuos de aserradero para generar energía en la industria de transformación de la madera.
- \* La generación de biogás en tambos (este uso en realidad está muy poco difundido).

Es importante destacar que el potencial de aprovechamiento energético de la biomasa en la Argentina es muchísimo mayor a su actual utilización y para su desarrollo futuro es menester realizar una importante tarea de difusión de las posibilidades existentes y de las tecnologías para su uso.

## 2 ENERGÍA EÓLICA

### 2.1 Introducción

La energía eólica hace referencia a aquellas tecnologías y aplicaciones en que se aprovecha la energía cinética del viento, convirtiéndola a energía eléctrica o mecánica.

Se pueden distinguir dos tipos de aplicaciones: las instalaciones para la producción de electricidad y las instalaciones de bombeo de agua.

Entre las instalaciones de producción de electricidad se pueden distinguir instalaciones aisladas, no conectadas a la red eléctrica e instalaciones conectadas, normalmente, denominadas parques eólicos. Las instalaciones no conectadas a la red, normalmente cubren aplicaciones de pequeña potencia, principalmente de electrificación rural.

Las aplicaciones conectadas a la red eléctrica, por otra parte, son las que permiten obtener un aprovechamiento energético mayor, son además las que presentan las mejores expectativas de crecimiento de mercado.

## 2.2 Historia

A través de grabados pertenecientes a civilizaciones muy antiguas, se ha podido comprobar que el aprovechamiento del viento con fines energéticos se remonta a por lo menos 3.000 años antes de la era cristiana, habiendo sido utilizado en aquellos tiempos principalmente para la navegación. Diferentes pueblos, desde los egipcios pasando por los Fenicios, Romanos y muchos otros utilizaron esta forma de impulsión.

Los datos más antiguos de artefactos que aprovechaban el viento para otro tipo de actividades (p.e. molienda de granos) aparecen en Persia, alrededor de los años 200 antes de Cristo. Se cree que en siglo XIII esas máquinas fueron introducidas en Europa por quienes retornaban de las cruzadas.

Durante el transcurso de la Edad Media se amplió la gama de usos empleándose para mover la maquinarias de nascentes industrias como la textil, maderera, metalúrgica.

Estos primeros molinos eran muy rudimentarios, basando su diseño en la rotación un eje colocado en forma vertical. Los holandeses modificaron esa tecnología y a partir del año 1.350 comenzaron a utilizarse máquinas de eje horizontal y de cuatro palas, muy similares en aspecto a los que acostumbramos ver hoy en día en los típicos paisajes de ese país. A partir de entonces se los empezó a utilizar principalmente para desecar pantanos y lagos y también aserraderos, para la fabricación de papel y para extraer aceites.



Hasta los equipos que aprovechaban la energía del viento producían únicamente energía mecánica. Eran máquinas lentas, pesadas y de baja eficiencia. A mediados del siglo pasado se desarrolló un molino que se impuso rápidamente en muchos países, llamado comúnmente molino americano, y es el que podemos ver en casi todo el interior de nuestro país. Este molino es también un convertidor en energía mecánica, pero con una eficiencia muy superior a la de los anteriores y se destina casi exclusivamente al bombeo del agua.

Las primeras máquinas equipadas con generadores eléctricos, hacen su aparición hacia 1900. Durante la primera mitad del siglo, a pesar de que no hubo una activa utilización de la energía eólica, se produjeron gran variedad de diseños cuyos principios fundamentales son válidos hasta el presente.

Desde la década del 30 y hasta comienzos de la del 50 se popularizaron máquinas de pequeño porte (hasta unos 3kW) en el medio rural, donde todavía no existía un sistema de electrificación por redes que cubriera amplias zonas.

También se constituyeron equipos de gran tamaño. Por ejemplo, durante la segunda guerra mundial funcionó en EEUU una turbina de 1.250 Kw. de potencia. Desde 1958 hasta 1966 se constituyeron y operaron en Francia, EEUU y Dinamarca, varias máquinas de potencia superior a 1.000 Kw. Sin embargo, todas estas experiencias terminaron en verdaderos fracasos porque

se enfrentaron con problemas tecnológicos que en ese entonces resultaban prácticamente insolubles, hecho que provocó que quienes debían tomar decisiones políticas sobre su utilización no creyeran en cuanto al futuro de esta tecnología como oferta energética válida. Por otra parte, el precio excesivamente bajos de los combustibles hacía muy difícil si no imposible la competencia de cualquier tipo de equipo conversor de energía eólica contra un generador térmico.

La crisis energética de los años 70, que ocasionó un abrupto encarecimiento del petróleo, y por consecuencia de sus derivados, provocó que aquellos países que tenían una importante dependencia de la importación de esos productos para la satisfacción de sus necesidades energéticas, buscaran soluciones alternativas a los grandes desequilibrios económicos que esta situación les creaba.

Es así como empezó a pensar seriamente en lo que dio en llamarse ahorro o conservación de energía y al mismo tiempo se comenzó a replantear el tema de la utilización de las energías no convencionales, apareciendo entonces la energía eólica, desde el punto de vista económico, como una fuente más competitiva para la producción de electricidad.

Esta situación incentivó la realización de nuevos estudios que llevaron a una importante mejora de las tecnologías de aprovechamiento, logrando equipos conversores de energía eléctrica cada vez más confiables y potentes. Hoy en día es destacable la explotación que efectúan países como Estados Unidos, Dinamarca, Alemania, Holanda, España y otros que cada vez en mayor número se van incorporando.

A título ilustrativo, se puntualizan las potencias instaladas a fines de 1996 por los principales países productores de energía eólica en el mundo: Estados Unidos 1.596 MW; Alemania 1.546 MW; Dinamarca 835 MW; España, Holanda y Gran Bretaña con algo más de 200 MW cada una. El total mundial alcanzaba a 6.056 MW.

### 2.3 Transformación de la Energía Eólica

La energía contenida en el viento puede ser transformada, según sea la necesidad, en energía eléctrica, mecánica o térmica.

Las posibilidades de uso que ofrece la energía eléctrica son bien conocidas. En cuanto a la mecánica, en el caso que nos ocupa, se utiliza el bombeo de agua o molienda de distintos productos. La energía térmica se consigue a partir de la energía mecánica. Para efectuar esa transformación se utilizan distintos tipos de equipamientos.

En términos generales no se requieren grandes velocidades de viento para producir energía, más bien al contrario, cuando el viento es demasiado intenso se hace necesario detener los equipos para evitar deterioro.

En la mayoría de los casos, un equipo comienza a generar energía con una velocidad del viento de 4 metros por segundo (m/s), equivalente a unos 15 Km./h. Entrega su potencia máxima cuando la velocidad es del orden de los 12 a 15m/s (40 a 55 Km./h) y es necesario sacarla de servicio cuando alcanza 25m/s (90km/h).

### 2.4 Las Máquinas Eólicas

Existen dos tipos principales de máquinas que aprovechan la energía contenida en el viento: los molinos, que se utilizan fundamentalmente para bombeo mecánico de agua, y los aerogeneradores de electricidad.

## Molinos

Es muy común en el campo la utilización para extraer agua del subsuelo. El equipo utilizado se denomina molino multipala en razón de estar compuesto por un número elevado (12 a 16) de palas. La razón de este sistema radica en que con muy baja velocidad de viento (apenas una brisa) está en condiciones de trabajar. Al girar acciona mecánicamente una bomba que extrae el agua necesaria.



El diseño de este tipo de molino es de origen norteamericano, introducido en Argentina a mediados del siglo pasado y hoy de fabricación nacional. También es muy utilizado en Australia, Sudáfrica, Holanda y Dinamarca.

## Aerogeneradores

Estos equipos están especialmente diseñados para producir electricidad. En la actualidad se fabrican máquinas comerciales de muy variados tamaños, desde muy bajas potencias (100 a 150 W) hasta 700 y 800 kW. Y ya están superando la etapa experimental modelos de hasta 1.500 Kw. de potencia.

A diferencia de los molinos, estos equipos se caracterizan por tener pocas palas porque de esta manera alcanzan a desarrollar una mayor eficiencia de transformación de la energía primaria contenida en el viento. Si bien existen algunos de una sola pala, los de dos o tres son lo más utilizados.

Sintéticamente un aerogenerador está conformado por dos elementos principales: un rotor compuesto por un eje y la o las palas que es accionado por el viento, y un generador que se mueve por arrastre del rotor.

Los rotores de los aerogeneradores de potencia mediana en adelante (más de 20 Kw.) no desarrollan gran número de evoluciones, considerándose como normal el orden de 60 a 70 revoluciones por minuto. Teniendo en cuenta que los generadores normalmente trabajan a unas 1.500 r.p.m., para adecuar las distintas velocidades de trabajo de estos dos elementos se intercala una caja multiplicadora.

En las máquinas pequeñas el generador suele ser un alternador conectado directamente al eje de rotación.

Se puede diferenciar a los aerogeneradores en dos grandes grupos según sea la posición del eje de rotación: de eje vertical y de eje horizontal. Ambas tecnologías tienen sus aspectos favorables y desfavorables.

Los aerogeneradores de eje vertical (foto) tienen la ventaja de no necesitar orientarse respecto a la dirección de donde sopla el viento, porque cualquiera sea ella, acciona en la misma forma sobre su rotor. Además, los equipos de generación y control se ubican al pie de la estructura

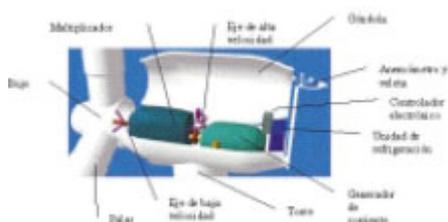
simplificando de esta manera el acceso a los mismos y abaratando por consiguiente el mantenimiento.



También ofrecen una robustez y resistencia destacable para ser utilizados en zonas de vientos arranchados y de direcciones cambiantes.

Como principal elemento desfavorable se puede mencionar que la eficiencia de conversión energética es algo menor que la de los del otro tipo.

En los aerogeneradores de eje horizontal, (Imagen) el plano de rotación debe conservarse perpendicular a la dirección del viento para poder captar la máxima energía. En consecuencia, para adecuarse a las variaciones de dirección, debe instalarse algún mecanismo que oriente la posición del rotor.



En equipos pequeños y medianos (hasta unos 10 ó 15 Kw.) el sistema de orientación es sencillo y mecánico, representado por un timón de cola que reacciona en forma automática.

En equipos de mayor tamaño y muy especialmente en los grandes (de más de 100 Kw.), la orientación del equipo se controla electrónicamente a través de un sistema computarizado.

El generador, así como la caja de multiplicación, están ubicados en el cuerpo del equipo, que se encuentra en la parte superior de la torre. Este trae aparejado por un lado la necesidad de un importante cableado para conducir la corriente generada y las señales enviadas al sistema de control y por otro el inconveniente que cuando se produce alguna avería o se efectúa un control de rutina, es necesario subir a la torre. Como se ve, las diferencias a favor o en contra de cualquiera de las dos tecnologías no alcanzan a ser de suficiente envergadura como para descalificar a ninguna de ellas. De todos modos, es importante acotar que más del 80% de los fabricantes se inclinan por el sistema de eje horizontal.

## 2.5 Aprovechamiento

El uso de toda fuente energética presenta tanto ventajas como desventajas, por lo que es importante, antes de emprender una utilización, efectuar un balance entre los pro y los contra de una u otra posible a utilizar.

La energía eólica, por supuesto, no puede escapar a esta premisa. Como principales ventajas se pueden mencionar:

- \*es inagotable
- \*no es contaminante
- \*es de libre acceso (gratuita)
- \*se puede aprovechar en la medida de las necesidades del momento

En cambio las mayores desventajas indican:

- \*se encuentra dispersa
- \*es intermitente y aleatoria (no continua)

La condición que se puede considerar normal en la mayor parte del planeta es que las características del viento no resulten suficientemente adecuadas para su utilización como fuente energética importante, salvo para aprovechamientos de pequeña potencia. No obstante, existen regiones donde las condiciones de ocurrencia del recurso energético son tales que resultan sumamente ventajosas para su aprovechamiento.

Desde el punto de vista económico, aún cuando la inversión inicial necesaria para la instalación de los sistemas de captación eólica es mayor que la requerida para un sistema diesel, los equipamientos eólicos tienen bajos costos de mantenimiento, "combustible" gratis y una vida útil prolongada (20 años o más), lo que les permite competir cada vez más eficazmente con otras fuentes energéticas.

## 2.6 Utilización

La energía eléctrica generada a partir de este tipo de equipamiento se destina, por supuesto, a satisfacer necesidades de trabajo y confort requeridas por el hombre. De las distintas posibilidades de disponibilidad de esta energía generada, mencionaremos tres casos que, al menos en nuestro país, conforman situaciones generalizadas y bien caracterizadas.

a.- Vastas zonas del país tienen población y establecimientos rurales y de servicios dispersos tales como estancias, escuelas, puestos de gendarmería, policías dispensarios médicos, etc. Normalmente esta gente y establecimientos no tienen acceso a una provisión energética segura y confiable. Mediante máquinas de pequeña potencia (generalmente menos de 10 Kw.) se puede proveer, si la calidad del recurso eólico es adecuada, de energía para mejorar las condiciones de vida posibilitando el acceso a iluminación, comunicación social y de seguridad (televisión, radio, etc.) y eventualmente la utilización de algunas pequeñas herramientas eléctricas.

b- Otro aspecto se centra en la existencia de un importante número de pequeñas localidades donde ya se cuenta con un servicio eléctrico de origen térmico, en general accionado a gas oil, el que en muchos casos por razones de costo y protección del equipo se utiliza solamente unas pocas horas al día, impidiendo de esta manera el eventual establecimiento de pequeñas industrias derivadas de la actividad local y retrasando también las posibilidades de mejor condición de vida de la población involucrada. Si las circunstancias lo permiten, acoplado máquinas eólicas de una capacidad acorde con la de los equipos existentes, se puede mejorar la calidad del servicio aumentando su confiabilidad y prestación, con el agregado de poder lograr una disminución en el consumo de combustible.

c- Por último, en regiones con recurso eólico adecuado, si se cuenta con una red de transmisión de alta tensión, es posible establecer verdaderas “centrales” eléctricas conformada por un número variable pero en general importante de turbinas de elevada potencia (250 W en adelante). La energía generada en estas instalaciones, denominadas granjas o parques eólicos, ingresa directamente a la red.

## 2.7 La Energía Eólica en la Argentina

Aunque sea poco reconocido, Argentina es un país que tiene una importante tradición eólica. Desde mediados del siglo pasado, y hasta hoy en día, se pueden encontrar en la Pampa Húmeda fundamentalmente, y también en otras regiones, numerosos molinos multipala utilizados por los establecimientos agroganaderos para la extracción de agua.

De acuerdo con el Censo Agropecuario Nacional, efectuado en el año 1988, existen más de 400.000 máquinas de este tipo. Haciendo el cálculo del equipamiento eléctrico que resultaría necesario disponer para reemplazar la acción de estos molinos, encontramos que sería equivalente a cerca de un tercio de la capacidad del Chocón (unos 350 a 400 MW de potencia).

Por otra parte, a partir de la década del 30, se hicieron muy populares los denominados aerocargadores, máquinas eólicas de pequeña potencia generadoras de electricidad, destinadas fundamentalmente a cargar baterías con las que los pobladores podían en algunos casos iluminarse y también escuchar radio.

Como nuestro país no podía escapar al contexto general, al producirse la extensión de la electrificación rural por redes y la facilidad en adquirir equipos accionados a combustible a un precio muy acomodado, con la posibilidad, además, de brindar un servicio más completo, fue desplazando paulatinamente a los generadores eólicos, aunque en la actualidad se encuentran todavía algunos, especialmente en la Patagonia.

A partir de la crisis petrolera de 1973 y 1979, se empezó a trabajar activamente en Argentina, fundamentalmente en el sector de investigación, en procura de adquirir experiencia en el uso de las nuevas tecnologías. También la paulatina toma de conciencia de que es mejor, en tanto sea posible, la utilización de fuentes energéticas que no produzcan contaminación ambiental, influyó grandemente en la decisión de impulsar la energía eólica.

Entre los años 1985 y 1989 se han llevado a cabo algunos proyectos demostrativos con el objeto de adquirir experiencia en la aplicación de las nuevas tecnologías. A partir de un acuerdo de asistencia técnica con Alemania, se instaló un parque eólico compuesto por 4 aerogeneradores de 30 Kw. de potencia cada uno conectados a la central térmica de la localidad de Río Mayo, ubicada al sudoeste de la provincia del Chubut.

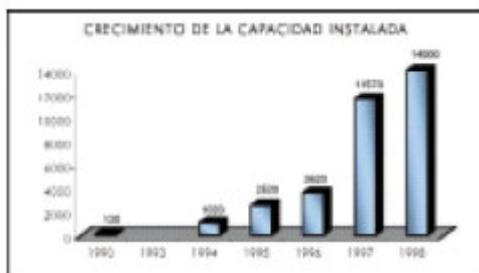
En algunas provincias como Neuquén, Buenos Aires y Catamarca se han instalado máquinas de pequeña potencia (hasta 1 ó 2 Kw.). En el caso de Neuquén para energización de estaciones repetidoras de comunicaciones; en otros como Buenos Aires a título experimental para proveer de energía eléctrica a escuelas rurales o como en Catamarca (aquí la acción la desarrolló la Universidad local) para suministrar energía a un puesto de Gendarmería ubicado en Paso San Francisco a unos 4.000 metros de altura sobre el nivel del mar. Se tiene entendido que estos emprendimientos no se encuentran actualmente en funcionamiento.

Es imposible conocer en forma segura la potencia instalada en el país a través de aerogeneradores de pequeño tamaño, pero seguramente no exageramos si calculamos una cifra superior a los 2.000 Kw.

A partir del año 1994 en virtud de la modificación de la política energética que impulsó la participación privada en todo el proceso energético, varias cooperativas que prestan servicios eléctricos se interesaron en la posibilidad de incrementar su oferta mediante la generación a partir del viento.

La primera de ellas, que atiende la localidad de Comodoro Rivadavia (Chubut) y zonas aledañas, instaló el mes de enero de 1994 dos máquinas generadoras de 250 Kw. de potencia cada una como proyecto preliminar y de ensayo. Los resultados obtenidos fueron tan satisfactorios que en septiembre de 1997 pusieron en marcha 8 equipos de 750 Kw. de potencia cada uno. Otra localidad vecina a Comodoro Rivadavia (Rada Tilly) montó también un equipo de 400 kW. De potencia, en funcionamiento desde principios de 1996.

Otros casos como la cooperativas de Cutral Có en Neuquén, Puna Alta y Bajo Hondo (cercanas a Bahía Blanca), Mayor Buratovich, Darregueira, Claromecó y una que atiende la zona rural de Tandil, todas estas en la Provincia de Buenos Aires, instalaron a fines de 1998 un total de 32 equipos que completan una potencia instalada de 14.000 Kw. También en la producción de energía a partir del viento se verifica un importante crecimiento en los últimos años, alcanzándose en diciembre de 1998 los 32.500 MWh. Los gráficos que siguen ilustran las situaciones descriptas.



Capacidad Instalada



Energía Generada  
(Valores en MWh/año)

Por otra parte, la sanción por el Congreso Nacional de una ley de promoción para la producción eléctrica a partir del viento, será seguramente un importante aliciente para incrementar la instalación de centrales y parques. De hecho, varias Cooperativas y Empresas del área energética se han mostrado interesadas en el estudio de las posibilidades económicas de esta fuente energética.

### 3 ENERGÍA GEOTÉRMICA

#### 3.1 Definición

Se entiende por energía geotérmica a aquella que, aprovechando el calor que se puede extraer de la corteza terrestre, se transforma en energía eléctrica o en calor para uso humano o procesos industriales o agrícolas.

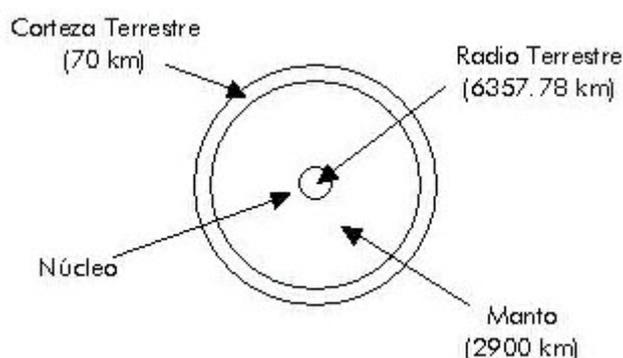
#### 3.2 Historia – El Calor Interno de la Tierra

La Tierra almacena en forma de calor gran cantidad de energía. Diferentes hipótesis tratan de explicar a que se deben estas altas temperaturas existentes sobre el origen y posterior evolución del planeta.

Las explicaciones más convincentes atribuyen a la acción combinada de varios fenómenos naturales, entre los que adquieren especial importancia los efectos residuales de la materia incandescente que constituyó las etapas iniciales y la contribución calórica proveniente de la desintegración de elementos radiactivos de vida prolongada.

#### 3.3 Estructura Interna de la Tierra

En forma esquemática y simple, se puede considerar que la tierra está conformada por tres capas concéntricas, desde la superficie hasta su centro, ubicado a una profundidad de 6.357,78 km. Estas tres capas son: La superficial denominada CORTEZA TERRESTRE, está constituida por rocas en estado sólido y que podemos observar en forma directa. Su espesor rara vez supera los 70 km.



La segunda capa, denominada MANTO, se halla inmediatamente debajo de la anterior. Los materiales que la constituyen tienen una composición mineralógica completamente distinta de las de las rocas de la parte superficial, y una densidad bastante mayor.

Debido a las altas temperaturas existentes a esas profundidades y a la naturaleza de su constitución, esos materiales se hallan en estado semifundido, otorgándole al manto un comportamiento dinámico semejante al de una masa plástica.

Si bien no se puede comprobar visualmente, estudios geofísicos permiten suponer que las características observadas en la parte superior del manto se acentúan gradualmente hasta la profundidad de 2.900 Km.

A partir de allí nos internamos en la tercera capa denominada NÚCLEO caracterizada porque los componentes minerales que la constituyen poseen una densidad muy superior a las de las capas anteriores.

### 3.4 El Calor que Sube a la Superficie

El calor contenido en los materiales que componen el NÚCLEO y el MANTO se transmite paulatinamente a la CORTEZA generando un flujo ascendente de calor que luego de atravesarla y alcanzar la superficie terrestre se disipa en la atmósfera.

Este proceso se puede corroborar cada vez que se efectúa una perforación, aunque sea de relativa poca profundidad. Las temperaturas que se registran son siempre mayores en los niveles más profundos. Es conveniente aclarar, para evitar confusiones, que en los casos en que la perforación es muy superficial (y también en los primeros tramos de otras más profundas) el efecto mencionado no es observable por la presencia de aguas infiltradas circulantes que enmascaran el proceso térmico. Si esas aguas se conservaran más tiempo y no recibieran un constante aporte, alcanzarían la temperatura correcta. Por regla general, en el sector más superficial de la corteza, la temperatura aumenta en un valor promedio de 3 grados centígrados por cada 100 metros de profundidad. Esta variación se conoce como “gradiente geotérmico”. Cuando los valores de ese gradiente se encuentran entre 2 y 5°C cada 100 metros se consideran normales, mientras que los valores que exceden 5°C/100 m, habrá a 1.500 metros una temperatura de 180°C aproximadamente.

En la parte inferior de la Corteza Terrestre, más precisamente en el sector del contacto Corteza / Manto, existen algunas zonas que en razón de su particular configuración geológica, permiten que el flujo de calor ascendente que atraviesa la corteza y llega a la superficie, sea bastante más intenso que en la mayor parte de las áreas restantes.

Consecuentemente, en esas regiones los gradientes geométricos registran valores muy elevados, lo cual significa que a igual profundidad, las temperaturas son allí mayores que en las zonas gradientes normales.

Estas áreas “calientes” están preferentemente situadas en los fondos oceánicos, en los cuales el espesor de la corteza disminuye sensiblemente y posibilita el ascenso de calor del Manto y, en ocasiones, el del material fundido en forma de erupciones submarinas de lava. También constituyen regiones calientes de importancia, las cercanas a los cordones montañosos jóvenes, casi siempre coincidentes con bordes continentales de gran actividad volcánica y sísmica.

### 3.5 Presencia de agua caliente o vapor en el suelo

Es sabido que una parte del agua que se escurre por la superficie de la tierra (producto de lluvia, de deshielo, de cursos de agua, etc.) se infiltra en el terreno y, a través de grietas y fracturas puede alcanzar profundidades de varios cientos o hasta miles de metros.

Al encontrar en profundidad lechos de rocas suficientemente porosas, el agua circula a través de los poros de dichas rocas. Esos estratos por los cuales circula agua se conocen como “acuíferos”. Por un principio físico elemental, el agua que llena los poros de ese estrato tiende a igualar su temperatura con la de la roca que la contiene.

Por lo tanto, de acuerdo con el ejemplo anterior, si el acuífero se encuentra en una zona con un gradiente de 12°C/100 m y a una profundidad de 1.500 m, deberá contener agua a una temperatura cercana a los 180°C.

Por otra parte, las rocas que conforman la corteza presentan frecuentemente grietas y fisuras. Si la masa acuosa que viene circulando por un acuífero se encuentra con una zona de grietas y fisuras, el agua puede alcanzar la superficie del terreno, produciéndose entonces un manantial o vertiente.



Si casualmente este hecho ocurriera en una zona donde el gradiente geotérmico es suficientemente anómalo como para que el agua del acuífero alcance una temperatura adecuadamente alta, estaremos en presencia de lo que se denomina en forma genérica “una manifestación hidrotermal”.

### 3.6 Manifestaciones Hidrotermales

Este tipo de fenómenos tienen características singulares que las diferencian sensiblemente de los afloramientos de agua comunes. Por estar siempre asociados con las fases póstumas de los procesos volcánicos, además la temperatura que acusa el fluido, están también acompañados por la presencia de gases, principalmente carbónicos y sulfurosos, produciendo este último un olor fétido sumamente desagradable.

De acuerdo a las características que presentan estas manifestaciones reciben diferentes nombres, siendo las más comunes:

- Fumarolas: Nombre genérico dado a la emisión de gases y vapores a temperaturas muy elevadas, en ocasiones pueden alcanzar los 500 °C. Se las suele diferenciar en base a su composición química en carbonatadas, sulfurosas, clorhídricas, etc.
- Solfataras: Conforman una variación de las anteriores que se diferencia por su mayor riqueza en vapor de agua, temperatura sensiblemente menor (inferior a 200 °C) y por eyectar chorros intermitentes de vapor de agua, hidrógeno sulfurado, gas carbónico y otros gases.

Estas dos formas de manifestaciones pueden ser surgentes o fluir suavemente, dependiendo de la presión existente dentro del acuífero de donde provienen.

- Géiseres: Consisten en verdaderos surtidores de una mezcla de agua y vapor (a temperaturas entre 70 y 100 °C), con una gran cantidad de sales disueltas y en suspensión.

Es interesante el funcionamiento de estos últimos. La mezcla no tiene por sí suficiente presión como para alcanzar en forma continua la superficie del terreno. Debido a la gran cantidad de sales que lleva disueltas, éstas precipitan y solidifican en la parte cercana al orificio de salida, conformando una especie de “tapa”. Esta situación provoca una acumulación de presión que finalmente vence la dureza de la cubierta, produciendo que surja de un chorro de agua y vapor que desaparece al volver a perder vigor.

El proceso tiene como especial particularidad la exactitud en los tiempos de duración del ciclo entre una erupción y otra. Este período puede ser de minutos, horas, días o meses, según cada caso, y en algunos de ellos conforman una atracción turística por la espectacularidad que desarrollan. Son célebres los géiseres de Islandia y los del Parque de Yellowstone, en EEUU.

### 3.7 La Utilización de Recursos

El uso más antiguo de los recursos geotérmicos, más precisamente de las aguas termales, tiene que ver con sus propiedades curativas (griegos, romanos, babilonios, etc.) Son famosas las termas de Vichy en Francia, Carlsbad en Checoslovaquia, Carcalla en Italia. En nuestro país existen muchas localidades con aguas termales y algunas de ellas son utilizadas desde el punto de vista turístico y curativo. Son famosas las de Copahue en Neuquén, Río Hondo en Santiago del Estero, Reyes en Jujuy, Villavicencio en Mendoza, Rosario de la Frontera en Salta, etc.

También son aprovechables desde el punto de vista minero, recuperándose mediante diversos procesos las sales que contienen disueltas y que en algunos casos son de alto valor comercial, como por ejemplo sales de Boro, Litio, Cadmio. No obstante, el aprovechamiento más importante de los recursos hidrotermales consiste en su utilización con fines energéticos.

#### Extracción del calor

Además de las perforaciones de exploración, la explotación de un yacimiento geotérmico, al igual que uno petrolero, requiere de un cierto número de pozos de producción que, llegando hasta el acuífero, también denominado “reservorio”, permitan que el agua caliente o vapor suban a la superficie. Es muy importante tener en cuenta que la explotación de un yacimiento geotérmico debe efectuarse de manera tal que el volumen de agua caliente o vapor que de él se extrae, no sea mayor que la recarga natural de agua que alimenta al acuífero. Sólo bajo estas condiciones, el recurso energético puede ser considerado como una fuente de carácter “renovable”. Existen dos formas básicas de uso de la energía de origen geotérmico:

USO DIRECTO DEL CALOR, que se aplica para calefaccionar viviendas u otros tipos de edificios; para procesos industriales que utilizan calor, como por ejemplo las fábricas de celulosa, papel, conservas, harinas de pescado; para el secado de frutas y vegetales en general; para calefacción de invernaderos, establos y criaderos, para piscicultura, para calentamiento de suelos de cultivos en zonas frías, para derretir la nieve de los caminos. Para cada una de estas aplicaciones es necesaria que la temperatura del agua sea adecuada. El cuadro da una idea de posibles aplicaciones según la temperatura del agua o vapor disponibles.

	180°C	Evaporación de soluciones altamente concentradas Digestión de pulpa de papel Kraft	
	170°C	Procesamiento de agua pesada Secado de tierras de diatomeas	
	160°C	Secado de madera Secado de harinas y productos similares	
	150°C	Producción de alumina (proceso Bayer) Secado de verduras de alta velocidad	
	140°C	Envasado de alimentos Refinación de azúcar	
	130°C	Extracción de sales por evaporación Agua potable por evaporación	
	120°C	Evaporación de efectos múltiples Potabilización de agua salada	
	110°C	Desechado de verduras y otros vegetales Secado y curado de cemento	
	100°C	Secado de pesacods, prod. de harinas Preparación de alimentos	
	90°C	Calentamiento ambiental Derretimiento de nieve en carreteras	
	80°C	Calefacción de establos y criaderos	
	70°C	Agua caliente sanitaria Invernaderos	
	60°C	Fermentación, biodegradación Calentamiento de suelos	
	50°C	Baños termales Cultivo de hongos	
	40°C	Calentamiento de suelos Tratamiento de aguas servidas	
	30°C	Piscinas Criaderos de peces	

VAPOR SATURADO

AGUA CALIENTE

PRODUCCIÓN ELÉCTRICA

Entre los países que utilizan el calor geotérmico para procesos industriales, agrícolas y de ambientación se pueden mencionar Islandia, Rusia, Hungría, Nueva Zelanda y otros.

**USO ELÉCTRICO DEL FLUIDO.** Consiste en la generación de electricidad mediante instalaciones similares a las usinas térmicas convencionales. La diferencia radica en el origen del vapor que mueve las turbinas que alimentan el generador eléctrico.

En una usina térmica convencional el vapor “se fabrica” quemando derivados de petróleo, gas o carbón, mientras que en la usina o planta geotérmica no es necesario gastar combustible pues es provisto directamente por la naturaleza.

Naturalmente este proceso no es tan simple como se menciona. En general el vapor viene mezclado con agua y ésta, a su vez, tiene disueltas sales. Será entonces necesario separar el vapor del agua para que pueda ser derivado a las turbinas.

### **3.8 Aprovechamientos de la Energía Geotérmica**

La única manera que hasta el presente permite forma técnica y económicamente aceptable disponer del calor contenido en el interior de la tierra para su utilización como recurso energético, consiste en extraerlo del agua caliente o el vapor contenido en los acuíferos hidrotermales. Pero hallar una zona apta para ser explotada energéticamente requiere de un proceso exploratorio consistente en una sucesión de etapas en las que se conjugan estudios geológicos y geofísicos progresivamente crecientes en especificidad y complejidad, y consecuentemente en inversión.

La experiencia acumulada en el mundo ha demostrado que las dimensiones superficiales de un yacimiento geotérmico se hallan comprendidas entre 10 y 100 km<sup>2</sup>. Si se tiene en cuenta que el proyecto de exploración se inicia sobre la totalidad de una zona, cuya extensión casi siempre sobrepasa los 15.000 km<sup>2</sup>, la localización de posibles yacimientos requiere intercalar etapas intermedias.

La primera se denomina de Reconocimiento y consiste en la realización de estudios con métodos superficiales a efectos de detectar las áreas de mejores posibilidades para continuar la exploración. Normalmente se explora sobre áreas de más de 10.000 km<sup>2</sup>.

La segunda etapa denominada Prefactibilidad, ya sobre superficies de entre 500 y 2.000 km<sup>2</sup>, busca definir las características del yacimiento geotérmico para determinar la ubicación de los pozos de exploración.

Finalmente en la etapa de Factibilidad se verifica la posibilidad técnica y económica de aprovechamiento del yacimiento y se definen los posibles sistemas de explotación.

En la figura se ha puntualizado esquemáticamente, para cada una de las etapas del proceso de exploración, desarrollo y explotación geotérmica, los tipos de tareas fundamentales que se llevan a cabo y los objetivos que se persiguen.

ETAPAS DEL PROCESO DE EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA				
RECONOCIMIENTO	PREFACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	DESARROLLO	EXPLOTACION
Sup > 10.000 km <sup>2</sup>	Sup 550 a 2000 km <sup>2</sup>	Sup 10 a 15 km <sup>2</sup>		
ESTUDIOS O TAREAS A REALIZAR				
Geología Geoquímica Hidrología	Geología Geoquímica Hidrogeología Geofísica Pozos someros	Pozos exploratorios Estudios de reservorios	Pozos de explotación Sistema de conducción Diseño de la planta	Funcionamiento de la planta Control de campo
OBJETIVOS BUSCADOS				
Circunscribir las áreas con mejores posibilidades	Determinar el modelo geotérmico preliminar y seleccionar la ubicación de los pozos de explotación	Verificar las características del yacimiento y determinar la conveniencia técnica y económica de su explotación	Crear las condiciones para una correcta explotación del yacimiento	

Es importante no perder de vista que a medida que se avanza en el proceso, el monto de las inversiones va creciendo significativamente, por lo que se hace sumamente necesario evaluar detenidamente la conveniencia de llevar adelante una nueva etapa.

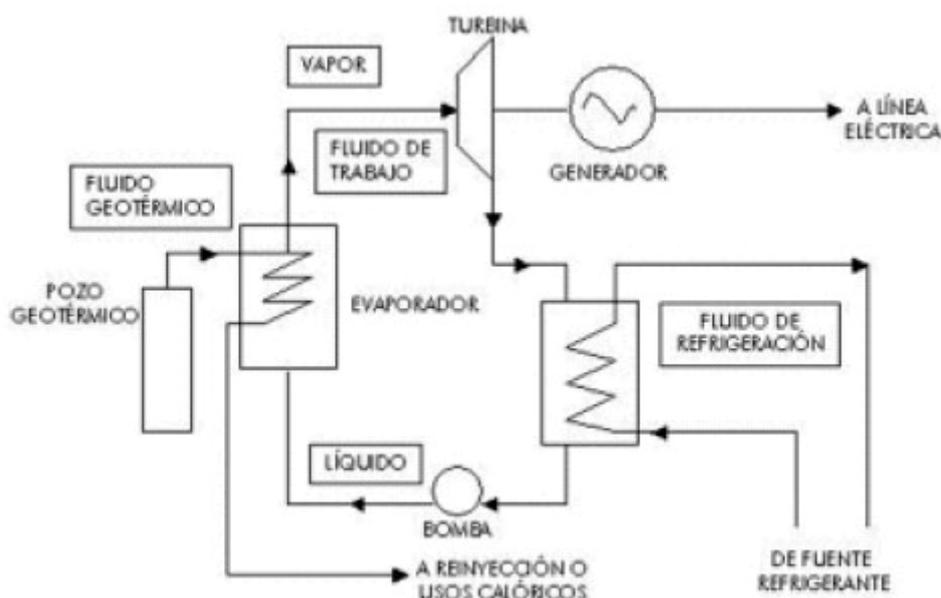
El primer intento para producir energía eléctrica se llevó a cabo en Larderello (Italia) en 1904, donde muchos años después se instaló una central geotérmica de gran potencia.

Después de 1950, otros países como Nueva Zelanda, EEUU, México, Japón, URSS, Islandia, El Salvador, Filipinas, Nicaragua, Indonesia, Kenya, han procedido también a la instalación de sistemas que producen electricidad mediante el empleo de esta fuente energética. El cuadro permite ver la capacidad eléctrica instalada en un importante número de países.

USINAS ELECTRICAS DE ORIGEN GEOTERMICO			
Potencias instaladas en MW			
PAIS	1990	1995	2000
Argentina	0,67	0,67	0
Australia	0	0,17	0,17
China	19,2	28,78	29,17
Costa Rica	0	55	142,5
El Salvador	95	105	161
Ethiopia	0	0	8,52
France (Guadeloupe)	4,2	4,2	4,2
Guatemala	0	33,4	33,4
Iceland	44,6	50	170
Indonesia	144,75	309,75	589,5
Italy	545	631,7	785
Japan	214,6	413,71	546,9
Kenya	45	45	45
México	700	753	755
New Zealand	283,2	286	437
Nicaragua	35	70	70
Philippines	891	1227	1909
Portugal (The Azores)	3	5	16
Russia (Kamchatka)	11	11	23
Thailand	0,3	0,3	0,3
Turkey	20,6	20,4	20,4
USA	2774,6	2816,7	2228
Total	5831,72	6833,38	7974,06

Una tecnología que, aún cuando ha sido demostrado fehacientemente que funciona sin inconvenientes es poco utilizada, es la denominada de “ciclo binario”. Consiste en una planta en la que el fluido geotérmico producido por los pozos vaporiza un “fluido de trabajo” (normalmente un producto de bajo punto de vaporización) que es el encargado de mover la turbina que arrastra el generador. El fluido secundario cumple un circuito cerrado.

*Esquema de una planta de ciclo binario*



Esta tecnología se aplica en los casos en que la temperatura del fluido geotérmico no es suficientemente alta como para producir vapor en forma natural. La razón primera por la que este sistema no alcanzó gran difusión estriba en que por las características técnicas y el equipamiento que requiere la energía producida resulta más cara que la del ciclo natural y en muchos casos no entra en competencia con otras fuentes energéticas.

No obstante ello, el progresivo encarecimiento de la energía producida por fuentes convencionales, a la que se suma el accionar de los grupos ambientalistas, están favoreciendo la instalación de plantas de ciclo binario para suplantar a las térmicas más sucias.

### 3.9 Energía Geotérmica en la Argentina

De acuerdo con los rasgos geológicos que distinguen el flanco occidental del continente sudamericano (grandes cadenas montañosas jóvenes en bordes continentales de intensa actividad volcánica y sísmica), es válido suponer que en la Argentina existe un interesante recurso geotérmico.

Partiendo de ese convencimiento, desde 1972 se programaron estudios de prospección con el propósito de tomar un buen conocimiento de la potencialidad existente en el país.

Inicialmente, motivados por la presencia de importantes manifestaciones hidrometales en la región de Copahue (provincia del Neuquén), se realizaron, en 1974-75, estudios conducentes a determinar la ubicación de un pozo exploratorio que alcanzó una profundidad de 954 metros sin evidenciar la presencia de fluido caliente, pero con un buen gradiente geotérmico.

Con el fin de obtener información de otras zonas del país se efectuaron algunos estudios de tipo expeditivo en Rosario de la Frontera (Salta), Farellón Negro (Catamarca) y en el territorio

de la provincia de Jujuy contratándose, en este caso, una empresa extranjera especializada a la que se le incorporó personal nacional para su capacitación.

Los resultados que fueron arrojando estos estudios indicaron la necesidad de instrumentar un programa de exploración que en forma organizada permitiera realizar estudios sistemáticos en distintas zonas del país que por sus características geológicas resultaban de mayor interés. Fue así que en 1979 se elaboró un Programa de Exploración Geotérmica en el que se individualizaron siete regiones, dentro de las cuales se circunscribieron quince zonas susceptibles de realizar estudios, once de las cuales resultaron objeto de reconocimientos.

Es importante aclarar que el principal objetivo que se perseguía a través de este programa era la obtención de una evaluación regional del recurso geotérmico, que permitiera visualizar las áreas que presentaban mejores posibilidades, tanto de alta como de baja temperatura, para poder definir a partir de allí una eventual política de desarrollo geotérmico.

Como resultado de las tareas realizadas se identificaron más de veinte áreas de probable interés. Los aprovechamientos efectuados hasta la fecha son muy pocos en comparación con las posibilidades técnicas que ofrece esta fuente de energía.

Desde el punto de vista de producción eléctrica, la única instalación que existe en el país se encuentra en el yacimiento de Capahue (Prov. del Neuquén). Se trata de una planta de ciclo binario de 670 kW de potencia que contribuye a alimentar las localidades termales y turísticas de Copahue y Caviahue. Es de aclarar que se eligió el sistema binario para producción eléctrica por razón de costo-oportunidad de la central y no por motivos técnicos.

Las dificultades más grandes para un desarrollo sostenido de energía geotérmica con fines eléctricos se encuentran en los elevados costos de la exploración y lo alejado de las zonas pobladas de las principales áreas de interés geotérmico.

En cuanto a la posibilidad de efectuar aprovechamientos calóricos, cada caso debe ser estudiado muy cuidadosamente sopesando el costo del aprovechamiento y la importancia de la actividad económica en juego.

Se han realizado algunos aprovechamientos. Además de los usos en balneoterapia en distintos puntos del país, se puede mencionar la calefacción de algunos albergues en la zona de Las Ovejas (al Norte de la provincia del Neuquén, cerca de Cerro Domuyo). Se tiene en estudio algunos posibles aprovechamientos calóricos de tipo industrial (básicamente secado de productos agrícolas) en el noreste de La Rioja, pero todavía no se concretaron.

## 4 ENERGÍA SOLAR

### 4.1 Introducción

Nuestro planeta recibe del sol una cantidad de energía anual de aproximadamente 1,6 millones de Kwh, de los cuales sólo un 40% es aprovechable, una cifra que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable.

El aprovechamiento energético está entonces condicionado por la intensidad de radiación solar recibida por la tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y las condiciones climatológicas del lugar. Se define energía solar a aquella que mediante conversión a calor o electricidad se aprovecha de la radiación proveniente del sol; otra forma de aprovechamiento asociado considera la posibilidad de hacer uso de la iluminación natural y las condiciones climatológicas de cada emplazamiento en la construcción de edificios mediante lo que se denomina arquitectura bioclimática.

### 4.2 Procesos de Conversión

Como habíamos dicho el aprovechamiento de la energía solar requiere de la utilización de dispositivos que capten la energía proveniente del sol y la transformen en otra forma de energía compatible con la demanda que se pretende satisfacer.

Existen dos alternativas posibles para realizar estas transformaciones: la conversión fototérmica y la conversión fotovoltaica.

#### 4.2.1 Energía Solar Térmica

Con respecto a la tecnología solar térmica que convierte la energía radiactiva en calor, su principal componente es el captador, por el cual circula un fluido que absorbe la energía radiada del sol. De acuerdo a la temperatura de aprovechamiento se puede clasificar el aprovechamiento en de alta, media y baja, siendo sus límites:

- \*Hasta 100° C: de baja temperatura;
- \*Desde 100° C y hasta 300° C: de mediana temperatura;
- \*Mayores a 300° C: de alta temperatura.

Los sistemas solares térmicos de alta temperatura hacen referencia a grandes instalaciones donde el principal elemento es una torre paraboloide, o un campo de helióstatos que concentran la radiación solar en una torre central, que puede alcanzar temperaturas superiores a los 4000° C; normalmente se tratan de sistemas con una caldera central de la que se obtiene vapor a alta temperatura para usos térmicos o producción de electricidad.

En cuanto a las aplicaciones de mediana temperatura, normalmente se utilizan colectores parabólicos, los que concentran la radiación solar en un tubo colector encargado de recibir y transmitir el calor, alcanzando valores de temperatura de hasta 300° C.

El principal parámetro que caracteriza la eficiencia de cualquier captador solar es la curva de rendimiento. En general, se define el rendimiento de un captador como la relación entre el flujo energético que llega a la superficie de este y la energía útil que se transmite al fluido; de esta forma, el rendimiento instantáneo de un captador varía en función de la radiación, la temperatura del agua que entra al captador, la temperatura ambiente, la temperatura de la placa y los materiales empleados en la construcción.

### 4.2.2 Energía Solar Fotovoltaica

La tecnología fotovoltaica busca convertir directamente la radiación solar en electricidad. Basada en el efecto fotoeléctrico, en el proceso emplea unos dispositivos denominados celdas fotovoltaicas, los cuales son semiconductores sensibles a la luz solar; de manera que cuando se expone a esta, se produce en la celda una circulación de corriente eléctrica entre sus dos caras.

Los componentes de una sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considera (conectada o no a la red) y de las características de la instalación.

Una instalación fotovoltaica aislada está formada por los equipos destinados a producir, regular, acumular y transformar la energía eléctrica. Y que son los siguientes:

**Celdas fotovoltaicas:** Es dónde se produce la conversión fotovoltaica, las más empleadas son las realizadas con silicio cristalino. La incidencia de la radiación luminosa sobre la celda crea una diferencia de potencial y una corriente aprovechable. Fabricadas a partir del silicio, las celdas fotovoltaicas cobraron auge a partir de los años 50, cuando comenzaron a ser utilizadas para el abastecimiento energético de los satélites.

**Placas fotovoltaicas:** Son un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí, que generan electricidad en corriente continua. Para su mejor aprovechamiento se busca orientarlas (teniendo en cuenta la ubicación y latitud) con el fin de obtener un mayor rendimiento.

**Regulador de carga:** Tiene por función proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas. Además se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación, y para proporcionar información al usuario.

**Baterías:** Son el almacén de la energía eléctrica generada. En este tipo de aplicaciones normalmente se utilizan baterías estacionarias, las que tienen como característica de operación más importante al ciclado; durante un ciclo diario, la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche; sobrepuesto al ciclado diario hay un ciclo estacional, que está asociado a períodos de reducida disponibilidad de radiación.

**Ondulador o Inversor:** Transforma la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas fotovoltaicas y acumulada en las baterías a corriente alterna (a 230 V y 50 Hz).

El dimensionamiento de una instalación aislada requiere disponer de información relativa al consumo previsto de energía del lugar que se ha de electrificar y de la disponibilidad media de radiación solar a lo largo del año.

Debido a los costos que actualmente maneja esta tecnología se recomienda el uso de aparatos de bajo consumo, el sobre costo que estos a veces pueden tener, se compensa por la reducción en el costo de la instalación fotovoltaica.

Con respecto, a los elementos de los sistemas conectados a la red, los módulos fotovoltaicos son los mismos que se emplean en instalaciones aisladas. Debido a que la energía producida va directamente a la red, la diferencia fundamental de estas instalaciones radica en la ausencia de acumuladores y de regulador de carga. Respecto al tipo de ondulator empleado, normalmente se usan aparatos de mayor potencia que incluyen controles de fases para adecuar la corriente alterna a la que circula por la red.

### 4.3 Aprovechamientos

La tecnología fotovoltaica actualmente ya es competitiva para electrificar emplazamientos alejados de las líneas eléctricas como, por ejemplo, viviendas rurales, bombeo de agua, señalización, alumbrado público, equipos de emergencia, etcétera.

Sus principales ventajas son:

- \*Evitar un costoso mantenimiento de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso
- \*Eliminar los costos ecológicos y estéticos de la instalación de líneas en esas condiciones
- \*Contribuir a evitar el despoblamiento progresivo de determinadas zonas
- \*Es una energía descentralizada que puede ser captada y utilizada en todo el territorio
- \*Una vez instalada tiene un costo energético nulo
- \*Mantenimiento y riesgo de avería muy bajo
- \*Tipo de instalación fácilmente modulable, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades
- \*No produce contaminación de ningún tipo
- \*Se trata de una tecnología en rápido desarrollo que tiende a reducir el costo y aumentar el rendimiento.

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en dos grandes grupos de acuerdo a si están conectados a la red o no.

Los que no están conectados a la red suelen cubrir pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar en el que se produce la demanda, por ejemplo para electrificación de hogares alejados de la red eléctrica, alumbrado público, aplicaciones agrícola – ganaderas, señalización y comunicaciones, sistemas de depuración de aguas; a diferencia de estos, los sistemas conectados a la red se ubican en forma de centrales fotovoltaicas o en sistemas integrados en edificios.

La energía solar térmica de acuerdo a la temperatura del aprovechamiento devendrá en distintos usos finales ya sea como calefacción, secado, destilación de agua, cocción de alimentos; su empleo abarca todos los sectores tanto doméstico como industrial.

Las aplicaciones a baja temperatura se emplean principalmente para la obtención de agua caliente para uso sanitario o para calefacción de recintos. Estas aplicaciones se pueden clasificar en función del fluido que calientan los captadores (agua o aire), o bien en función del tipo de captador empleado. Estos generalmente suelen emplear agua y se suelen clasificar en captadores planos vitrificados (con y sin cubierta) y los captadores de techo.

La arquitectura bioclimática, también denominada arquitectura solar pasiva, hace referencia a las formas en que la energía solar se capta, se almacena y se distribuye en la estructura, se trata en definitiva del diseño y aporte de soluciones constructivas que permitan que un determinado edificio capte o refleje la energía solar según la época del año a fin de reducir las necesidades de calefacción, refrigeración o iluminación.

Los principales elementos que combina la arquitectura bioclimática son conceptos relativos a:

- \*El entorno climático;
- \*La forma, orientación y distribución de los edificios;
- \*Los techos, el aislamiento y la inercia térmica.

#### 4.4 Energía Solar en Argentina

Argentina posee un elevado porcentaje de electrificación (95%), pero una proporción importante de su población rural (30%) carece de servicio eléctrico.

El [Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales \(PERMER\)](#) apunta a asegurar el abastecimiento de electricidad a 1.8 millones de personas que viven en 314 mil hogares, y 6000 servicios públicos de todo tipo (escuelas, salas de emergencia médica, destacamentos policiales, etc.) fuera del alcance de los centros de distribución de energía.

La iniciativa permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores rurales y disminuir su emigración hacia zonas urbanas, a través del manejo sustentable de recursos energéticos ambientalmente sanos.

En una primera etapa, el PERMER proveerá electricidad a unos 87 mil usuarios, y 2000 instituciones públicas -fundamentalmente- para iluminación y comunicación social.

La electrificación de los usuarios del Mercado Eléctrico Disperso (MED) se realizará a través de la utilización de sistemas fotovoltaicos - principalmente -, eólicos, celdas de combustible, microturbinas hidráulicas, y - eventualmente - generadores diesel. Por ahora, el Proyecto está ejecutándose en las provincias de Jujuy y Tucumán, pero ya fueron firmados acuerdos para implementarlo en Chubut, Río Negro, Mendoza, San Luis, Corrientes, Santiago del Estero, Chaco, Santa Fe y Córdoba.

Allí funcionan escuelas que tampoco cuentan con energía eléctrica, y que serán atendidas en forma prioritaria por el Gobierno, para garantizar una educación de calidad a todos los argentinos.

---