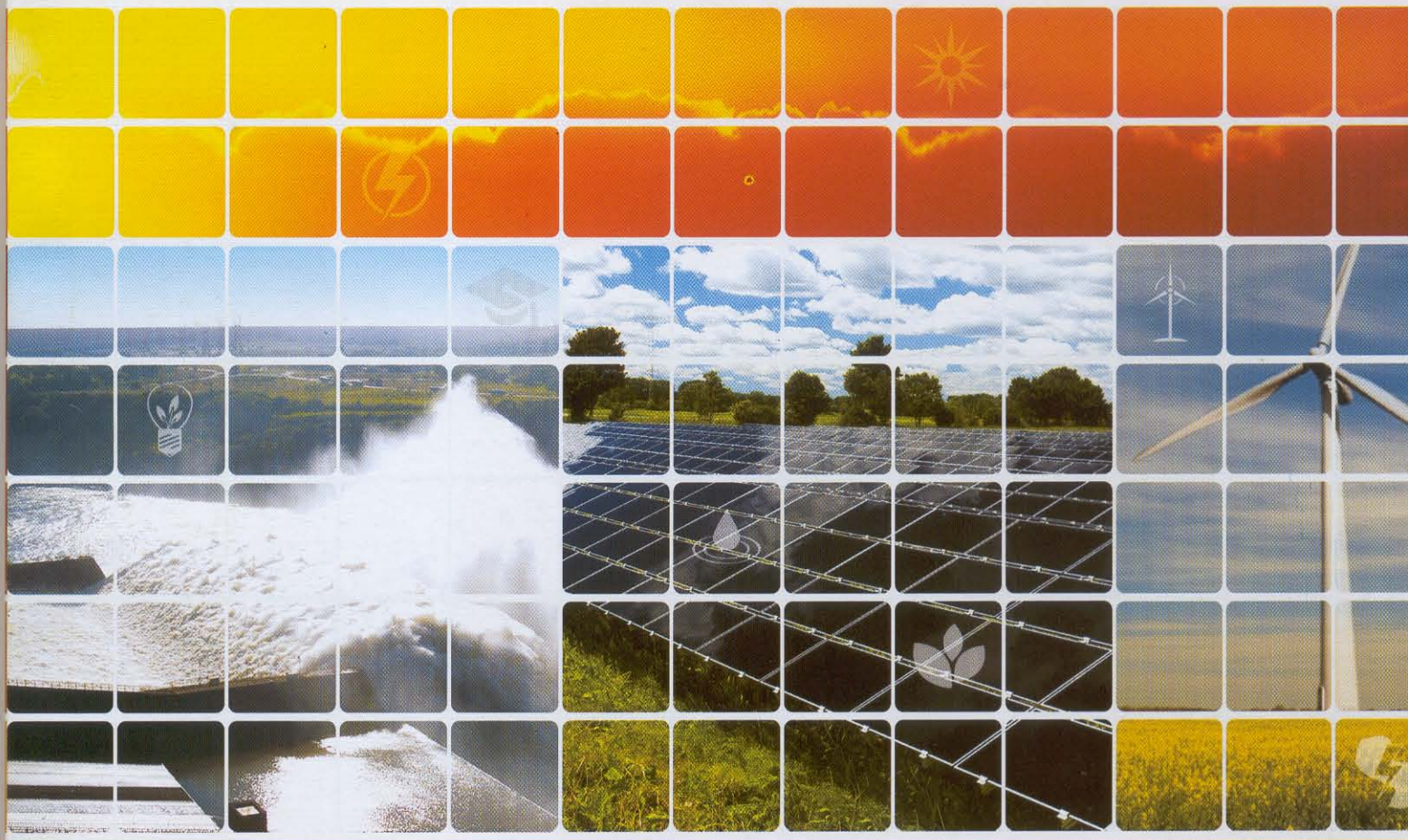
Cooperación Alemana al Desarrollo



Situación de Energías Renovables en el Paraguay

giz

COOPERACION REPUBLICA DEL PARAGUAY
REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

PARAGUAY TODOS Y TODAS

"Bicentenario de la Independencia Nacional 1811-2011"

Viceministerio de Minas y Energía

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES
"Comprometido con el resultado"

Presidencia de la Republica del Paraguay

Ficha Técnica

Publicado por
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
En el marco de la medida autofinanciada “Fomento de las energías renovables y la eficiencia energética”

Coordinación General
Doris Becker, GIZ Paraguay
Christian Belt, GIZ Paraguay

Autores
Christian Belt, GIZ Paraguay
Daniel Puentes, Viceministerio de Energía, Paraguay
Rubén Candia, Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)
Pedro Domaniczky, Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)
Silvia Estigarribia, Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)
Jean Claude Pulfer, Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)
Eduardo Viedma Paoli, Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)
Juan Domaniczky, Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)
Ariel Levin, Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)
Luis Gill Mairhofer, Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad Católica Ntra. Sra. de la Asunción
Juan L. Balsevich P., Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción

Colaboración
Cámara de Comercio e Industria Paraguayo-Alemana

Edición
Alberto Muñoz Aguirre

Diseño
CreativePARK

Impresión
Arte Nuevo

Marzo del 2011

Observaciones
Esta publicación es de distribución gratuita y está terminantemente prohibida su venta. Se permite la reproducción total o parcial citando la fuente.

ÍNDICE

Presentación 6

Capítulo 1. Introducción 8

1.1. Energía: conceptos y unidades 8

1.2. Situación de energía en el mundo 8

1.3. El efecto Invernadero y sus impactos 11

Capítulo 2. Situación de energía en el Paraguay 14

2.1. Energías Renovables en el Paraguay 16

2.2. Marco legal e institucional 18

Capítulo 3. Bioenergía 21

3.1. Biomasa 21

3.2. Biocombustible 28

3.3. Biogás 34

Capítulo 4. Hidroenergía 39

Capítulo 5. Energía solar 50

5.1. Energía solar térmica 52

5.2. Energía solar fotovoltaica 58

Capítulo 6. Energía eólica 62

Capítulo 7. Eficiencia energética 68

7.1. Eficiencia en biomasa 68

7.2. Equipos energéticos eficientes 69

7.3. Parque automotor 71

7.4. Arquitectura bioclimática 72

Capítulo 8. Proyectos y oportunidades de estudio en Universidades 74

Anexos 76

Lista de direcciones 76

Más informaciones sobre el tema 80

Abreviaturas 81

Notas al pie 83

Presentación

A nivel mundial, el fomento de energías renovables gana cada vez más importancia en vista de los desafíos que plantea el cambio climático, y el aumento de los precios de la energía de fuentes no renovables —el petróleo o el gas—, especialmente en tiempos de inestabilidad política en países del Medio Oriente y Norte de África, cuando peligra el acceso a ellos.

A nivel regional, América Latina y el Caribe, rica en energías renovables, si bien la dispersión de fuentes y la reducida infraestructura de integración energética todavía constituye una barrera para que este importante recurso llegue a todos.

Las energías renovables se basan en fuentes de energía inagotables e incluyen la energía solar, la energía hidráulica, la energía eólica, la biomasa (líquida, sólida o gasificada) y la geotérmica. Es así que muchos países, también en América Latina, por ejemplo el Brasil y Chile, han definido metas ambiciosas y se han dedicado a la elaboración de políticas públicas para el desarrollo de este sector.

En el Paraguay, de todos modos, no ha sido una prioridad hasta la fecha por la particularidad de su balance energético. Por un lado, el país tiene amplios recursos en energía hidráulica generada por la hidroeléctrica nacional Acaray y las represas binacionales Itaipú y Yacyretâ. Por el otro, una gran parte de la demanda energética (aproximadamente el 52%, según el Balance Energético Nacional 2009) está cubierta por biomasa, básicamente leña y carbón, que, a pesar de la deforestación, se encuentra disponible.

En síntesis, la oferta de energía en el Paraguay tiene origen renovable y un enorme potencial aún sin explotar: abundantes tierras fértiles, excelente radiación solar, etc. Sin duda, son desafíos para el Paraguay, además de la promoción de las energías renovables cuya explotación también sea enteramente renovable.

Aunque en el Paraguay todavía no hay una ley que abarca el tema en forma general y amplia, se han dado pasos para fomentar el uso de energías renovables, por ejemplo a través de la ley de biocombustibles. Asimismo se ha fomentado la parte institucional a través de la creación del Observatorio de

Energías Renovables y la creación de direcciones de energías renovables en las binacionales, la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN). También ya existe un proyecto de ley que pretende normalizar las energías renovables en el país y convertir el Viceministerio de Energía y Minas, hoy responsable de generar la política energética, en Ministerio de Energía.

En vista de este panorama y considerando que en el Paraguay todavía no existe ninguna publicación sobre la situación de las energías renovables, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, el Viceministerio de Energía y Minas y la Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER) han tomado la iniciativa de reunir la información disponible sobre el tema y facilitar lo recolectado a las personas interesadas y al público en general.

Esta publicación contiene informaciones sobre la situación de las energías renovables del Paraguay y su aprovechamiento, el marco legal e institucional y el potencial de las diferentes fuentes de energías renovables: solar, hidráulica, eólica y biomasa. Presenta también iniciativas o proyectos en el país. Además, incluye un capítulo sobre eficiencia energética, que es un tema relevante pero poco explotado aquí. Para un mejor entendimiento del tema por el público general, se explican también conceptos básicos, tales como el efecto invernadero o los diferentes tipos de energías renovables; además se dan explicaciones sobre las diferentes unidades de energía. Para el lector o lectora que quiera conocer, con más detalle, las diferentes fuentes de energías renovables o las iniciativas mencionadas, se habilita, en los anexos, una lista de contactos institucionales y de empresas que trabajan en el área, tanto como direcciones de diferentes páginas web.

Estamos conscientes de que quizá no hayamos podido rescatar todas las iniciativas existentes en el tema de energías renovables en el país, por lo que pedimos disculpas a estas instituciones o individuos cuyas iniciativas no han sido mencionadas aquí, pero esperamos que esta publicación contribuya al avance de la discusión sobre las energías renovables en el Paraguay.

Mercedes Canese
Viceministra de Minas y Energía

Doris Becker
Directora Residente GIZ

Introducción

Christian Belt, GIZ; Doris Becker, GIZ; Daniel Puentes, VMME

1.1. Energía: conceptos y unidades

El término energía tiene distintos significados. En física "energía" se define como la **capacidad para realizar un trabajo.** En tecnología y economía "energía" se refiere a un **recurso natural,** incluyendo a su tecnología asociada para extraerla, transformarla, y luego darle un uso industrial o económico. En el contexto de las energías renovables se utilizan ambos significados, dependiendo de qué punto de vista se analiza.

En la actualidad se utilizan todavía distintas unidades para cuantificar la energía, a pesar de que desde 1960 existe el Sistema Internacional de Unidades, que debería ser el único aplicado mundialmente y en el cual la unidad de energía es denominada "Joule" [J]. 1 Joule es definido como la fuerza de 1 Newton [N] multiplicado por la distancia de 1 metro [m] dividido el tiempo de 1 segundo [s]. La desventaja del Joule es que representa a escala humana una cantidad muy pequeña, lo que exige el uso de múltiples de 1000 con su respectivo prefijo.

Cantidad en números	Cantidad en letras	Prefijo	Sigla
10^3	Mil	kilo	k
10^6	Millón	mega	M
10^9	Billón	giga	G
10^{12}	Trillón	tera	T
10^{15}	Cuatrillón	peta	P

Especialmente, pero no solo en el ámbito de la electricidad, se utiliza, a menudo, la unidad kWh (kilovatiohora) para medir la cantidad de energía, que también deriva del Sistema Internacional. El vatio (W) es la unidad de potencia en ese sistema. 1 W representa la energía de 1 J "utilizada" en 1 s de tiempo. Dado que también es una cantidad muy pequeña, se utilizan generalmente sus múltiples de 1000 como kW y MW.

La caloría (cal) fue antes la unidad básica de energía. Hoy se usa casi solo para indicar el contenido de energía en los alimentos. La unidad BTU (British Thermal Unit) se utiliza en el Paraguay casi exclusivamente en el ámbito de los acondicionadores de aire. Para medir el consumo anual de energía de un país o región se usan generalmente toneladas equivalentes de petróleo (TEP), que corresponde a la energía que contiene una tonelada de petróleo estándar.

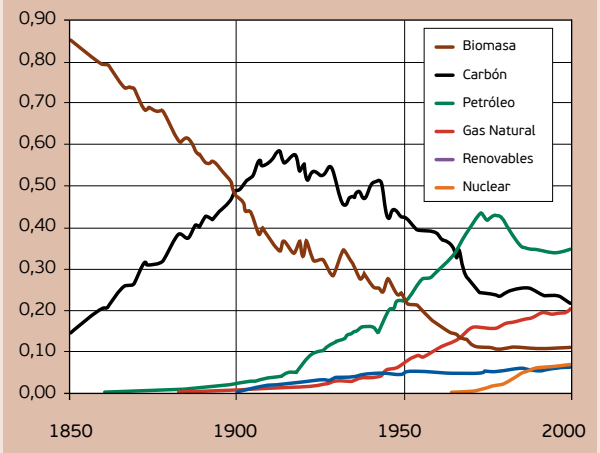
Para facilitar la conversión de las unidades de energía entre sí se utilizan factores de conversión como los representados en la siguiente tabla:

	J=Ws	kWh	kcal	BTU	TEP
J=Ws	1	$277{,}8 \times 10^{-9}$	239×10^{-6}	$948{,}4 \times 10^{-6}$	$23{,}9 \times 10^{-12}$
kWh	$3{,}6 \times 10^{6}$	1	860	3413	$86{,}0 \times 10^{-6}$
kcal	4187	$1{,}163 \times 10^{-3}$	1	3,97	100×10^{-9}
BTU	1055	293×10^{-6}	0,25	1	$25{,}2 \times 10^{-9}$
TEP	$41{,}9 \times 10^{9}$	11630	10×10^{6}	$39{,}7 \times 10^{6}$	1

1.2. Situación de la energía en el mundo

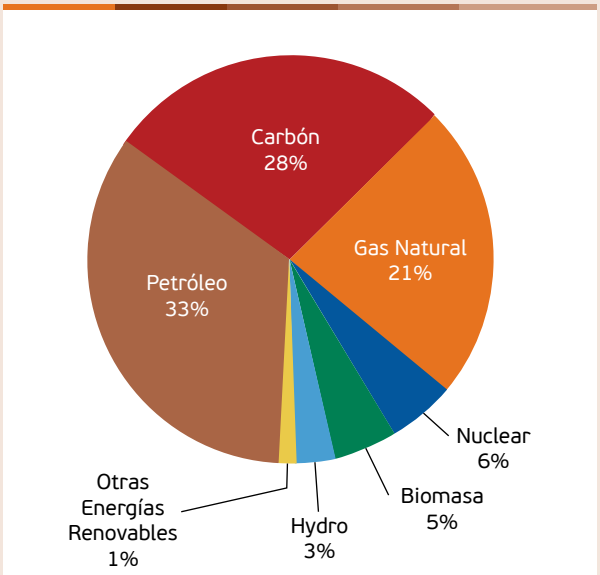
En la actualidad, el acceso a los combustibles de fuentes no renovables, como el petróleo y el gas natural, es cada vez más limitado pero hay más demanda, y se torna aún más complejo su suministro. La concentración de petróleo y gas natural genera, en pocas regiones, dificultades desde la perspectiva política y económica y plantea la incógnita de cómo se podría llegar a mejorar, para el futuro, el mercado mundial de energía sin grandes problemas políticos y con un mayor bienestar.

El carbón mineral proveía la energía que fue utilizada durante la revolución industrial en los siglos XVIII y XIX. Desde el fin de la segunda guerra mundial, **el petróleo reemplazó al carbón**, y se transformó en la energía primaria más importante en el mundo.



Histórico del desarrollo de uso de energía primaria.

El consumo de energía primaria equivalió en el 2010 cerca de 385.000 PJ. Los recursos que más se utilizaron fueron el petróleo (34%), seguido del carbón (29%) y del gas natural (24%). Estos combustibles son limitados, por lo tanto se reducirán en los próximos años.[1]



Distribución de recursos energéticos a nivel mundial.[1]

Las otras energías primarias utilizadas son la nuclear, la hidroelectricidad, que sólo producen electricidad y biomasa (a través de la leña, plantas, etc.), que, en su mayoría, son aprovechadas por los países del tercer mundo. Las otras energías renovables* tienen solo el 1,2% en el consumo total de energía primaria.

Petróleo

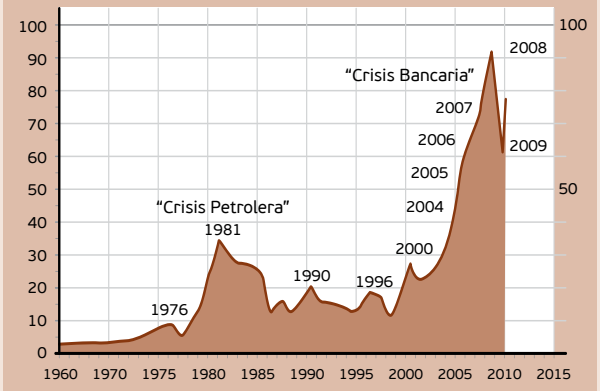
El crecimiento en el uso del petróleo como principal fuente de combustible fósil fue reforzado por el descenso continuado de su precio entre 1920 y 1973. Tras las crisis del petróleo de 1973 y 1979, estos tipos de comportamientos fueron casi normales hasta nuestros días, de manera que las constantes fluctuaciones en la cotización internacional y las modificaciones en el valor del tipo de cambio se constituyen en variables exógenas, motivos por los cuales su control se torna bastante difícil. A pesar de las tres crisis de petróleo (1973, 1979 y 2008), **el consumo se incrementó 30% en los últimos 30 años.**

Como es sabido, los combustibles de origen mineral se encuentran en el sistema de producción finito, salvo los improbables descubrimientos de mega yacimientos que cada vez más generan discusiones en la comunidad internacional.

Todas las formas de producción de energía, en especial las de origen mineral, son consideradas de desarrollo estratégico para cualquier nación. La extracción, refinación, y posterior comercialización, se caracterizan por girar en torno a grandes intereses de origen político y económico; siempre fueron motivos de militarización de los conflictos. En Medio Oriente se encuentran los grandes países productores del petróleo, de manera que los países no productores siempre estaremos en la línea intermedia y dependeremos de otros para el desarrollo económico y comercial, al menos cuando se trata de combustibles de origen fósil.

Debido al incremento de la demanda, sobre todo de países de vías en desarrollo, y a la escasez de recursos para energías fósiles, sumados a la gran inversión en exploración para encontrar este tipo de recursos, es que, en los últimos 20 años, los precios aumentaron un promedio de 150%, en especial los del petróleo. Igualmente, se espera que el mayor incremento se dé en los próximos años, hecho que generará un gran cambio en el consumo de energías fósiles.

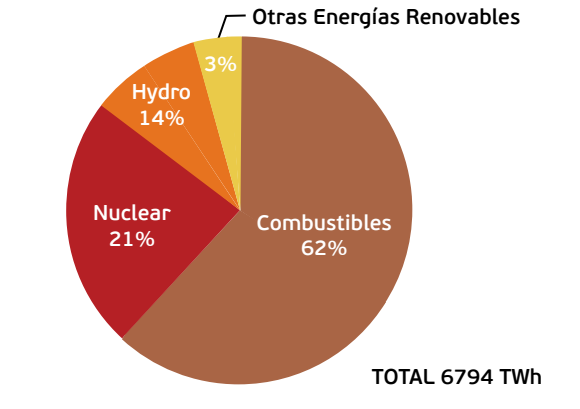
* Energía Solar, Eólica, Geotermia, Biocombustibles.



Precios de energías fósiles entre los años 1960-2010.[2]

Electricidad

De acuerdo con una estadística de IEA (Agencia Internacional de Energía, siglas en inglés), **más del 60% de la generación de electricidad en el mundo se basa en la transformación de combustibles fósiles**, como carbón, petróleo y gas natural: 17% generado por energía nuclear, pero solo en países industrializados; 24% generado por energías renovables; y 21% generado por hidroelectricidad. En definitiva, el principal problema que se avizora, de cara al futuro, es que la demanda de electricidad crece, al igual que lo hace el precio de los combustibles fósiles, situación que puede generar varias complicaciones.[3]



Distribución de generación de electricidad en el mundo en el periodo enero – agosto del 2010.[3]

A través de diferentes estudios, se sabe que la disponibilidad de combustibles fósiles es limitada y el consumo de recursos continúa en constante crecimiento, gracias al progreso técnico en todo el mundo y el aumento de la población mundial.

Por otro lado, el consumo de combustibles fósiles generó un incremento significativo en la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera reforzando el denominado efecto invernadero, y acelerando el calentamiento de la tierra por encima de los niveles típicos y alterando las temperaturas medias. (El efecto es explicado más adelante).

A raíz de esta situación, varios países están impulsando la diversificación de la producción energética, y así incluyen fuentes renovables en sus respectivas matrices energéticas.

Energías renovables

Una alternativa significativa y competente para reducir el uso de combustibles fósiles sería el aprovechamiento de las energías renovables. Las energías renovables (EE.RR.) son aquellas que se producen en **forma continua y son inagotables** a escala humana, por ejemplo: solar, eólica, hidráulica, biomasa y geotérmica. Son fuentes de abastecimiento energético más amigables con el medio ambiente, ya que no causan emisiones de dióxido de carbono ni de otros gases que causan el efecto invernadero.

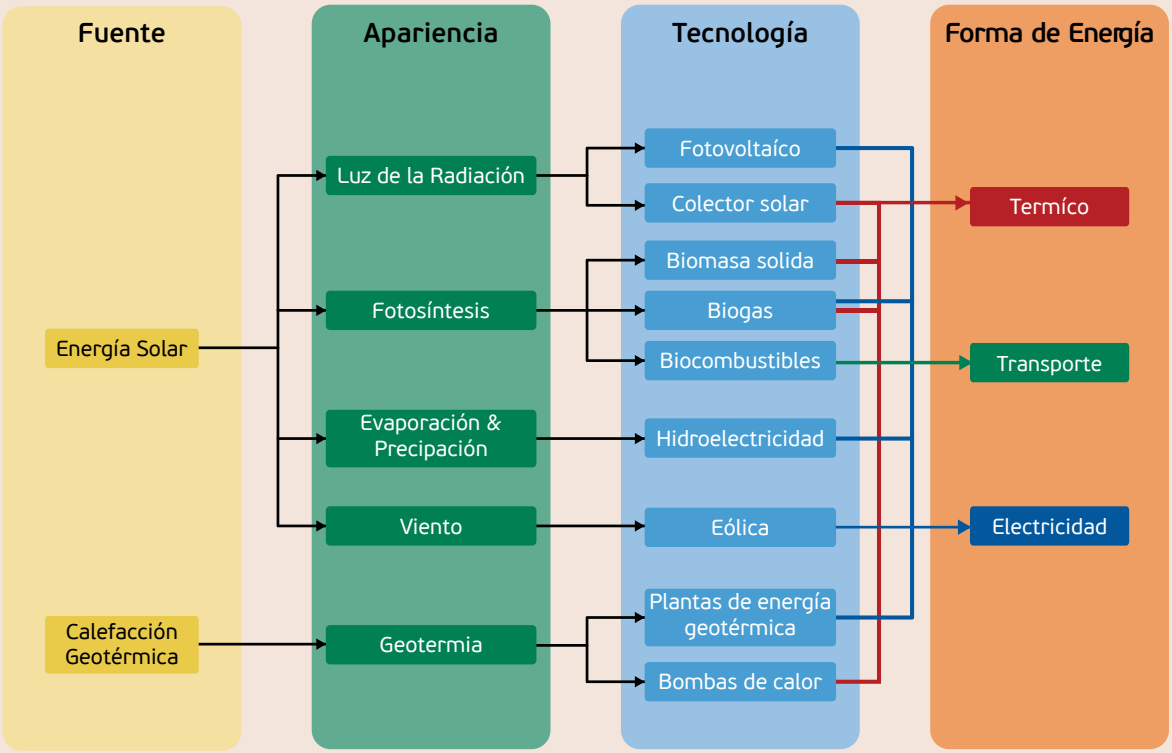
Las EE.RR. se basan en los flujos y ciclos naturales del planeta. Se regeneran y son tan abundantes que perduran por cientos o miles de años, las usemos o no. La luz, la calefacción, la refrigeración o el movimiento generado por fuentes de EE.RR. se logran con el aprovechamiento del sol, del agua, de la geotermia, del viento y de los residuos orgánicos agrícolas.

Las EE.RR. provienen **principalmente de la energía del sol**[*], que se puede usar para las tecnologías de energía solar, eólica, hidroelectricidad y biocombustibles. Con esas técnicas es posible producir energía suficiente para **la electrificación, el transporte y la calefacción.**

Más informaciones:

www.bp.com/statisticalreview (ing.)
http://www.iea.org/ (ing.)
http://es.wikipedia.org/wiki/Consumo_y_recursos_energéticos_a_nivel_mundial
http://www.eia.doe.gov/ (Ing.)
http://www.olade.org.ec/intro
https://www.ptb.de/lac/index.php?id=5006

[*] También existe la energía geotérmica, que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra. Sin embargo, su potencial no se puede aprovechar en el Paraguay.

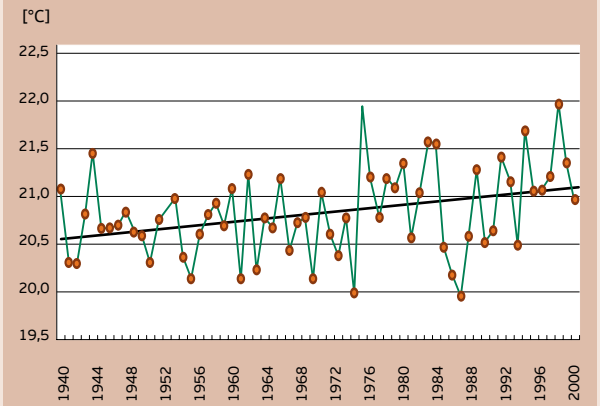


Estudio general de energías renovables.

1.3. El efecto invernadero y sus impactos

El clima global cambió en los últimos 100 años de manera significativa. La temperatura está aumentando, y, con ella, el contenido de la concentración de gases que incrementó el **efecto invernadero natural.**

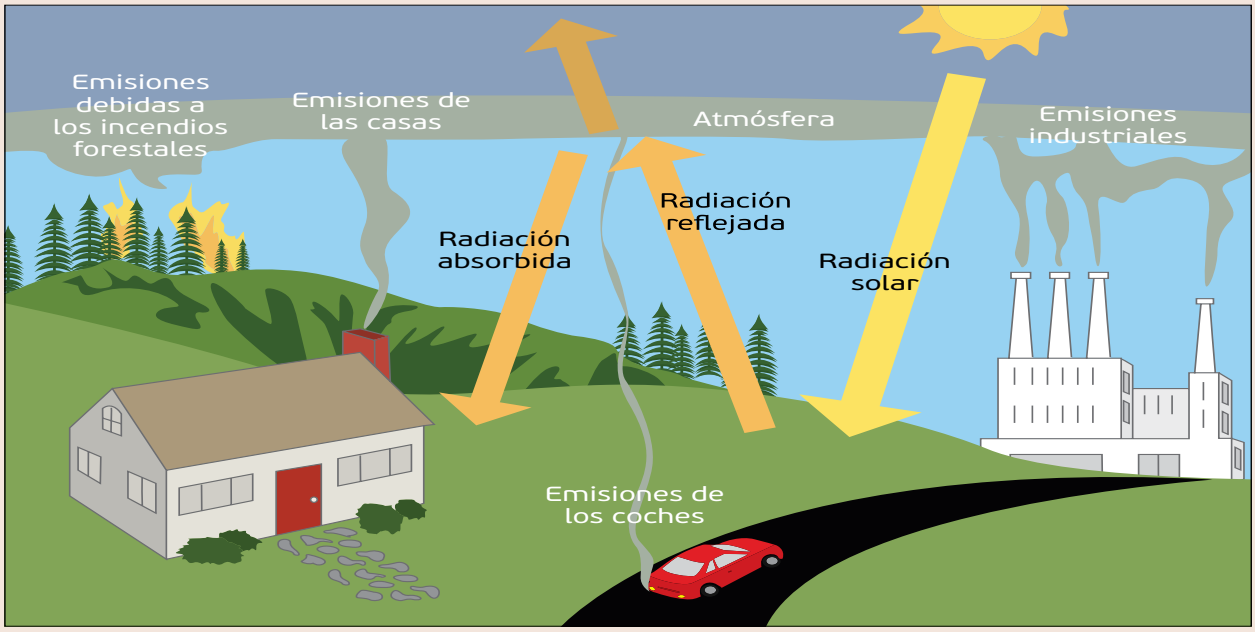
¿Cuál es la causa de este fenómeno? El efecto invernadero es un fenómeno natural que ha desarrollado nuestro planeta para permitir que exista la vida, y se llama así, precisamente, porque la Tierra funciona como un verdadero invernadero. El planeta está cubierto por una capa de gases llamada atmósfera. Esta permite la entrada de rayos solares que calientan la Tierra, la cual, al calentarse, también emite calor, pero la atmósfera impide que este escape hacia el espacio y lo devuelve a la superficie terrestre, como efecto invernadero.



Temperatura media anual (°C) en Encarnación.[4]

Este mecanismo permite que el planeta tenga una temperatura aceptable para el desarrollo de la vida tal como la conocemos. ¿Quiere decir entonces que sin el efecto invernadero no podríamos vivir? Es muy posible que no, ya que este fenómeno natural proporciona una temperatura promedio de 15° C en el suelo, y sin él el frío sería de -18° C.[5]

Este efecto invernadero puede intensificarse por la actividad humana, lo que causa el incremento de la temperatura. A mediados del siglo XIX se produce un marcado aumento de la temperatura promedio en el mundo, debido al **efecto invernadero antropogénico** (producido por el hombre). Con la industrialización (desde 1850), aumentaron los gases de efecto invernadero (especialmente CO2) mediante la combustión de energías fósiles (petróleo, gas natural, carbón) en la atmósfera, también se produce un aumento de las temperaturas en los océanos. Además, contribuyeron diferentes gases artificiales como, por ejemplo, el CFC (clorofluorocarbono), aplicado en los refrigeradores. Para medir el impacto que los diferentes gases tienen en el calentamiento global se aplica el índice GWP (Global Warming Potencial),



El efecto invernadero.[6]

que indica el potencial de una sustancia / gas de contribuir al calentamiento global en múltiples del calentamiento que provoca el CO_2.

Esto trae muchas consecuencias. Por el calentamiento de la Tierra, la evaporación del agua de los océanos aumenta, más el vapor de agua en el ambiente a su vez refuerza el efecto invernadero, y la temperatura más elevada en la atmósfera causa tormentas y deshielos de los glaciares y de la Antártida, y el aumento del volumen del mar. En el Paraguay, los principales efectos del calentamiento son los aumentos de las olas de calor y las sequías. Esto va acompañado de una escasez de agua en algunas zonas y una acumulación de sal en las aguas. Además, aumenta el riesgo de incendios forestales.

Entre 1900 y el 2009 la temperatura media **aumentó 0,8º C.** Para contener el calentamiento, es importante reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono. Una forma de cumplir con este objetivo sería el uso de energías renovables, así como el ahorro de energía.[7]

Para frenar este desarrollo, el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático, que es un acuerdo internacional cuyo objetivo es reducir las emisiones de los seis gases principales que causan el efecto invernadero, ha entrado en vigor en el 2005. El Paraguay se encuentra entre las naciones que lo han firmado y ratificado; por lo tanto, debe elaborar e implementar una estrategia que conduzca a una reducción de las emisiones.

Tipos de gases	Fórmula química	Contribución al efecto invernadero	Índice GWP	Origen
Dióxido de carbono	CO_2	76,7*	1	Energías fósiles, deforestación , calentamiento de los océanos
Metano	CH_4	14,3	21	La producción de alimentos, particularmente ganado, vertederos, fugas en tuberías de gas natural
Óxido de nitrógeno	N_2O	7,9	150	La transformación de fertilizantes químicos en el suelo, fuentes industriales, energías fósiles
CFC	Diversos	1,1	hasta 14.800	Refrigerante en refrigeradores y en acondicionadores de aire
Hexafluoruro de azufre	SF_6	< 0,1	22.800	Gas inerte e industria eléctrica

Gases de Efecto Invernadero.[8]

* De estos, 76% por energías fósiles y 23% por deforestación.

Consecuencias del efecto invernadero en el Paraguay (Inundaciones en Asunción y sequías).[9]

Más informaciones:

www.seam.gov.py

http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

http://www.wwf.org.py

Situación de la energía en el Paraguay

Christian Belt, GIZ; Daniel Puentes, VMME

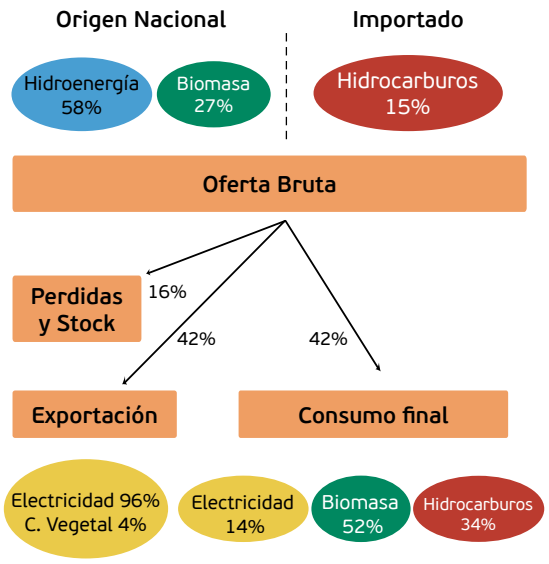
Desde 1970, la producción y el **suministro de energías primarias en el Paraguay se incrementaron más de seis veces.** Las principales razones fueron: la nueva extensión de la red vial, la construcción de las dos grandes estaciones hidroeléctricas Itaipú y Yacyretâ, y la extensión de la red eléctrica, especialmente a regiones rurales. En los últimos 20 años, el grado de electrificación pasó del 48 al 96,7% (en las ciudades, 99%). Sólo en algunas regiones aisladas en el Chaco la electrificación no ha avanzado hasta hoy.[10]

La matriz energética del Paraguay se caracteriza por una elevada oferta de energía primaria de origen renovable y local. De acuerdo con el Balance Energético preliminar de 2009, el 58% de dicha oferta correspondió a hidroelectricidad y el 27% a biomasa (leña, carbón vegetal y residuos vegetales). El 15% restante son hidrocarburos que, en su totalidad, son importados, porque en el país no hay producción de petróleo ni de gas natural. Los hidrocarburos son, en su mayoría, aprovechados para el transporte. Descontando las pérdidas de energía y el manejo de stock, **el 46% de la energía primaria generada en el Paraguay se destina a la exportación.**

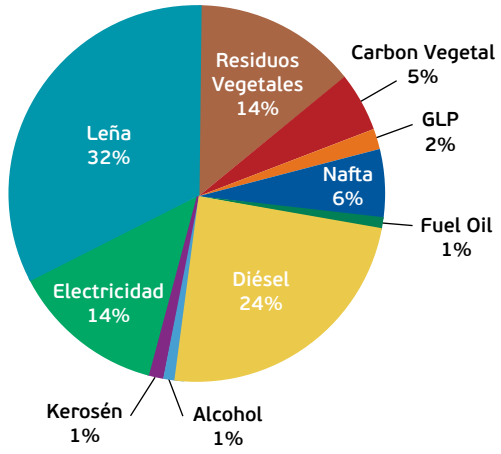
Consumo final de energía

Como la ilustración muestra, el consumo se distingue de la producción de la energía primaría. El consumo de biomasa tiene un porcentaje mayor al 50%, y en su mayoría está compuesto por leña y residuos vegetales. La electricidad sólo ocupa el 12%, pero probablemente aumente en los próximos años. Del sector de hidrocarburos, el más consumido es el diésel. La instalación de energía eléctrica en el Paraguay alcanza 8,8 GW, 99,93% casi en su totalidad generada por hidroelectricidad.

El resto de la electricidad es generada en las centrales térmicas, especialmente en las regiones aisladas. El total producido fue de 54,9 TWh en el 2009. La mayor parte de la electricidad (más de 80%), es producida en las hidroeléctricas Itaipú y Yacyretâ, se exporta al Brasil y a la Argentina. Sólo el 6,5 TWh (11%) de lo generado corresponde al consumo final eléctrico del Paraguay. Alrededor del 32 % de la energía que entra en las redes de transmisión y distribución se pierde por causas técnicas y negras.[11]



Producción, Exportación/Consumo de Energía.[11]



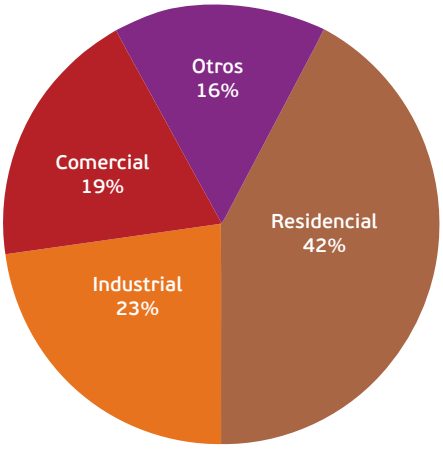
Consumo de energía en el Paraguay por fuente 2009.[11]

Conforme a los tratados que rigen las empresas binacionales, el 50% de la producción de las centrales de Itaipú y Yacyretâ le corresponde al Paraguay, aunque en caso de no haber consumo local suficiente, los excedentes deben cederse a los países socios según los términos y precios que estipulan los mismos. Se estima que este excedente de producción eléctrica, respecto de su consumo, asegura al Paraguay **disponibilidad de energía y potencia hasta el 2030**, si el crecimiento sigue igual a los últimos 20 años.

Distribución de la electricidad

El distribuidor de electricidad es la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), empresa pública que tiene el monopolio legal del servicio eléctrico. Es una entidad integrada de forma vertical a todas las actividades del mercado eléctrico (generación, importación, exportación, transmisión, distribución y comercialización), y se relaciona con el Ejecutivo por medio del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC).

La energía eléctrica facturada es la siguiente: 42% en el sector residencial y 23% en el sector industrial.



Distribución de energía eléctrica por sectores.[12]

Biomasa

En contraste con la electricidad, sólo una reducida parte de la biomasa es exportada (mayormente carbón vegetal). Una gran parte es producida y consumida en el Paraguay. La producción de leña y de carbón vegetal está asociada a la explotación no sustentable del bosque nativo, que, junto a la extensión de la frontera agrícola y ganadera, contribuye a la deforestación del país. En una parte importante, la producción de leña y carbón vegetal estaría asociada a pequeños productores, los cuales explotan el bosque nativo para su abastecimiento propio y para la producción de carbón vegetal. La utilización de la leña en el sector rural tiene una penetración que va más allá del acceso o no a la electricidad y está relacionada básicamente con la cocción de alimentos. En ello influyen también los hábitos tradicionales de los sectores rurales.

Según la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC), el 93% de los hogares rurales tiene acceso a la energía eléctrica, sin embargo el 69% de los hogares rurales utiliza la leña como principal combustible para cocinar.[13]

Hidrocarburos

En el 2009, el sector del transporte consumió aproximadamente 9 Mío. BEP,* que son todos los hidrocarburos importados como producto final. La importación y distribución es ejecutada a través de la empresa pública Petróleos Paraguayos (PETROPAR) y de diferentes empresas privadas.

Un bajo porcentaje del sector industrial comenzó con la producción de biocombustibles (biodiésel y etanol), a partir de la caña de azúcar y otros cereales. Este sector es todavía pequeño, pero se estima que aumentará en los próximos años y tendría una gran influencia en la matriz energética del Paraguay ya que, desde hace algunos años, los biocombustibles, para mezcla de hidrocarburos, son promovidos por combustibles fósiles. Sin embargo, el porcentaje producido es todavía mínimo.

* Barril equivalente de petróleo, 1 BEP = 159 litros.

Precios de la electricidad

En comparación con otros países de Sudamérica, los precios para fuentes de energía son muy bajos (excepto los hidrocarburos, que vienen importados de otros países a un precio internacional). La electricidad, por ejemplo, cuesta 0,07 $/KWh, que, en comparación a los demás países sudamericanos, es muy bajo. La fuente de energía más barata es la leña debido a la gran disponibilidad, especialmente en el mercado rural y el mercado informal en el que opera, muchas veces por apropiación directa.

Más informaciones:

www.ssme.gov.py
www.ande.gov.py
http://www.mundoelectricidad.com.py

2.1. Energías renovables en el Paraguay

En el Paraguay, el fomento y desarrollo de las energías renovables como alternativa técnica, económica, social y ecológica es una necesidad identificada plenamente. Para ello, necesitaría combinar todas las ventajas y coordinar los diferentes actores públicos y privados.

Al incrementar la participación de las energías renovables en una matriz energética, se asegura una generación sostenible a largo plazo, reduciendo la emisión de dióxido de carbono y, consecuentemente, el calentamiento global. Aplicadas de manera responsable, pueden ofrecer oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas, además de promover el desarrollo de tecnologías locales.

Como se ha destacado, el **consumo de energía en el Paraguay se basa en energías renovables (67%)**, que es el **índice más alto en Sudamérica y el Caribe.** De este porcentaje, el 14% corresponde a hidroelectricidad y el 53% a biomasa, **aunque el suministro de una fracción significativa de la biomasa está basado parcialmente en una explotación no sustentable de los bosques**, con lo cual su renovabilidad no se estaría cumpliendo.[10]

Por su parte, los excedentes de producción de energía eléctrica (principalmente generada en Itaipú y Yacyretâ) respecto al consumo, aseguran cubrir la demanda asociada al sistema de interconectado nacional por un par de décadas. A pesar de estas fuentes potenciales, apenas existen instalaciones de aprovechamiento en pequeña escala.

El porcentaje de producción de electricidad, a través de energía renovable, asciende al 99,93% de toda la demanda en el Paraguay. De todas formas, debido a que se trata de instalaciones de gran porte, la energía eléctrica generada en las centrales binacionales, si bien es energía renovable y con un efecto positivo respecto a la emisión de gases de efecto invernadero, requieren de mantener una sólida política ambiental que mitigen otros efectos indeseados en el ámbito social y ambiental. En esta dirección trabajan ambas entidades binacionales a través de sus áreas de responsabilidad ambiental.

Dentro de este contexto, cabe preguntarse cuál puede ser el interés en desarrollar otras energías renovables, que son más caras y requieren el desarrollo de un gran “know how”. Las motivaciones para implementarlas son diversas:

- Su desarrollo permitirá tener más excedentes eléctricos para la exportación.
- Preparación para cuando la demanda no sea cubierta por generación hidroeléctrica. La actual estadística indica que será en el 2030.
- Desarrollo de una alternativa para la energización rural.
- Diversificar las fuentes energéticas.
- Reducir la dependencia de importaciones de petróleo a través de la producción de biocombustibles (también tiene un efecto positivo en el balance comercial y en el desarrollo de una industria local).
- Sustitución de biomasa por otros tipos de energía, para evitar la deforestación.
- Descentralización de la generación de electricidad es necesaria para asegurar un suministro seguro.

El problema más grande hasta ahora es que el Paraguay no cuenta con una adecuada evaluación del potencial de sus energías renovables. Se recomienda el desarrollo de una metodología de actualización periódica de parámetros para energías renovables. Si bien existe la información sobre el potencial hidroeléctrico adicional, los datos de las centrales están dispersos, poco sistematizados, y las principales fuentes de información serían las empresas binacionales y la ANDE.

Tipos de energías renovables

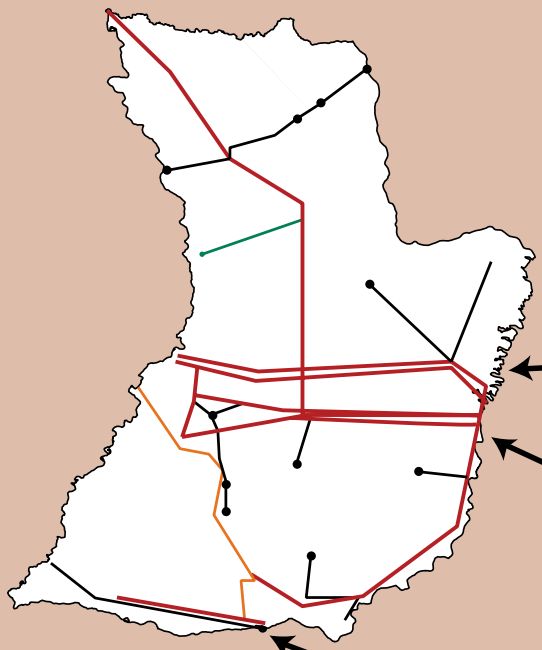
La **energía hidráulica** es la más conocida en el Paraguay, con una instalación total que asciende a 8810 MW. Este tipo de energía es una de las más rentables. El costo inicial de construcción es elevado, no así sus gastos de explotación y mantenimiento.

La electricidad generada es, en su mayor parte, exportada al Brasil y a la Argentina. Sin embargo, el potencial de hidroelectricidad está aprovechado sólo el 71%. Como ya se mencionó, el inconveniente del aprovechamiento de la hidroelectricidad a gran escala está relacionado con ciertas implicancias no deseadas en lo social y ambiental que requieren una fuerte gestión ambiental para su mitigación. En el caso de aprovechamientos con capacidades menores a 20 MW, estas implicancias son mínimas.

A pesar de tener un gran potencial, la **energía solar** no se ha desarrollado mucho en el Paraguay. La radiación global horizontal diaria tiene, en promedio, 1725 kWh/m^2 con una media de 300 días claros al año, que corresponde a un potencial muy interesante para el aprovechamiento de la misma.

Hay dos clases de energía solar: **la fotovoltaica**, cuando genera electricidad y **la térmica** para calentar agua. Debido al crecimiento de la demanda de electricidad (y de energía para enfriar y calentar), en los próximos años las posibilidades para el desarrollo de la energía solar serán casi ilimitadas.

A diferencia de la energía solar, el Paraguay no parece ser una zona con **recursos eólicos** muy aprovechables. Sólo pocas regiones tienen potencial para el uso de este tipo de tecnología. El noroeste del país



ITAIPÚ BINACIONAL
Potencial: 7000 MW
Energía: 46.000 GWh/a

CENTRAL ACARAY
Potencial: 210 MW
Energía: 850 GWh/a

YACYRETÂ BINACIONAL
Potencial: 1600 MW
Energía: 10.000 GWh/a

Potencial hidráulico instalado en el presente y la red de transformación.[10]

y el nordeste de la Región Oriental resaltan como las zonas geográficas óptimas para la explotación. Los distintos valores relacionados con la energía eólica, a saber: la frecuencia de calmas y los vientos de poca velocidad, indican un ambiente poco propicio para el aprovechamiento del viento como fuente de energía. Una buena posibilidad para usar la energía eólica en las regiones aisladas podría ser el aprovechamiento híbrido con energía solar.

El aprovechamiento de la **energía geotérmica**, que se puede obtener mediante el aprovechamiento del calor en el interior de la tierra, en el Paraguay no tiene potencial, porque los costos son altos en comparación con otras energías renovables. La razón es que habría que explotar este tipo de energía a una profundidad de, por lo menos, 1500 metros bajo la superficie, y este tipo de trabajos tienen precios muy altos. Para explotar este tipo de energía habría que realizar excavaciones a profundidad y con los precios ya mencionados. El uso es más importante en países con actividad volcánica como Chile o Islandia.

La mayor importancia entre las energías renovables en el Paraguay recaen en la **biomasa**, con un porcentaje de más del 50% en la demanda de energía primaria. El aprovechamiento de la biomasa se divide en el **uso sólido, líquido y gaseoso** de los productos.

El **biocombustible** es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, proveniente de organismos vivos (soja, caña de azúcar, leña, desechos de cosecha y otros), o de desechos metabólicos, tales como el estiércol de vaca. Los carburantes de origen biológico tienen bajo impacto en el deterioro ambiental. A largo plazo, la plantación es sustentable y eso permitirá que los bosques o áreas rurales no sean destruidos. Sólo después se podrá alcanzar un balance neutral de anhídrido carbónico.

El aprovechamiento más utilizado es la **biomasa sólida** como leña, carbón vegetal, etc., que implica más del 80% de la producción de biomasa. La mayor parte es aprovechada en las regiones rurales por los habitantes de menos recursos. Una gran parte no resulta entonces sustentable.

El aprovechamiento del **biogás**, que mayormente está constituido por metano y es generado a través de la putrefacción de la biomasa, no está desarrollado en el Paraguay. La gran ventaja es que todos los tipos de biomasa pueden ser aprovechados. Su producción puede ser implementada en grandes sectores industriales, que podrían reemplazar al gas natural, o en pequeños sectores residenciales, para reemplazar a la leña para cocinar.

Un gran mercado en el Paraguay podría ser el aprovechamiento de **biocombustibles** (líquidos como etanol y biodiésel). Esto podría disminuir parte de la dependencia de combustibles fósiles tradicionales, y así se podrían mejorar los ingresos a través de la generación de empleo directo e indirecto en el sector agrícola. También es posible utilizar alcohol como combustible puro o mezclado con las naftas.

El **bioetanol**, que es mayormente elaborado a base de caña de azúcar, tiene una producción anual de 104.421 m^3 (2009). Su contribución a la matriz de la energía en el Paraguay todavía es baja, pero en los próximos años se anticipa un gran aumento en la producción de etanol debido al fomento de la producción del bioetanol a nivel nacional.

El **biodiésel** se fabrica a partir de grasa animal proveniente de la faena de vacunos y aceites vegetales (soja, girasol etc.), que pueden ser cultivados también por pequeños productores en el Paraguay. Por lo tanto, el producto incluye un componente social.

Más informaciones:

http://www.aper.org.py/
http://www.renenergyobservatory.org/es/
http://www.biocap.org.py

2.2. Marco legal e institucional

En el Paraguay, el Estado cumple un rol protagónico en el sector energético, tanto en función de órgano regulador, como de actor en el mercado, como es el caso del subsector eléctrico y parte del subsector hidrocarburos. Las estructuras legales y administrativas vigentes están organizadas por el sector energético. El subsector eléctrico está a cargo de la estatal ANDE y de las dos Entidades Binacionales Itaipú y Yacyretâ, en las cuales la ANDE es también partícipe. El único órgano estatal que, de acuerdo con la ley, tiene competencia en materia de todos los subsectores energéticos es el Viceministerio de Minas y Energía (VMME).

En el seno del Gobierno Nacional, el sector energético se encuentra bajo la responsabilidad del VMME, creado en 1990 como institución dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). El VMME tiene como misión promocionar, atender, facilitar y garantizar los intereses mutuos, las inversiones, proyectos y emprendimientos de las diferentes áreas de los sectores de energía, hidrocarburos y minería en el país.

La Ley N.º 167/93 otorga al VMME el perfil de institución rectora del sector energético nacional. Estipula las siguientes principales funciones:

- Estudiar, identificar y proponer las alternativas de energía de acuerdo con las necesidades actuales y potenciales de consumo del país.
- Considerar, en todos sus aspectos, el desarrollo energético nacional e internacional disponible en la materia, sean estos convencionales o no convencionales.
- Proponer políticas, reglamentaciones y aplicaciones que sean de interés al desarrollo nacional, orientadas al mejor uso de las disponibilidades al respecto.

Además, el VMME representa al Gobierno Nacional ante organismos y foros internacionales relacionados con el sector energético, entre ellos la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el Subgrupo N.º 9 "Energía" del MERCOSUR.

La Ley N.º 966/64 establece, en su artículo 3: "Las relaciones oficiales de la ANDE con el Poder Ejecutivo serán mantenidas por conducto del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, pudiendo mantener correspondencia directa con los Poderes del Estado o las dependencias administrativas del Gobierno".

El artículo 29 de la Ley N.º 167/93 que ratifica y correlaciona ambas leyes, dice textualmente: "La Administración Nacional de Electricidad, en su carácter de Ente Descentralizado, se relacionará con el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones a través del Gabinete del Viceministro de Minas y Energía, sin perjuicio de sus facultades y funciones administrativas previstas en su Ley Orgánica".

En el marco del subsector eléctrico, operan las Entidades Binacionales Itaipú y Yacyretâ que aprovechan, de manera compartida con la Argentina y el Brasil, los recursos hidroeléctricos del río Paraná. Ambas entidades se rigen de acuerdo con los tratados respectivos, la primera con el Brasil y la segunda con la Argentina. El Decreto N.° 393/08 establece las competencias del Ministerio de Relaciones Exteriores y del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, respecto a las Entidades Binacionales creadas por los Tratados de Itaipú y Yacyretâ.

El subsector de productos de la biomasa (leña, carbón vegetal, residuos agroforestales y otros) tiene un importante peso estructural en la matriz energética nacional. Dado el alto nivel informal del manejo y mercado de los citados productos energéticos, la cantidad de actores que intervienen en el mismo es significativa. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto Forestal Nacional (INFONA) tienen acciones específicas respecto a productos energéticos como la leña y el carbón vegetal.

En el 2010 se formó la Comisión Nacional de Eficiencia Energética, que está coordinada por el VMME e integrada por un conjunto de instituciones vinculadas al tema. En la actualidad se encuentra en trámite el decreto que la institucionaliza. En el mismo año también fue creada, por decreto del Poder Ejecutivo, la Mesa Nacional de Energía, también coordinada por el VMME, cuya función es apoyar el desarrollo integral y sostenible del sector energético.

El VMME tiene, además, a su cargo la coordinación de acciones con la Comisión Nacional de Cambio Climático en lo que respecta al impacto del sector de la energía en las emisiones de GEI*, las medidas de reducción, mitigación y adaptación.

Un breve listado de los principales instrumentos legales que caracterizan la gestión del sector energético renovable es el siguiente:

- Ley 167/93 "que establece la estructura orgánica y funciones del Ministerio de Obras Públicas y comunicaciones", y dentro de ella el VMME.
- Ley 966/64 "que crea la Administración Nacional de Electricidad (ANDE)".
- Tratado entre la República del Paraguay y la República Federativa del Brasil para el aprovechamiento hidroeléctrico de los recursos hidráulicos del río Paraná (Tratado de Itaipú) (Ley 389/1973).
- Tratado entre la República del Paraguay y la República de Argentina para el aprovechamiento hidroeléctrico del río Paraná (Tratado de Yacyretâ) (Ley 433/1973).
- Ley 3009/06 "de la producción y transporte independiente de energía eléctrica (PTIEE)".
- Ley 2478/05 "de fomento de los biocombustibles".

Las políticas específicas del Sector Energía son establecidas por el VMME del MOPC de acuerdo con la Ley N.º 167 del 25 de mayo de 1993 "Que establece la estructura orgánica y funciones del Ministerio de Obras y Públicas y Comunicaciones (MOPC)", que tiene a su cargo "Establecer y orientar la política referente al uso y el manejo de los recursos minerales y energéticos".

* Gases de efecto invernadero.

Para la elaboración de las políticas energéticas, el VMME cuenta con las recomendaciones y el apoyo técnico de la Mesa Nacional de Energía, instancia creada por el Presidente de la República en febrero del 2010 y cuyo objetivo es constituirse en un espacio de Gobierno donde la política energética pueda desarrollarse de manera sistemática y coherente. La Mesa está presidida por el VMME y participan ocho instituciones del sector. Los trabajos de la Mesa Nacional de Energía han permitido constatar avances en la articulación de acciones, proyectos y programas dirigidos al fortalecimiento de la gestión institucional en el sector y en la toma de decisiones. Actualmente se impulsa la actualización y el diseño de un Plan Estratégico Energético.

Los lineamientos de la política energética incluyen aspectos del ámbito de energías renovables en la que se deben sostener los planes sectoriales. Se hace una mención especial a:

- El acceso universal a la energía
- Sostenibilidad energética
- Biocombustibles, económica, social y ambientalmente sostenibles
- Otras energías renovables y alternativas
- Eficiencia energética
- Recursos naturales

Falta todavía una ley para promover las energías renovables, como ya existe en unos 70 países del mundo. Puesto que la tecnología de las energías renovables es bastante nueva, no siempre pueden competir en su precio con las fuentes de energía convencionales. Por lo tanto, la fase de introducción y promoción de energías renovables necesita apoyo del Estado, a través de un esquema de “subvenciones inteligentes”.

Bioenergía

Rubén Candia, APER (Biomasa); Eduardo Viedma, APER (Biocombustibles);
Silvia Estigarribia, APER (Biogás); Christian Belt, GIZ; Doris Becker, GIZ

3.1. Biomasa

Se denomina biomasa al conjunto de materia orgánica, de origen vegetal o animal, y a los materiales originados a partir de su transformación natural o artificial. Comprende, en especial, los residuos procedentes de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como los subproductos de las agroindustrias de alimentos e industrias forestales. Incluye, además, a los llamados cultivos energéticos para la producción de biomasa lignocelulósica, utilizada como energía mediante su combustión o gasificación.

La madera y el carbón vegetal han proporcionado la principal fuente de combustible para cocción de alimentos y calefacción de cientos de millones de personas en el mundo, en países en desarrollo. Recientemente, los biocombustibles han comenzado a reemplazar, en forma parcial, a la gasolina y al diésel en los vehículos. En principio, la biomasa es un recurso renovable, ya que es posible cultivar nuevas plantas para reemplazar las que utilizamos. Sus emisiones de gases de efecto invernadero son más bajas que las de los combustibles fósiles, siempre y cuando haya suficiente regeneración de cultivos para absorber el dióxido de carbono liberado, y que se apliquen buenas prácticas de gestión.

Distintos tipos de biomasa.

La bioenergía es un potencial medio de subsistencia de millones de personas, particularmente en África, Asia y América Latina. Sin embargo, si se produce de manera no sostenible, sus impactos ambientales y sociales pueden ser devastadores. Se necesitan políticas amplias y certificación obligatoria para garantizar su producción bajo los más altos estándares.

Es difícil estimar el importe total de la biomasa en la tierra. La producción anual oscila entre 120 y 164 mil millones de toneladas y corresponde casi a 40 millones de kilómetros cuadrados en el mundo, o una superficie forestal de 170 mil millones de toneladas. **La producción anual, sólo en la biomasa forestal, contiene 25 veces la energía de la producción anual de petróleo**. Pero la cantidad de energía de la madera de una palma corresponde a 5000 litros de gasoil.

Desde el punto de vista económico, es viable utilizar, después de deducir los costos, biomasa alrededor de 800.000 Petajoule (PJ) al año. El consumo mundial de energía primaria es comparativamente 385.000 PJ.

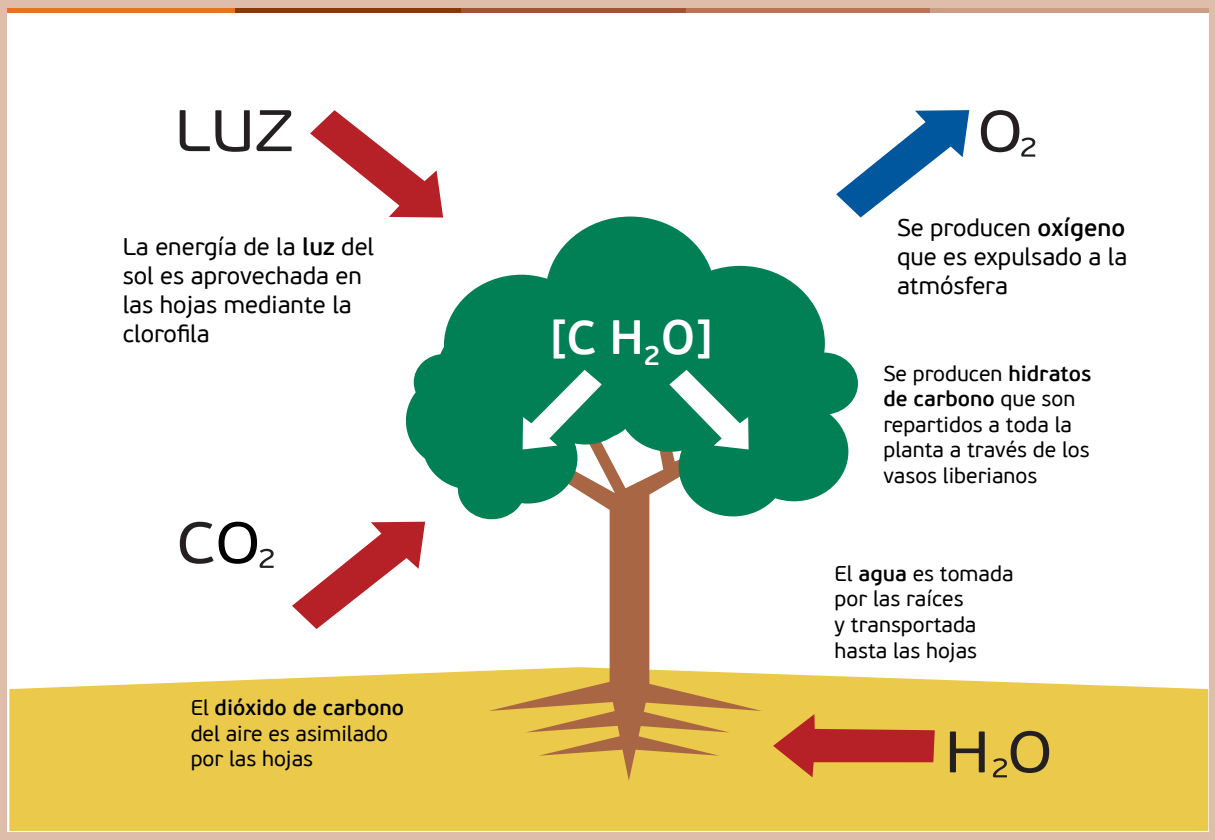
Para el 2050, el 60% de los combustibles industriales y necesidades de calor provendrá de la biomasa, así como el 13% de la calefacción para edificios. En la mezcla para la generación de electricidad se requiere cerca del 13% de biomasa, con el objetivo de balancear los requerimientos con otras tecnologías de energía renovable.

Los productos de biomasa poseen en común su origen directo o indirecto del proceso de fotosíntesis, presentándose en forma periódica y no limitada en el tiempo, de ahí su denominación de energía renovable. La biomasa, como las demás energías renovables (con excepción de la geotérmica), proviene, en última instancia, de la energía solar y de la fotosíntesis vegetal.

Fotosíntesis

Fotosíntesis es el proceso metabólico por el cual algunas células vegetales captan la energía de la luz solar para transformarla en sustancias que contienen energía química. Estas sustancias resultan fundamentales a la hora del crecimiento y desarrollo del propio vegetal, como también del resto de los seres vivos, incluyendo al hombre. Este, a su vez, la transforma, por procedimientos artificiales, en otros bienes, dando lugar a elementos empleados como materia prima (biocombustibles) y a subproductos (residuos agrícolas, ganaderos, urbanos), los cuales pueden tener aplicaciones energéticas.

En el caso de los bosques, la vegetación crece al tomar el CO2 y la energía de la luz solar. Una parte de este crecimiento puede ser recolectado para proporcionar biomasa de leña, con fines tales como la construcción y la producción de energía. Lo más importante de este proceso es que el producto de la fotosíntesis representa una gran fuente de energía para el resto de los seres vivos.



Fotosíntesis

Clasificación de la biomasa

Existen dos tipos de biomasa:

a) La producida por la plantas, es decir, **biomasa vegetal.**

b) Los consumidores que se alimentan de plantas u otros animales producen también biomasa, es decir, **biomasa animal.** Los combustibles fósiles provienen de la biomasa, pero se generan en millones de años de procesos químicos y geológicos, por lo tanto no son recursos renovables.

La fuente principal de biomasa proviene de los **bosques.** Necesitaremos más de 4500 millones de metros cúbicos de productos de madera para fines energéticos para el 2050. La biomasa es una fuente de energía renovable, siempre y cuando el uso se realice en **forma sostenible.**

En cuanto a la influencia del medio ambiente, la biomasa es un combustible mucho más limpio que los combustibles fósiles. Una de las desventajas de la biomasa es que la explotación a gran escala de los recursos forestales puede provocar efectos medio-

ambientales negativos, tales como la deforestación, por lo que debe ser controlada de alguna manera.

La gran ventaja que presenta la biomasa frente a otros tipos de fuentes de energía renovable, como la energía eólica o la energía solar, es que puede ser almacenada y puede ser utilizada en el momento que sea necesario.

Aprovechamiento

Los diferentes tipos de bioenergía se utilizan para generar electricidad o calor. También la producción combinada de calor y electricidad es posible. En el Paraguay, el uso de la biomasa se limita, casi con exclusividad, a la calefacción y a la cocción.

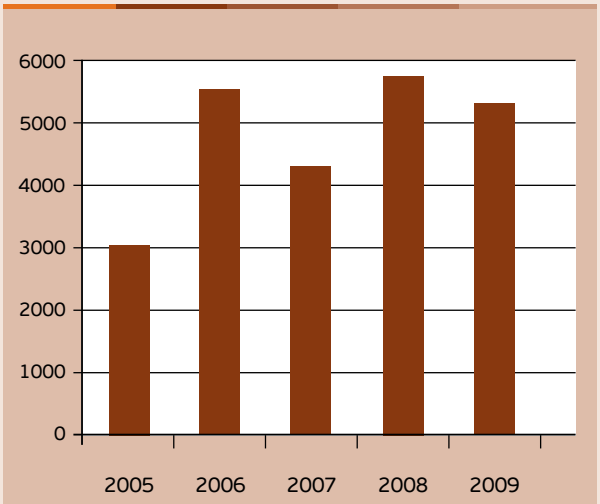
Bosque Chaqueño en la zona de Bahía Negra.

Seguidamente se citan todos los productos obtenidos de la transformación de la biomasa, excepto los biocombustibles y el biogás, que serán tratados más adelante.

La leña es el principal producto del sector biomasa en el Paraguay. El consumo per cápita de leña en el Paraguay es casi una tonelada anual, el más alto en América Latina. La leña es, sobre todo, utilizada para hacer fuego en chimeneas o cocinas. Históricamente, ha significado la utilización de restos de la deforestación (troncos y ramas de rozados), pero debido a la pérdida de los bosques, la leña comienza a escasear (en especial en la parte este del país) y la población debe comprarla o invertir mucho tiempo en obtenerla.

En estas circunstancias, la leña adquiere las características de un mercado comercial con su red de transporte, puestos de venta y precios bien definidos. Una parte importante de la producción de combustibles de madera proviene de la tala de bosques, por lo tanto no es sustentable.

Aparte de la limpieza de bosques, el combustible de madera es producido por pequeños productores localizados en áreas remotas y vendido a comerciantes. Estos pequeños productores no se encuentran organizados y no tienen acceso a medios que puedan mejorar sus condiciones de vida. Por ejemplo, acceso a sistemas de información de mercado, a créditos (así como inversiones para agregar valor agregado a sus productos y servicios), al conocimiento en cuanto a reforestaciones y manejo de bosques, entre otros.



Producción de leña en 1.000 t en Paraguay.[11]

El carbón vegetal es el combustible obtenido de la destilación destructiva de la madera en ausencia de oxígeno, en las carboneras. En algunos casos, puede sustituir al coque en los procesos siderúrgicos y ser consumido en la industria; y en el sector residencial, para cocción. El consumo del carbón de leña está vinculado a las áreas urbanas y semiurbanas.

Al contrario de la leña, el carbón es un energético comercial con un mercado mucho mejor organizado desde la producción hasta el consumo final. El carbón

Hornos para producción de carbón vegetal.

vegetal tiene usos complementarios, por lo general se utiliza por falta de leña o gas natural. La producción de carbón vegetal está en manos de pequeños productores agrícolas y significó, en el 2009, 470.000 toneladas, de las cuales el 43% fue exportado.[11]

Las briquetas son elementos normalmente de forma cilíndrica, con diámetros comprendidos entre 5 y 10 cm y de gran densidad, formados por materiales prensados que se utilizan como combustible. Una vez triturado y secado se moldea con alta presión y se adicionan los aglutinantes para formar las piezas.

En general, las instalaciones de briquetado se usaron para solucionar el problema de la acumulación de residuos procedentes de aserraderos, carpinterías y fábricas de transformación secundaria de la madera (puertas, muebles, parquet, etc.).

Briquetas[14]

Pellets son elementos densificados de forma cilíndrica con diámetros comprendidos entre 6 y 12 mm y longitudes de 10 a 30 mm, por lo que su tamaño es muy inferior al de las briquetas. Al igual que éstas, los pellets se utilizan como combustible, que tienen la ventaja de poder ser alimentados y dosificados mediante sistemas automáticos, lo cual amplía sus posibilidades de utilización en instalaciones de envergadura y en el sector industrial. El pellet de madera es un biocombustible muy demandado en el primer mundo, principalmente en el mercado europeo, en cambio en el Paraguay no es muy conocido todavía.

Pellets[15]

Chips o astillas

Chips o astillas es materia prima en piezas cortas no uniformes. En los últimos años, los consumidores industriales de leña han cambiado a chips, ya que este producto les permite alimentar directamente a los hornos comparado con el proceso manual para la alimentación a través de las leñas. Los chips están empezando a ser utilizados en el Paraguay. Ya existen maquinarias para transformar los troncos en chips, esto en especial con la plantación de eucalipto y el bambú (tacuara).

Otros derivados de la biomasa usados para calefacción o electrificación son **aserrín, bagazo y basura orgánica**, sin embargo su uso en el Paraguay no es muy común.

Según los datos de REDIEX, el Paraguay exportó, entre enero y noviembre del 2010, productos forestales por un total de US$ 93,9 millones, 9,0% más que durante el mismo período del 2009. Los productos más exportados fueron el carbón vegetal, la madera perfilada o de parquet, las maderas aserradas y las chapadas o contrachapadas.[16]

Fogones o braseros de bajo consumo

Existen en el mercado fogones de bajo consumo muy simples de fabricar por el propio usuario, que reducen notablemente la cantidad de madera o carbón necesarios para obtener un mismo resultado.

Un concepto famoso es la "Cocina aprovechamiento" o "Rocket Stove", que proporciona combustión eficiente y una eficaz transferencia de calor a la olla. Productos como madera, carbón, palos o estiércol se pueden utilizar con esta cocina. La "Rocket Stove" puede ser usada como horno de cocción de pan o para calentar el agua. El diseño tiene un impacto muy favorable en el consumo de madera y, además, reduce el humo y los gases que perjudican la salud humana.

Hay modelos con chimeneas exteriores o sin ellas. Está comprobado que los braseros pueden ahorrar entre 50 y 60% de energía.

Como se muestra en la imagen, la "Rocket Stove" es una alternativa sencilla y muy rentable.[17]

Una "Rocket Stove" alcanza una combustión eficiente del combustible a una temperatura alta, asegurando que haya buena corriente de aire en el fuego, el uso controlado de combustible, la combustión completa de los volátiles, y el uso eficiente del calor resultante.

La "Rocket Stove" fue desarrollada por el Centro de Investigación "Aprovecho" en EE.UU. y se utiliza desde 1984 en muchos países de África y América Latina. En Bushenyi, distrito en el oeste de Uganda (África) en más de 200.000 casas fueron construidas estas cocinas, que posibilitaron el ahorro de 220.000 toneladas de leña, sólo en el 2006. El beneficio económico ascendió a 7,5 millones de euros. En el Paraguay, este tipo de cocina es casi desconocido. Los costos de construcción ascienden a 20 US$ más o menos.[18]

Las ventajas de la "Rocket Stove" son: el ahorro de leña, con su consecuente reducción del tiempo para la recogida de la madera, y el ahorro de los gastos para la compra de madera. Además, el humo se descarga a través de un tubo, no sopla directamente en la cara de la persona, lo que beneficia a la salud.

"Rocket Stove" utilizando un barril. Bolivia.[17]

Situación en el Paraguay

En el 2002, la Organización para la Agricultura y la Alimentación caracterizó así la situación en el país:

A pesar que el país usa enormes cantidades de biomasa como combustible residencial e industrial (el 50% del total de las viviendas utilizan leña o carbón vegetal para satisfacer sus necesidades básicas y cerca del 70% del consumo industrial de energía proviene de la leña o de los residuos vegetales), la importancia económica de la biomasa como fuente de energía es un tema poco conocido en el país. Desde la época de la colonia hasta aproximadamente fines de la década del cincuenta y principios del sesenta, el desarrollo de los núcleos poblacionales y la expansión de la frontera agrícola se han realizado a expensas de las tierras cubiertas con bosque, mientras que la ganadería tradicional se desarrolló principalmente sobre las praderas naturales.

Sin embargo, a mediados de la década del sesenta, se intensifica en la Región Oriental el proceso de colonización, a través de políticas públicas y privadas de reforma agraria en terrenos de propiedad fiscal principalmente y de la propiedad privada secundariamente que no consideró los aspectos ambientales para la incorporación de dichas tierras a la producción.

Más tarde, a partir de la década del setenta, la producción agropecuaria tradicional incorporó también una intensa transformación de áreas boscosas nativas a praderas cultivadas, principalmente para el engorde del ganado vacuno. El proceso de deforestación ocurrido en la Región Oriental muestra que en 40 años, comprendidos entre 1945 y 1991, ha llegado a eliminar casi 7 millones de hectáreas, lo cual representa un promedio aproximado de 123 mil ha cada año. La consecuencia del inusitado proceso de desmonte por parte de los grandes propietarios, quienes motivados por la presión que la población rural ejercía en procura de tierras para la colonización, se vieron obligados a introducir "mejoras" en sus propiedades.

En relación a la Región Occidental, dan cuenta que las colonias establecidas en la zona central del Chaco llegaron a un promedio de deforestación de 45 mil ha anuales. La misma fuente registra, para la misma región, una pérdida de área boscosa de aproximadamente 1,25 millones de ha.[19] Durante los últimos dos años, la tasa de deforestación en la región es del orden de 350 a 500 ha por día, según la época del año.

Queda bien evidenciado que la destrucción de los bosques ha resultado principalmente por la transformación de bosques naturales en área de pastoreo para cría de ganado, asociados a problemas de uso y tenencia de la tierra. De hecho, estos principales elementos causales de la deforestación demuestran que históricamente el problema forestal ha estado íntimamente ligado a la tenencia de la tierra y a los modelos de reforma agraria y de producción agropecuaria del país".

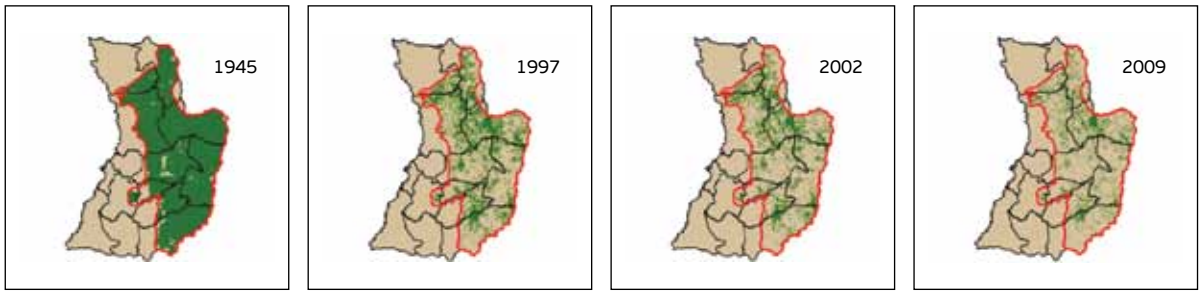
Este proceso de deforestación, aunque evidentemente menor, comparado con la Región Oriental, es bastante significativo por la fragilidad de los ecosistemas chaqueños, demostrados por las numerosas evidencias de erosión eólica y la salinización de suelos que se están verificando en diferentes zonas de la región.

Hoy no quedan muchos bosques. Algunos estudios mencionan una superficie aproximada a 70.000 km².

Una futura política energética debería reintroducir planes de incentivos para reforestaciones y plantaciones de combustibles de madera; algunas medidas de apoyo ya existen por decretos, pero han sido suspendidos debido a la carencia de medios económicos (o voluntad política).

El sector forestal requiere de planes de largo plazo y estos pueden brindar historias exitosas como en el Uruguay y Chile. El mercado de combustible de madera necesita seguridad de provisión de materias primas, actividades de mercado más transparentes y un mejor entorno medioambiental.

Deforestación



Evolución del proceso de deforestación en la región oriental del Paraguay (1945-2009).[20]

Ley de Deforestación Cero

Antes de la implementación de la Ley de Deforestación Cero en el 2004, el Paraguay era el segundo país con mayor índice de deforestación en el mundo, y el primero en Sudamérica.

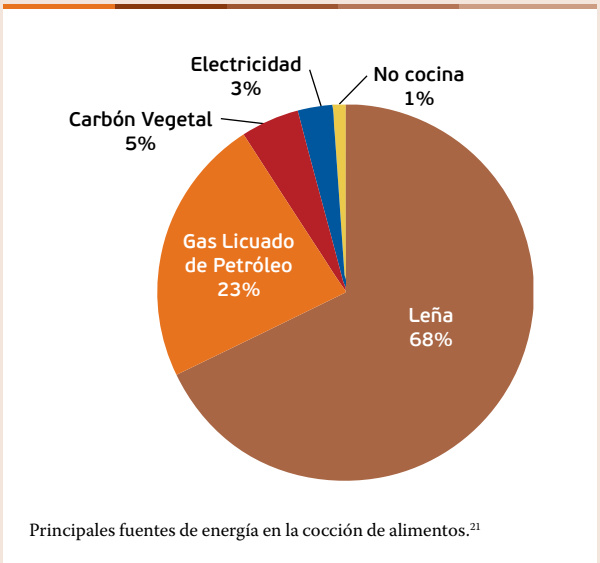
El 13 de diciembre de 2004 el Congreso paraguayo aprobó la Ley N.º 2524 "De prohibición en la Región Oriental de las Actividades de Transformación y Conversión de Superficies con Cobertura Boscosa". La misma fue conocida, posteriormente, como la Ley de Deforestación Cero. Esta ley menciona que su objetivo principal es propiciar la protección, recuperación y el mejoramiento del bosque nativo en la Región Oriental, por lo cual, a partir de la fecha de promulgación de la presente ley y por un periodo de dos años, queda prohibida la emisión de permisos, licencias, autorizaciones o cualquier documento jurídicamente válido que ampare la transformación o conversión de superficies con cobertura de bosques nativos, a superficies destinadas a aprovechamiento agropecuario en cualquiera de sus modalidades; o a superficies destinadas a asentamientos humanos.

La ley prohíbe, por cinco años, el cambio de suelos de uso forestal a suelos agrícolas o ganaderos, pero no implica la extracción de rollos de los remanentes forestales. Su prórroga fue ratificada por dos años más por la Ley 3139/ 2006.

Esto logró una reducción del 85% en el índice de deforestación. Gracias a ello, el Paraguay, de ser un país con una de las mayores tasas de deforestación, pasó a formar parte de los de menor tasa.

Gastos energéticos de las zonas rurales

La parte más importante del consumo energético de biomasa corresponde a las familias rurales y se refiere a la cocción de alimentos.



Principales fuentes de energía en la cocción de alimentos.[21]

La fuente de energía más utilizada de dichas familias, la leña, normalmente no representa un gasto monetario directo para las mismas. En algunas zonas del país, es todavía fácil su disponibilidad y acceso a los factores que inciden en la utilización masiva de dicha fuente energética, por parte de las familias de las áreas rurales.

Perspectivas de la fuente energética

El hecho de que la superficie captadora de la biomasa sea tan extensa determina que, a pesar de la baja eficiencia, la cantidad de energía almacenada cada año por la fotosíntesis sea inmensa, de hecho, unas diez veces más que el total de energía que consume la humanidad. También el contenido energético de las reservas de biomasa que se encuentran acumuladas en la biosfera, es casi equivalente a la almacenada en las reservas de combustibles fósiles.

Finalmente, la extensión limitada de las zonas cultivables y el tipo de materia prima energética en que la civilización actual basa su funcionamiento, imponen graves condicionantes, tanto en la producción aprovechable como en el estado en que ésta puede utilizarse.

No obstante, por medio del desarrollo de tecnologías adecuadas, el potencial energético de la biomasa podría cubrir un porcentaje considerable de la demanda energética actual. El Paraguay necesita políticas amplias y certificación obligatoria para garantizar su producción de biomasa bajo los más altos estándares.

El Paraguay no posee incentivos para la reforestación, y la financiación para proyectos de esta actividad es aún incipiente, engorrosa y de limitada disponibilidad para los interesados, por lo que es necesario poner en práctica la Ley de Servicios Ambientales, así como el fondo para la forestación y la reforestación.

Sumado a esto, la legislación restrictiva ahuyenta a los interesados, cuando lo que necesitamos son mecanismos que incentiven la conservación de bosques y la financiación de inversiones forestales.

Más informaciones:

http://solarcooking.wikia.com/wiki/Rocket_stove
http://www.wwf.org.py
http://www.seam.gov.py

3.2. Biocombustibles

Biocombustible líquido se denomina a **toda fuente de energía derivada de la biomasa que se encuentra en estado líquido**, que permite, entre otros beneficios, un mejor almacenamiento, transporte, y, por ende, venta. Cuando el biocombustible se puede utilizar en motores de combustión se denomina biocarburante, los más utilizados son el **biodiésel y el bioetanol**. Estos pueden tener un origen específico para la elaboración de biocombustibles, o bien estar generados a partir de desechos de biomasa producidos de otros procesos, industriales o de otra índole.

Bioetanol[22]

Biocombustibles son **la única energía renovable que puede reemplazar a los combustibles fósiles**. La aviación, el transporte marítimo y terrestre de larga distancia requieren de combustibles líquidos con alta densidad energética; estos aún no pueden ser electrificados o funcionar con hidrógeno, debido a la actual tecnología e infraestructura de suministro de combustibles. Algunos procesos industriales, tales como la producción de acero, requieren carburantes no sólo por su contenido de energía, sino también como materias primas con propiedades materiales específicas.

Potencial mundial

Según estadísticas del 2008 de la IEA (Agencia Internacional de Energía, siglas en inglés), la producción mundial de biocombustibles está en más de 70 millones de toneladas/año, y el consumo en transporte representa 65 millones de toneladas/año.[24]

En el 2009, la producción mundial total de **biodiésel**, en todos sus grados, fue de 49 mil millones de litros. De esta producción mundial, se deduce que para el biodiésel la producción mundial tuvo un aumento extraordinario en los últimos cinco años, como muestra el cuadro siguiente:

Región / País	2007	2008	2009
América del Norte	**5.350.241**	**7.299.584**	**5.601.600**
Estados Unidos	5.079.962	7.013.407	5.235.929
Latino América	**2.424.238**	**6.141.361**	**9.210.452**
Brasil	1.107.824	3.188.808	4.405.697
Europa	**21.860.754**	**24.649.391**	**27.442.798**
Francia	2.973.063	5.469.163	6.534.378
Alemania	12.448.706	9.809.516	8.140.150
Italia	1.462.683	2.082.734	2.082.734
Asia & Oceanía	**2.511.999**	**4.582.014**	**6.124.827**
China	954	1.272	1.272
Malasia	397.468	715.443	906.228
Tailandia	190.785	1.224.202	1.669.367
Mundo	**32.261.703**	**43.076.973**	**48.997.819**

Producción de biodiésel por región y países 2007-2009 en miles de litros.[23]

El biodiésel aumentó de 12 millones de litros a 49 millones de litros entre 2005 y 2009, convirtiéndose en la energía renovable de mayor crecimiento en ese lapso. La región del mundo que produce mayor cantidad de biodiésel es Europa, países entre los que se destacan Alemania y Francia.

En el 2009, la **producción mundial total de etanol**, en todos sus grados, fue de **80 mil millones de litros**. Los dos principales productores mundiales son Estados Unidos de Norteamérica y el Brasil, que juntos produjeron el 89% del total. El cuadro que sigue muestra la producción de etanol 2007 - 2009 para los diez mayores productores mundiales.

En el Paraguay el biocombustible más desarrollado es el alcohol. La mayor parte proviene de la caña dulce. Actualmente, varias industrias lo elaboran de cereales, especialmente para la producción de zafras como el maíz. Este alcohol se utiliza para **la mezcla con las gasolinas en diferentes porcentajes**.

País	2009	2008	2007
Estados Unidos	40.689	34.065	24.597
Brasil	27.497	27.497	22.498
Unión Europea	3.935	2.777	2.159
China	2.050	1.900	1.840
Tailandia	1.647	340	300
Canadá	1.100	900	800
India	347	250	200
Colombia	315	300	283
Australia	215	100	100
Otros	936	n.A	n.A.
Mundo	**80.739**		

Producción mundial de etanol por países, en millones de litros.[25]

Aprovechamiento

Los biocombustibles líquidos son utilizados, en su mayoría, para el transporte, en vehículos y en transporte público, también es utilizado en industrias o para la producción eléctrica, pero en menor escala.

El biodiésel es utilizado principalmente en mezcla con el diésel común derivado del petróleo. Esta mezcla se puede dar en varias proporciones, pero las más comunes son el B5, o sea 5% de biodiésel en el diésel, y B20 que es 20% de biodiésel en el diésel. Existe también el B100, que es 100% biodiésel sin mezcla con el diésel, utilizado en algunos países. Es usado en estas mezclas debido a que los motores de los vehículos no necesitan ningún tipo de adaptación para el uso del B5 e inclusive del B20, no así para el caso del B100 que sí necesita algunas adaptaciones.

En el caso del bioetanol, el uso está mucho más extendido a nivel mundial, principalmente en el transporte. En Estados Unidos, el bioetanol es utilizado en forma de mezcla hasta un 85% con gasolina, y los vehículos poseen la tecnología para el mejor aprovechamiento de este tipo de combustible.

En el Brasil, sin embargo, aparte de utilizarlo en forma de mezcla con gasolina, desarrollaron la tecnología flex, que consiste en la adaptación del motor al combustible, que puede ser 100% bioetanol o cualquier mezcla de este con gasolina, lo cual hace que el aprovechamiento por parte del consumidor sea más ventajoso.

En el Paraguay, las naftas económicas RON 85, Normal RON 85 y Súper RON 95 están mezcladas con 24% de alcohol anhidro. A la nafta E-85 le agregan 85% de alcohol anhidro y 15% de nafta especialmente preparada para los motores flex.

Canola, soja, girasol y grasa animal, las principales fuentes de uso del biodiésel.

Es importante destacar que el Brasil está haciendo pruebas para usar el bioetanol mezclado con el diésel de petróleo, producto que lo incorpora también a la aviación, de manera a utilizar más el bioetanol y disminuir el uso de derivados del petróleo.

Caña de azúcar – principal fuente para la producción de Etanol.

En el Paraguay, el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), como brazo ejecutor de las políticas públicas en materia de combustibles, ha resuelto la obligatoriedad de la mezcla del 1%, como mínimo, de biodiésel en el gasoil y 24% de etanol en la nafta.

Historia

Rudolf Diesel inventó el **motor diésel** en 1893 y utilizó aceite de maní. Diesel desarrolló el motor con el fin de usar un combustible obtenido de la biomasa, no para que se utilice gasoil derivado del petróleo. Los fabricantes de motores diésel adaptaron sus propulsores a la menor viscosidad del combustible fósil (gasoil), frente al aceite vegetal. Es decir que, en los orígenes de la industria automovilística, **el biodiésel** fue el principal combustible, pero más tarde se desarrolló la industria basada en el petróleo, y los fabricantes de motores aceptaron esta segunda opción.

Los disparadores para el uso del biodiésel fueron los trabajos de G. Chavanne, de la Universidad de Bruselas, Bélgica, en 1937, quien obtuvo la patente por "transformar aceites vegetales para su uso como combustibles". En 1977 se inventó y patentó en el Brasil el primer proceso industrial de producción de biodiésel.

En épocas de inestabilidad de los mercados mundiales se volvió a invertir en el desarrollo de **bioetanol** como en los años veinte, también durante el embargo del petróleo en 1973, y en la actualidad por la crisis de producción del oro negro.

El Brasil, ya a partir de 1973, empezó a mezclar etanol y gasolina. En 1979, fabricó los primeros automóviles que podían funcionar con alcohol hidratado (95% de etanol y 5% de agua). Más tarde, en 1980, la mayoría de los coches estaban diseñados para funcionar sólo con bioetanol. Todos estos adelantos fueron consecuencia del precio del petróleo, así como del incentivo del gobierno para desarrollar una tecnología propia.

Vehículo que utiliza Bioetanol.[27]

Durante los años noventa el uso del bioetanol como combustible estuvo muy por debajo del de los años ochenta, pero debido al cambio climático, el Protocolo de Kyoto y el compromiso del Brasil con el acuerdo internacional citado se pudo desarrollar la tecnología flex, que permite que hoy posea este país el mayor parque automotor movido a bioetanol del mundo: más de 84%.[26]

Durante la década del noventa, se ha reactivado el interés en el biodiésel a nivel mundial, y una buena cantidad de plantas fueron abiertas en muchos países europeos, gracias a un incentivo fiscal de algunos estados europeos. También se generó un gran interés, por parte de países sudamericanos como el Brasil y la Argentina, en la producción de biodiésel para la exportación. Desde el 2005, existen, en varios países, requisitos legales para mezclar el biodiésel con gasoil regular.

En Estados Unidos, la producción de bioetanol es más reciente. Este país es el primer productor, el primer consumidor mundial y el primer importador. Cerca del 12% de su cosecha de maíz ha sido destinada a la producción de bioetanol.

Mecanismos naturales de producción

Existen procesos naturales y artificiales para la obtención de los biocombustibles líquidos. Para el caso del **biodiésel**, el mismo se obtiene a partir de un proceso

químico artificial llamado transesterificación, por el cual se obtiene el ester que es, al final, el biodiésel.

Es importante destacar que esta reacción química tiene casi un 99% de eficiencia, de manera que de 1 litro de aceite se obtiene 0,99 litro de biodiésel. Como materia prima pueden considerarse aceites vegetales puros y recuperados, grasas vegetales y animales. La producción de aceites vegetales deriva principalmente del coco, girasol y la soja.

Para el caso del **bioetanol** se obtiene a partir de un proceso natural en el que intervienen bacterias que realizan la fermentación de los azúcares contenidos en el jugo obtenido de vegetales como la caña de azúcar, la remolacha azucarero, maíz y otros. Además, también se obtienen almidones vegetales del residuo líquido del azúcar (llamado melaza), que aún contiene gran porcentaje de azúcares.

En el caso del bioetanol conseguido de estos procesos, recibe el nombre de alcohol hidratado, porque contiene un porcentaje de agua en su composición. Esta última debe ser eliminada para su uso como biocarburante. Para ello se procede a un tratamiento de secado del bioetanol.

Competencia entre el uso como alimento o combustible

Los biocombustibles han sido desarrollados a partir de aceites y alcoholes derivados de productos alimenticios en un principio. Debido a esto, han surgido muchos cuestionamientos en cuando a su verdadera utilidad, ya que la competencia entre alimento y combustible se podría desatar. En verdad hoy esta competencia no se da debido a los altos costos en los mercados internacionales de los productos alimenticios, lo cual no permite la generación de biocombustible a partir de estos, no así de sus residuos y plantaciones destinadas a la producción de biocombustibles.

Es por esto por lo que el estudio e investigación de plantaciones y métodos de producción, a partir de desechos de producción de alimentos, tiene en la actualidad mayor desarrollo y más viabilidad económica. Es más, hoy en Paraguay se puede decir que el combustible más económico es el alcohol carburante, un biocombustible.

Situación de los biocombustibles en el Paraguay

La elaboración del **biodiésel** a partir del aceite de coco, soja y grasa animal implica opciones inmediatas que tiene el Paraguay por la gran disponibilidad de materia prima. Sin embargo, es todavía de menor desarrollo. Se están llevando a cabo trabajos de investigación y desarrollo para la identificación de otras materias primas de mayor rentabilidad y con mayor impacto positivo en la generación de empleo, tales como palma, coco, tártago, jatropha, nabo forrajero, sésamo y girasol. **En el 2009 se produjo 45.000 m^3 de biodiésel** en el Paraguay. La meta es alcanzar 120.000 m^3 en el 2011, lo que equivale a la demanda local para una mezcla del 10% con el gasoil.[16]

El Paraguay podría ser un buen productor de materia prima para la fabricación del biodiésel. Tenemos tierras, conocemos de cultivos, sin embargo, se necesita una buena planificación de manera a impulsar materias tradicionales y no tradicionales. Existen iniciativas de la industria privada para el desarrollo de plantas de elaboración del biodiésel.

En el ámbito de la distribución, existe la Cámara Paraguaya del Biodiésel (BIOCAP). El mapa de la página que sigue ilustra la ubicación de las industrias productoras de biodiésel.

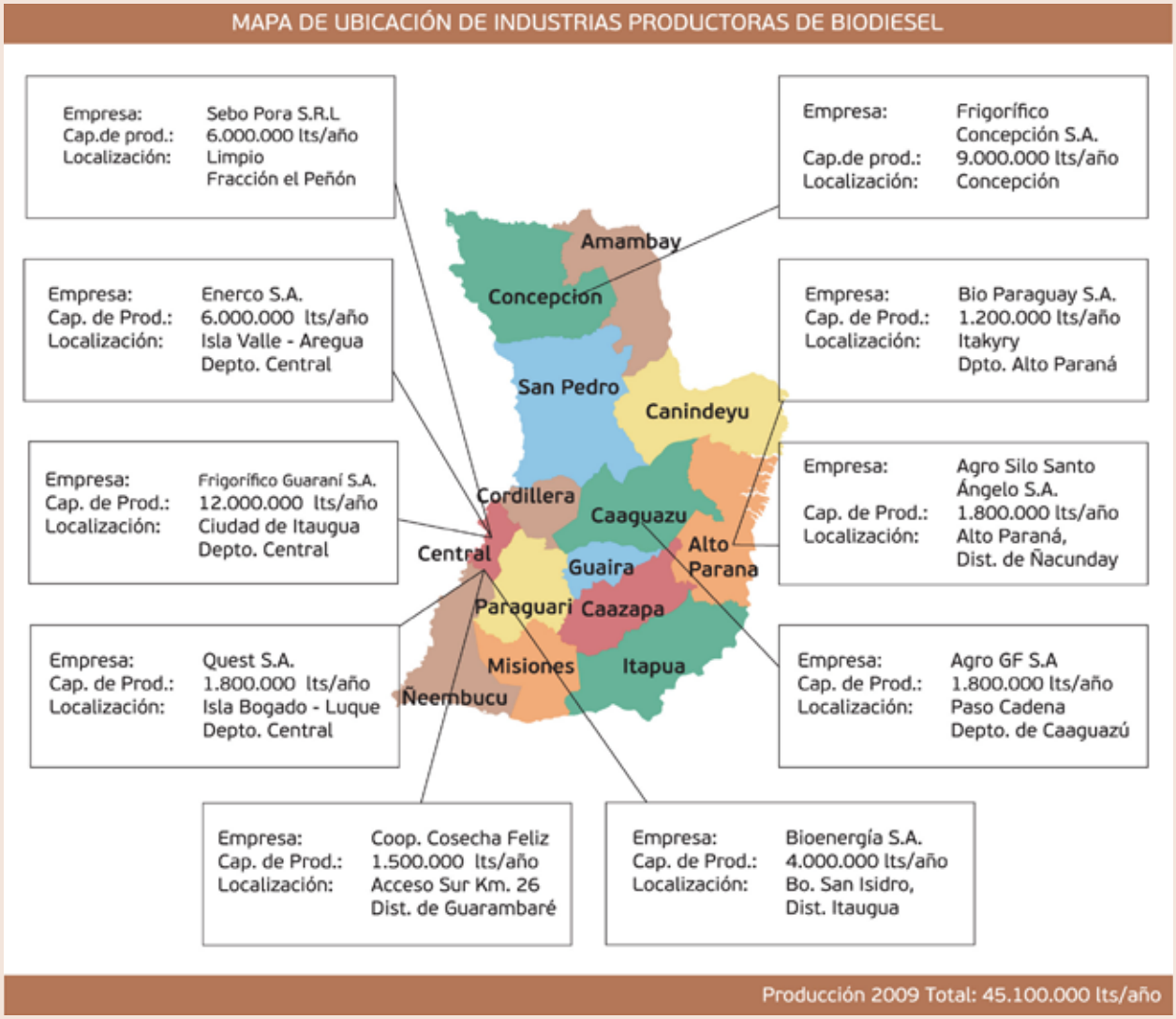
También es importante destacar que la empresa estatal Petropar posee una planta piloto de producción de biodiésel, y es la única compradora actual de toda la producción para la mezcla obligatoria con el diésel derivado del petróleo.

Para la producción de **etanol**, la caña de azúcar está entre los primeros cinco rubros de mayor importancia económica y segunda en su impacto social en cuanto a fuente de ingresos para los cerca de medio millón de pequeños agricultores que componen el sector rural del Paraguay.

Los cultivos de caña de azúcar en el país cubren actualmente 70.000 ha en las cuales se producen 3.500.000 toneladas de caña, destinadas el 30% a la producción de bioetanol y el 70% a la producción de azúcar.[16] La producción aproximada de etanol por hectárea es de 3750 litros. Existen en este momento nueve empresas productoras de etanol a partir de la caña de azúcar, con una capacidad total de producción de **104.421 m^3** por año. (2009)

El principal productor nacional de etanol es la empresa INPASA, seguida de la estatal Petróleos Paraguayos (PETROPAR). El porcentaje establecido de mezcla de etanol en la gasolina está entre el 18 y el 24%, según la norma del MIC, este porcentaje puede ser aumentado debido a la mayor producción de bioetanol en el país.

En el 2007, empresarios y autoridades del gobierno del Paraguay iniciaron negociaciones con fabricantes brasileños, a fin de importar vehículos flex a etanol. Así, el Paraguay se convertiría en el primer destino de exportaciones brasileñas de sus vehículos de combustible flexible.



Industrias productoras de biodiésel en el Paraguay, 2009.[28]

En mayo del 2008, el Gobierno paraguayo anunció un plan para exonerar a los vehículos flex del pago de impuestos de importación. Esta iniciativa también incluye la compra de 20.000 automóviles flex en el 2009 para uso de la flota oficial del gobierno, gestión que aún no se ha cumplido.

El órgano promotor para la promoción del desarrollo de etanol (y biodiésel) es la Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX) del MIC.

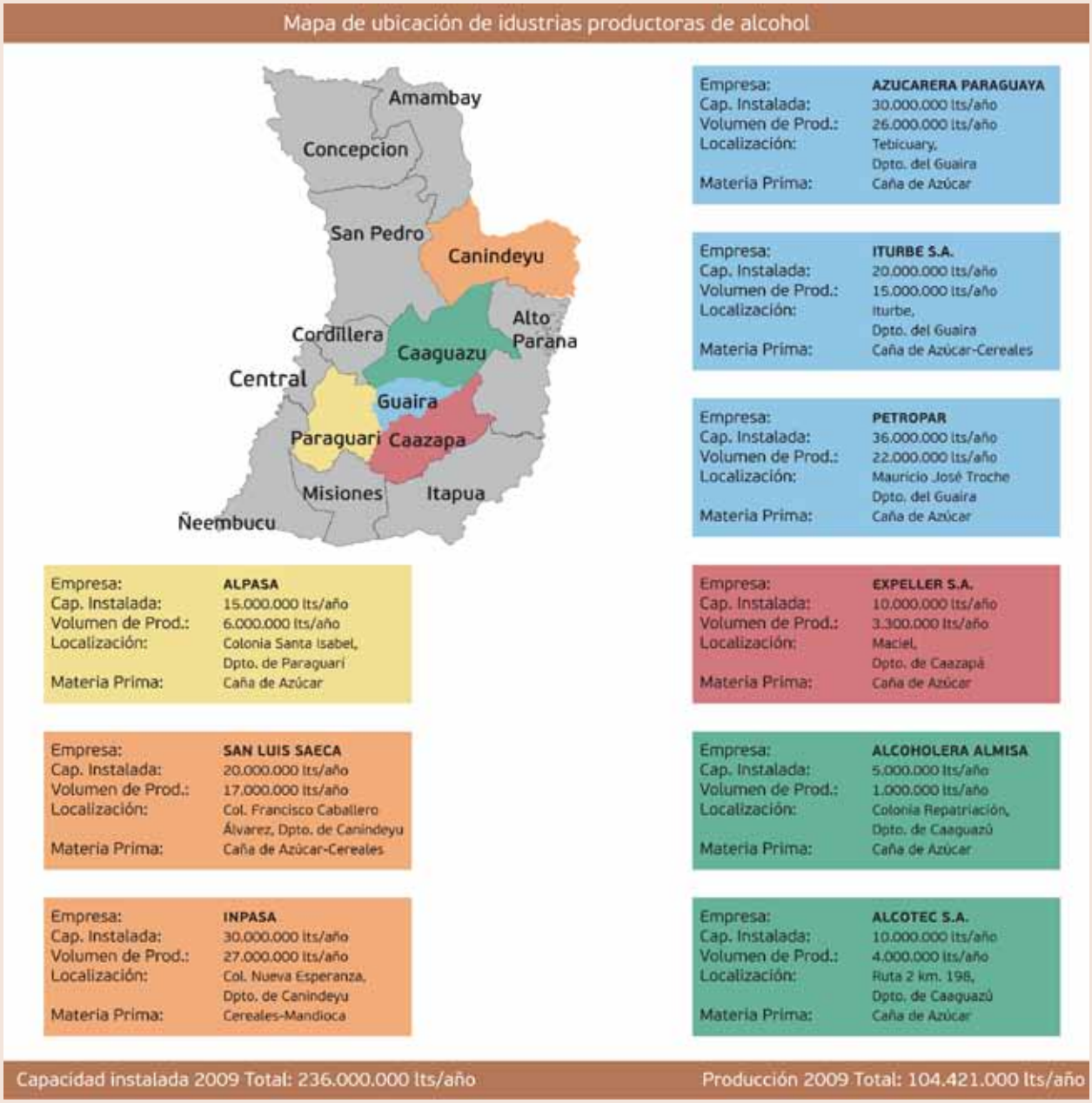
La Ley de Fomento de Biocombustibles N.º 2.748, promulgada el 7 de octubre del 2005, fija una serie de incentivos fiscales, tanto a productores de biocombustibles como a importadores de tecnología para su fabricación. También estipula los parámetros de mezcla obligatoria por parte de los importadores de derivados de petróleo. Además, se propone a las autoridades competentes el control y supervisión de la cadena de producción de los biocombustibles.

Perspectivas

Los biocombustibles representan para el país una fuente de energía renovable muy importante y estratégica con respecto a sus intereses. El hecho de no producir petróleo hace que la dependencia del Paraguay del mencionado producto sea muy grande y esto no condice con el interés como país soberano, ya que la condición de país agrícola y ganadero constituye la clave para independizarse del petróleo y ser un país que puede desarrollarse sustentablemente con energías renovables.

Para ello, los biocombustibles necesitan de una decidida política energética que evite la importación de combustibles, y, si fuere posible, exporte biocombustibles a países que no posean las ventajas productivas que tiene el Paraguay.

Los cultivos de especies bioenergéticas proporcionan una fuente de combustible líquido, ya sea aceites ve-



Mapa de ubicacíon y producción de industrias de etanol, 2009.[28]

getales de las plantas, como la semilla de colza, o en forma de etanol, derivado de cultivos con alto contenido de azúcar, almidón o celulosa.

Según el escenario de expertos, necesitaremos alrededor de 250 millones de hectáreas de cultivos para especies bioenergéticas – cerca de una sexta parte de las tierras de cultivo en total – para satisfacer la demanda proyectada. Esto ocasionaría la deforestación, escasez de alimentos y agua, entre otros impactos sociales y ambientales, por lo que debe analizarse la posibilidad con mucho cuidado.

Con un estimado aumento de la población en dos millones más para el 2050, es vital que el incremento en el cultivo de biocombustibles no utilice tierra y agua que sean necesarias para producir alimentos destinados al consumo humano o para mantener la biodiversidad. Las consecuencias de la producción de insumos de especies bioenergéticas sobre la tierra y el agua necesitarán más investigación, especialmente a nivel de campo.

A largo plazo, el objetivo es el biodiésel y etanol para la exportación a otros países. Se estima que una vez desarrollada la infraestructura internacional necesaria para la distribución del biocombustibles a la escala actual de los combustibles fósiles, mediante la ampliación de instalaciones portuarias, alcohoductos,

barcos y terminales de carga, el etanol registrará un auge en su comercialización nunca visto hasta ahora.

Vale la pena destacar que para alcanzar estos objetivos sólo se precisan 140.000 hectáreas de nuevas plantaciones. La aparente necesidad de grandes superficies de tierra para los biocombustibles es el aspecto más desafiante, y plantea las preguntas más difíciles.

Planta de alcoholes de Mauricio José Troche.

Más informaciones:

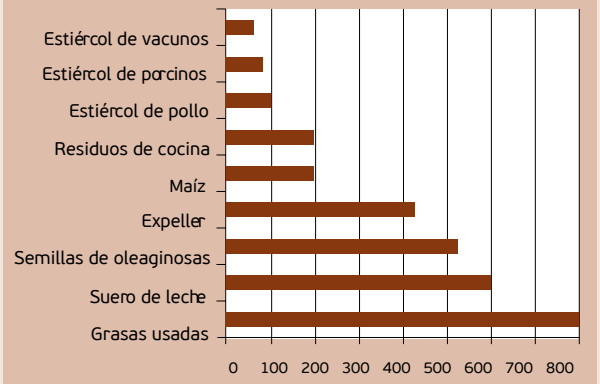
http://www.biodisol.com/
http://www.petropar.gov.py/
http://www.biocap.org.py/
http://www.rediex.gov.py/biocombustibles-pro6

3.3. Biogás

El biogás es un gas generado en la naturaleza por un proceso natural que forma parte del ciclo biológico. El proceso de formación se da a través de la fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno) de la materia orgánica mediante la intervención de microorganismos. Esta fermentación consiste en la descomposición y transformación de la materia en dos productos: biogás por un lado; y, por el otro, material orgánico descompuesto de gran cantidad de nutrientes, que se reutiliza generalmente como fertilizante.

Por ende, el biogás se genera de cada cuerpo sin vida de origen animal o vegetal. Gran parte de las materias primas mencionadas, en especial estiércol, residuos agrícolas y cultivos energéticos pertenecen a la agricultura, por lo tanto, esta industria representa el mayor potencial para la producción de biogás. Excepto los cultivos energéticos, las materias primas son libres.

La siguiente ilustración muestra la diferente productividad de las distintas materias primas.



El rendimiento de biogas (m^3/t) de distintos tipos de biomasa.[29]

Si bien esta generación es natural, y es parte del ciclo de la naturaleza, con el aumento de la población y el modelo actual de consumo se genera extremada cantidad de biogás y sus componentes. El producto es una mezcla constituida por metano (CH_4) en una proporción que oscila entre el 50 y el 70%, 30 a 50% de dióxido de carbono (CO_2), y otros gases en menores proporciones.

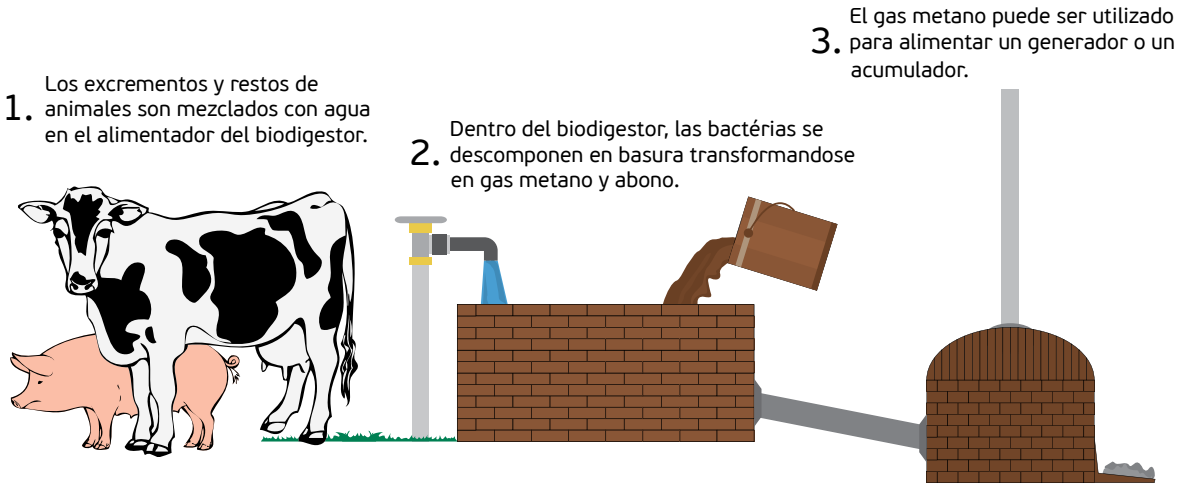
La emisión de estos gases tiene un impacto muy negativo en el medioambiente. Su liberación a la atmósfera produce el denominado calentamiento global. Asimismo producen malos olores en las zonas donde son liberados y en ocaciones problemas respiratorios.

Formas de aprovechamiento

Si bien el biogás es generado como residuo de un proceso natural biológico, éste puede ser reaprovechado para darle varios usos. Si se implementa un sistema de captura de biogás, ya sea en vertederos o en lugares de cría de animales, éste puede ser reutilizado con fines energéticos.

El biogás puede ser aprovechado para provisión de energía térmica, por ejemplo para cocción de alimentos o para provisión de energía eléctrica mediante la introducción del mismo en un generador de energía eléctrica. También el uso en calefacción y electricidad es posible y en Europa es muy popular. Otra posibilidad es el uso de metano para combustible en automóviles. En Alemania y Suecia hay algunos proyectos sobre ese tipo de uso.

Otras veces, el biogás generado, por falta de tecnología o recursos necesarios, no es aprovechado; en lugar de liberarlo en ese estado a la atmósfera, el mis-



Proceso de descomposición de la materia orgánica. Formación del biogás.

mo es quemado, transformándose el gas metano en anhídrido carbónico, el cual tiene un potencial de calentamiento global de 21 veces menos que el metano.

Evolución en los últimos tiempos y nivel actual

Se estima que la existencia del biogás se empieza a conocer allá por 1600 aproximadamente, cuando varios científicos empezaron a hacer referencia a este gas. A nivel mundial, existen algunos países que han desarrollado la práctica de reciclaje del biogás como fuente energética.

El país que más usó el biogás en pequeña escala fue China. Se estima que existen más de siete millones de biodigestores rurales, y el principal uso de este gas es para cubrir necesidades de cocción e iluminación y la materia descompuesta es utilizada como fertilizante en los cultivos y para recuperación de los suelos.

Otro país con bastante desarrollo en esta materia es India. En cuanto a las primeras grandes construcciones de captura de biogás, se puede citar que, en 1890, se construyó el primer biodigestor en la India. Además, se experimenta, desde 1939, con diversos sistemas para aplicar en climas fríos o cálidos.

En Europa se difunde el uso del biogás tras la Segunda Guerra Mundial, en las llamadas fábricas productoras de biogás, cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles. Se utilizaba principalmente a nivel rural con la difusión de los biodigestores.

A raíz de esto, se empezó a dar mayores usos a este gas, como, por ejemplo, para el funcionamiento mismo de estas plantas, en vehículos e inclusive en la red de gas comunal. En 1896, en Inglaterra, se utilizó el biogás recolectado de digestores instalados en las cloacas de la ciudad, para alimentar las lámparas del alumbrado público.

En Latinoamérica, el desarrollo de estas tecnologías ha sido de relevante importancia. En Argentina se desarrolló una tecnología propia para el tratamiento de la vinaza, residuo procedente de la elaboración de la caña de azúcar. Por otro lado, en el Brasil y en Colombia se utilizan sistemas europeos bajo licencia. Se estima que en la actualidad **existen 30 millones de biodigestores funcionando en todo el mundo**.

La crisis energética de los años setenta y la problemática generada por el calentamiento global facilitaron que el biogás sea uno de los gases que, liberados a la atmósfera, contribuya significativamente con el fenómeno del cambio climático. Así, se retoma la investigación y promoción del uso del biogás, donde se incluyen los países latinoamericanos.[30]

Descripción de las diferentes tecnologías

En la actualidad, las plantas de tratamiento de desechos industriales adquieren gran importancia. Estos equipos están conectados a equipos de cogeneración de otros subproductos que brindan, por lo general, ca-

lor, electricidad, o materiales con alto nivel proteico, utilizados como fertilizantes o como alimentos para animales.

Los continuos descubrimientos y las reducciones de costos, así como el mejoramiento de la confiabilidad de estas tecnologías, permiten suponer que se incentivará aún más la investigación para el mejoramiento y desarrollo de las mismas. Existen varios tipos de tecnologías para la generación o captura del biogás.

Los **biodigestores pequeños** son los usados inicialmente en China y en India por los pequeños agricultores. Son las típicas fosas donde se colocaban los residuos para descomposición, obteniendo, como producto principal, fertilizante para el suelo y alimento para animales, deshaciéndose de los residuos y manteniendo la sanidad en el lugar. El costo y el mantenimiento de esta tecnología son bajos.

Biodigestores de pequeña escala.

Como se puede observar en la figura, la carga de materia orgánica es introducida a través de la cámara de carga, una vez establecida la materia orgánica en el recinto, esta se cierra, dando lugar a la descomposición de la materia orgánica. El biogás generado se eleva, saliendo el mismo por un ducto de salida, el cual contiene una válvula para su regulación. El material descompuesto o fertilizante es extraído a través de la cámara de descarga. Debido al paso de la agricultura y la ganadería de pequeña escala a gran escala, estos biodigestores no han sido demasiado difundidos en otros países.

Los **biodigestores de mayor tamaño y complejidad tecnológica**, mediante la expansión de la agricultura y de la ganadería a gran escala y la excesiva cantidad de residuos generados en este sector, se han convertido en un problema grave para los productores. Por este motivo, se empiezan a desarrollar tecnologías de mayor complejidad que busquen minimizar los residuos y reutilizarlos para otros fines.

Con esto, surgen biodigestores de mayor tamaño y complejidad tecnológica, con mayores costos de fabricación y mantenimiento, que son utilizados para la producción de biogás y posterior uso energético (calor o electricidad), así como para la fabricación de fertilizantes o alimentos de animales y para reducir el impacto ambiental.

En Europa se encuentra la mayor cantidad de estos biodigestores; en el resto del mundo, aún no se ha logrado instalar esta tecnología, sólo existen algunos emprendimientos y unidades demostrativas.

Biodigestor de mayor tamaño.

Además, existen diversos sistemas para tratamiento de residuos sólidos en vertederos y efluentes cloacales.

Biodigestores en el Paraguay

El Paraguay es un país poco desarrollado en este tipo de tecnologías, debido a que la energía eléctrica es abundante. Sin embargo no pasa lo mismo con el gas, que es importado. Es preciso destacar que en el país, se está investigando el uso de esas tecnologías aquí, pues la base de la economía nacional es eminentemente agropecuaria, por ende, se dispone de gran cantidad de residuos provenientes del sector agrícola y ganadero. Asimismo se ha iniciado el uso de esas tecnologías en las ciudades del interior de la República.

A continuación se citan los casos más destacados en el país:

La empresa Bertin S.A. ha instalado en su fábrica un gran biodigestor, el cual convierte los residuos animales en biogás. La cantidad producida es de 640 m³/día. El metano generado es utilizado en motores de explosión y acoplado a un generador eléctrico que puede abastecer a varias industrias. Gran parte de la materia orgánica descompuesta es vendida como fertilizante de alta calidad. La Itaipú Binacional proveerá de un generador de 30 HP a esta fábrica para producir energía eléctrica. Se estima que la producción de energía será de 900 KWh/día.

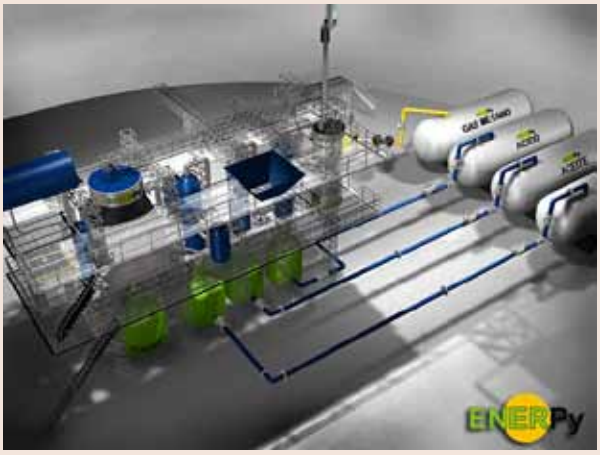
La Granja San Bernardo, ubicada en el departamento de Alto Paraná, es otro ejemplo de productores que han implementado esta tecnología en el Paraguay. La producción de biogás de dicha granja es hoy de 1000 m³ de gas por día, el cual sirve para hacer funcionar un generador de 250 KW durante 14 horas diarias. Lo generado en la granja sirve para proveer de energía eléctrica a toda la fábrica, y el excedente es enviado a la red de distribución mediante un equipo de generación de energía eléctrica cedido por la ANDE.[31]

La empresa ENERPY opera una fábrica piloto en el predio del Centro Agrovial de la Gobernación de Misiones, en la Compañía de San Blas. Según el convenio de cooperación con la Gobernación, ENERPY ha montado una planta procesadora de residuos domiciliarios (basura) denominada Reactor de materia orgánica (RMO) que produce gas metano, carbón vegetal, asfalto líquido (para materiales de construcción en sustitución o mezclado con el asfalto derivado del petróleo, que hoy se importa en un 100%) y otros aceites con destino a la industria química orgánica. Actualmente se implementa un plan piloto en Hernandarias, solicitado por la municipalidad de este distrito.

La tecnología aplicada, RMO, trata los residuos de todos los tipos. El proceso de esta tecnología consiste, básicamente, en romper las estructuras moleculares en otras más simples para luego volver a reestructurarlas en derivados de hidrocarburos. Como producto final de este proceso, se obtiene gas metano, carbón vegetal, asfalto líquido y dos tipos de hidrocarburos líquidos utilizados en la industria química orgánica.

La empresa El Farol se encarga del manejo integral de los residuos sólidos urbanos para el vertedero capitalino Cateura. Recientemente, ha rubricado un acuerdo internacional con la firma francesa Bionersis para la producción de biogás.

Granja San Bernardino.



Diseño del Reactor de Materia Orgánica.[32]

Por otro lado, “Biogás para todos” es parte de un proyecto enfocado en la sustentabilidad de pequeñas granjas. Es la iniciativa de un grupo de voluntarios que ofrecen asesoramiento y asistencia técnica para la producción de biogás mediante la instalación de biodigestores.

Perspectivas

En la actualidad, el Paraguay es un país con bajo desarrollo en esta fuente de energía, lo cual se debe, principalmente, al exceso de energía proveniente de las hidroeléctricas. Si bien esto justifica que los pobladores no hayan realizado demasiados esfuerzos por explorar el uso de estas tecnologías, quizá se vuelva una necesidad debido a tres factores principales:

a) Existen zonas del país donde no existe provisión de energía.

b) La base de la economía paraguaya es eminentemente agropecuaria, por lo que el país genera gran cantidad de residuos proveniente de este sector.

Biodigestor de la iniciativa "Biogás para todos".

c) Existe una ventaja aparente, aún no explorada en el país, que son los incentivos provenientes del Mecanismo de Desarrollo Limpio, generado a partir de la firma del Protocolo de Kyoto. Los países en vías de desarrollo como el Paraguay pueden reducir sus emisiones mediante la inclusión de estas nuevas tecnologías y vender así sus créditos de carbono a nivel internacional. El principal problema por el cual este mecanismo aún no ha sido explorado es el alto costo, así como la excesiva burocracia para concretar estos proyectos, es decir, se requiere de equipos complejos y de grandes sumas de dinero para llevarlos adelante. Surge entonces, como nuevo plan, el Mecanismo de Desarrollo Limpio Programático, que consiste en agrupar más de un proyecto en un mismo tipo y generar una sola validación, e inclusive ir integrando nuevos proyectos en el futuro.

Es necesario destacar que si bien el país aún no se encuentra desarrollado en este tipo de tecnologías, por primera vez en la historia existe un gran impulso por parte de entidades del Estado* que están apoyando los diversos emprendimientos mencionados anteriormente.

Más informaciones:

http://www.aebig.org/
http://www.proteger.org.ar/tecnologia
http://www.gate-international.org/energy.htm
http://www.borda-net.org/index.php?id=140 (ing.)

* Principalmente la ANDE y la Itaipú Binacional

Hidroenergía

Pedro Domaniczky, APER; Christian Belt, GIZ; Doris Becker, GIZ

El 71% de la superficie terrestre está cubierta de agua. Durante el ciclo hidrológico natural, una parte de la energía solar permanece almacenada en los ríos y lagos. Las centrales hidroeléctricas transforman esa energía en electricidad, aprovechando la diferencia de nivel existente entre dos puntos. La energía se transforma primero en energía mecánica en la turbina hidráulica, luego ésta activa el generador que transforma, en una segunda etapa, la energía mecánica en energía eléctrica, conocida técnicamente como hidroenergía.

La hidroenergía es la fuerza del agua en movimiento, que puede ser utilizada en diversas formas, desde las convencionales hasta las nuevas tecnologías emergentes de los océanos, olas, mareas y la energía hidrocinética. La hidroenergía es una fuente interna de energía eléctrica limpia, renovable, fiable y accesible. Es más que sólo electricidad, ya que la hidroenergía ofrece, además, mejoras de recreación, control de inundaciones y riego.

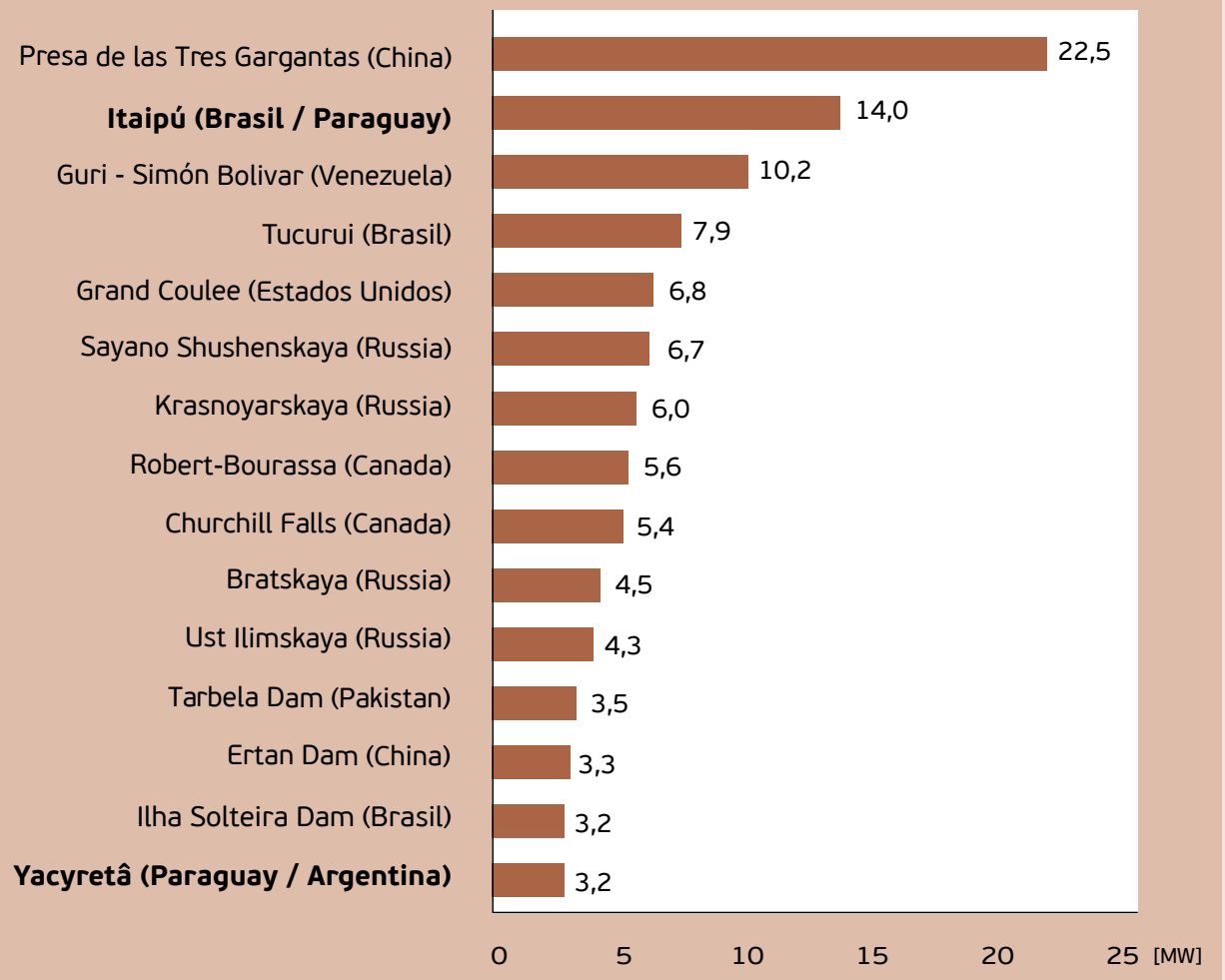
Es una fuente de energía muy importante que posee oportunidades de crecimiento significativas para que los países puedan cumplir con el suministro de energía, utilizando una fuente de energía autóctona, fiable y de baja emisión. De todos modos, la hidroenergía, especialmente a gran escala, puede causar daños al medio ambiente (p. ej. inundaciones) y traer consecuencias sociales considerables (p. ej. reubicación de la población).

Potencial mundial

La energía hidroeléctrica constituye una de las energías renovables más desarrolladas, y posee la ventaja de ser autóctona, limpia e inagotable. La producción anual media de energía hidroeléctrica, a nivel mundial, es de 2600 TWh, lo que **representa casi el 20% del total de la energía eléctrica producida**. La potencia hidroeléctrica instalada en todo el mundo asciende, aproximadamente, a 700 GW.

En América Latina, la energía hidroeléctrica representa el 70% de la energía total generada. Se estima que la misma se triplicará para el 2050, pero, a partir del 2050, debido a un cambio sustancial hacia la generación de electricidad térmica, se reducirá al 30% de la electricidad total generada. En los países desarrollados, el potencial de energía hidroeléctrica ha sido explotado casi totalmente, mientras que América Latina todavía tiene un enorme potencial, y el Paraguay habría aprovechado el 71 % de su potencial hidroeléctrico estimado.

Olas, un ejemplo natural de hidroenergía.



Lista de las centrales hidroeléctricas más grandes con su potencial [MW].[33]

Historia

De acuerdo con la información de la Comisión Mundial de Represas (CMR), desde hace miles de años, se construyen represas a fin de controlar las inundaciones, aprovechar el agua como energía hidráulica o suministrar agua para usos domésticos, industriales y de riego.

La primera evidencia de ingeniería en ríos son las ruinas de canales de irrigación en Mesopotamia, y otras construcciones de represas en Jordania, Egipto y el Medio Oriente, que datan de 3000 años a.C.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textiles y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Para esta época ya se encontraban, por lo menos, medio millón de ruedas en Europa, en minas e industrias.

En este contexto, la primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña, en la que el principal impulso de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico y el perfeccionamiento de la turbina hidráulica, todo esto asociado a la gran demanda de electricidad a principios del siglo XX. La primera planta de gran potencia fue construida en 1896 en las Cataratas del Niágara en los Estados Unidos.

El siglo XX fue testigo de un amplio crecimiento en la construcción de grandes represas. Como consecuencia del crecimiento económico, seguido de la Segunda Guerra Mundial, 5000 represas habían sido construidas en el mundo (tres cuartos en los países industrializados). Hacia 1950, los gobiernos y el sector privado construyeron un número creciente de represas, mientras aumentaba la población y la actividad económica. Por lo menos 45.000 represas han sido construidas para satisfacer demandas de agua o energía. Casi la mitad de los ríos del mundo tiene, al menos, una gran represa.[35]

En este contexto, el Paraguay marca un hito histórico en lo referente a hidrogeneración, con la mayor central hidroeléctrica del siglo XX: la Itaipú Binacional, que fue construida entre el Paraguay y el Brasil, sobre el río Paraná. También el acuerdo paraguayo-argentino sobre la construcción de la central hidroeléctrica con uno de los embalses más largos del mundo: Yacyretâ.

Rueda hidráulica, durante siglos el principal generador de energía.[34]

El alto grado de rendimiento que se obtiene en la transformación de la energía en electricidad, contenida en los ríos y cauces de agua, es muy alto, entre el 75 y el 92 %. Por eso, la energía hidráulica como fuente de energía se utiliza casi con exclusividad en la producción de electricidad.

A gran escala, esta fuente de energía tiene un campo de expansión limitado, ya que en los países más desarrollados la mayoría de los ríos importantes cuentan con una o varias centrales, y en los países en vías de desarrollo los grandes proyectos pueden chocar con obstáculos de carácter financiero, ambiental y social. Hoy, la principal limitante apunta hacia los componentes ambiental y social.

A menor escala, sin embargo, la generación de electricidad con centrales hidroeléctricas de pequeño porte o las definidas como en cascadas (conjunto de pequeñas centrales seguidas en forma simultánea) ofrece posibilidades de crecimiento, gracias a la diversidad de caudales que aún son susceptibles de ser aprovechados con las nuevas tecnologías, que implican no solo el equipamiento de generación directa o mecánica, sino también el equipamiento electrónico que, aplicando tecnologías computacionales, ayuda a maximizar los factores de producción y generación.

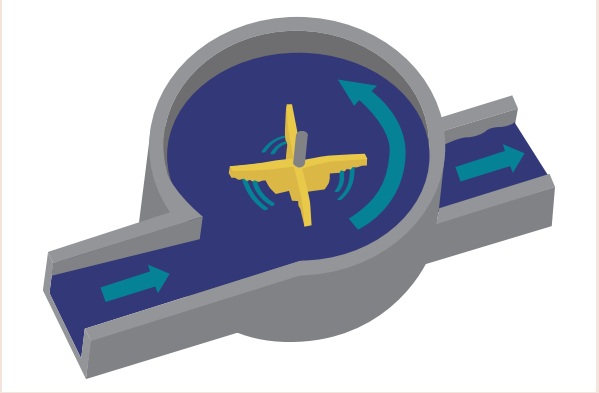
En cuanto a energías renovables, la proyección de crecimiento es moderada. Este crecimiento está anclado en la hidroelectricidad, y, principalmente, en la terminación de grandes centrales en la China y la India. De los países industrializados, sólo Canadá tiene planes de desarrollar nuevas hidroeléctricas. La hidroenergía asciende a un 6,6% del total de la energía consumida en el mundo en el 2009 y más del 20% del consumo de electricidad.

La energía solar y la energía eólica tienen una cualidad: tanto el sol como el viento, más o menos, pueden encontrarse en todos lados y su aplicación es inocua, limpia. La energía hidroeléctrica tiene las mismas propiedades, porque tiene la potencialidad de ser renovable y limpia, pero requiere un análisis significativo y detallado, caso por caso, ya que no todo río es aprovechable, ni todos los ríos están ubicados en unos mismos lugares, y siempre se han de evitar desequilibrios significativos en los ecosistemas.

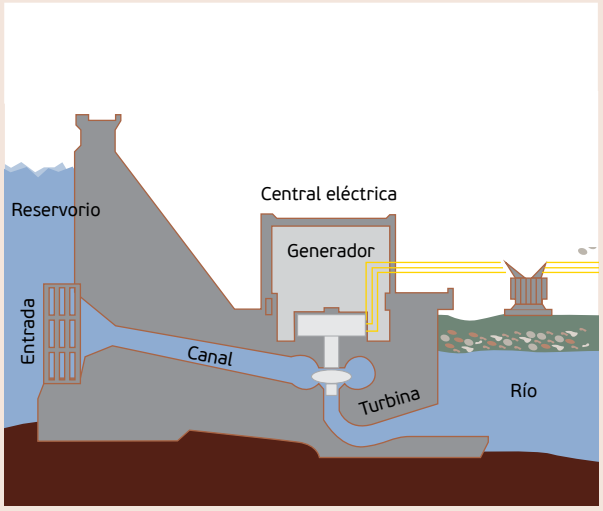
Tecnologías del aprovechamiento

Podríamos decir hoy que existen dos tipos de tecnologías para el aprovechamiento de la energía hidráulica: **centrales hidroeléctricas y centrales hidrocinéticas**.

En las **centrales hidrocinéticas se transforma en electricidad la energía cinética del agua disponible en los ríos u océanos, es decir, de flujo libre**, que se puede instalar sin demasiada obra civil y que son de bajo impacto. Se podría llamar una turbina de viento para agua, pero con gran capacidad de generación.



Funcionamiento de una central hidrocinética.



Generación de hidroelectricidad en la central hidroeléctrica.

Las centrales hidroeléctricas aprovechan el potencial de energía del flujo que es una función del potencial y la cinética, es decir, el salto, la cantidad del agua y su velocidad. En ese contexto, **las centrales hidroeléctricas usan la energía cinética del agua, debido a la caída de agua artificialmente creada** (pared de la presa).

Las centrales hidroeléctricas son definidas en tres diferentes tipos: La **central de pasada** es aquella en que no existe una acumulación apreciable de agua "corriente arriba" de las turbinas. En una central de este tipo, las turbinas deben aceptar el caudal disponible del río con sus variaciones de estación a estación, o si ello es imposible el agua sobrante se pierde por rebosamiento. En ocasiones, un embalse relativamente pequeño bastará para impedir esa pérdida por rebosamiento.

En la misma se aprovecha un estrechamiento del río, y la obra del edificio de la central puede formar parte de la misma presa. El desnivel entre "aguas arriba" y "aguas abajo" es reducido, y si bien se forma un remanso de agua a causa del azud, no es demasiado grande. Este tipo de central requiere un caudal suficientemente constante para asegurar, a lo largo del año, una potencia determinada.

En la **central hidroeléctrica con embalse de reserva** se embalsa un volumen considerable de líquido "aguas arriba" de las turbinas, mediante la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales. El embalse permite graduar la cantidad de agua que pasa por las turbinas. Del volumen embalsado depende la cantidad que puede hacerse pasar por las turbinas.

Con el embalse de reserva puede producirse energía eléctrica durante todo el año, aunque el río se seque por completo durante algunos meses, hecho que sería imposible en un proyecto de pasada.

Las centrales con almacenamiento de reserva exigen, por lo general, una inversión de capital mayor que las de pasada, pero, en la mayoría de los casos, permiten usar toda la energía posible y producir electricidad más barata.

Pueden existir dos variantes de las **centrales con almacenamiento de reserva**:

a) La casa de máquina al pie de la presa. En estos tipos de central, el desnivel obtenido es de carácter mediano.

b) Aprovechamiento por derivación del agua. En el lugar apropiado por la topografía del terreno, se ubica la obra de toma de agua, y el líquido se lleva por medio de canales, o tuberías de presión, hasta las proximidades de la casa de máquinas. Allí se instala la chimenea de equilibrio, a partir de la cual

Central de pasadas en Suiza.

Embalse de Itaipú (el círculo resalta la represa), imagen satelital.[36]

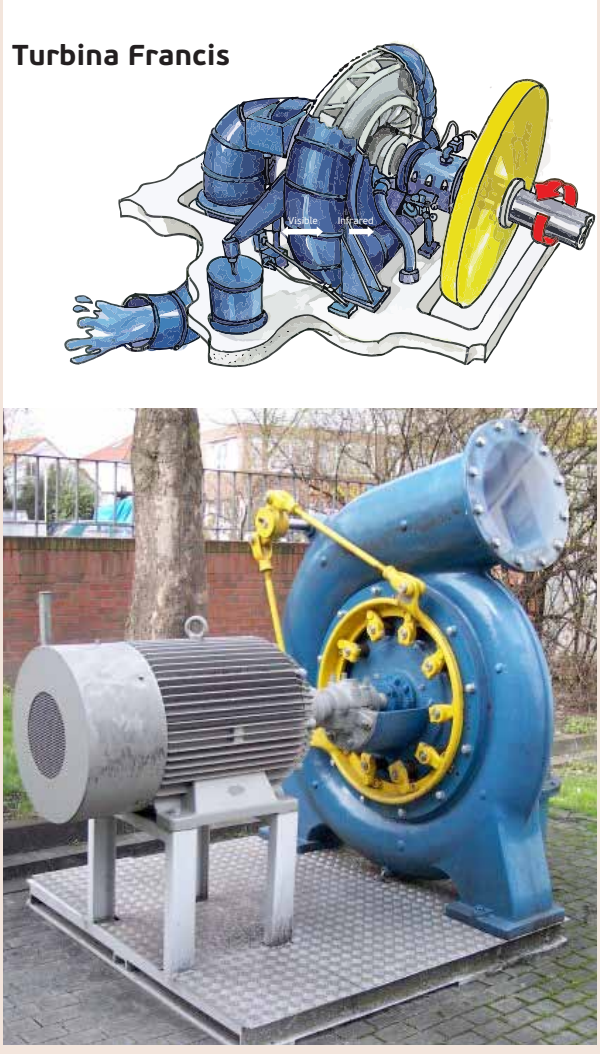
la conducción tiene un declive más pronunciado, para ingresar, finalmente, a la casa de máquinas. La chimenea de equilibrio es un simple conducto vertical que asegura, al cerrar las válvulas de la central, que la energía cinética que tiene el agua en la conducción, se libere en ese elemento como un aumento de nivel y se transforme en energía potencial. Los desniveles en este tipo de central suelen ser mayores comparados con los que se encuentran en los tipos anteriores. Un ejemplo de este tipo es la central hidroeléctrica de Acaray.

Las **centrales de bombeo** son un tipo especial de centrales hidroeléctricas, que posibilitan un empleo más racional de los recursos hidráulicos de un país. Disponen de dos embalses situados a diferente nivel. Cuando la demanda de energía eléctrica alcanza su máximo nivel a lo largo del día, las centrales de bombeo funcionan como una central convencional generando energía. Al caer el agua, almacenada en el embalse superior, hace girar el rotor de la turbina asociada a un alternador. Después, el agua queda almacenada en el embalse inferior. Durante las horas del día en las que la demanda de energía es menor, el agua es bombeada al embalse superior para que pueda hacer el ciclo productivo nuevamente. Para ello, la central dispone de grupos de motores-bomba o, alternativamente sus turbinas son reversibles, de manera que puedan funcionar como bombas y los alternadores como motores.

También se pueden clasificar según los tipos de turbinas: En las **turbinas de acción**, la transformación de la energía cinética del agua en energía mecánica se produce por impacto de un chorro de agua sobre los álabes de la turbina. La turbina de acción más conocida se llama **turbina Pelton**. Se utiliza, generalmente, en plantas hidroeléctricas con caídas muy altas (hasta 2000 m), con cantidades pequeñas de agua, en especial en las centrales de almacenamiento en las altas montañas.

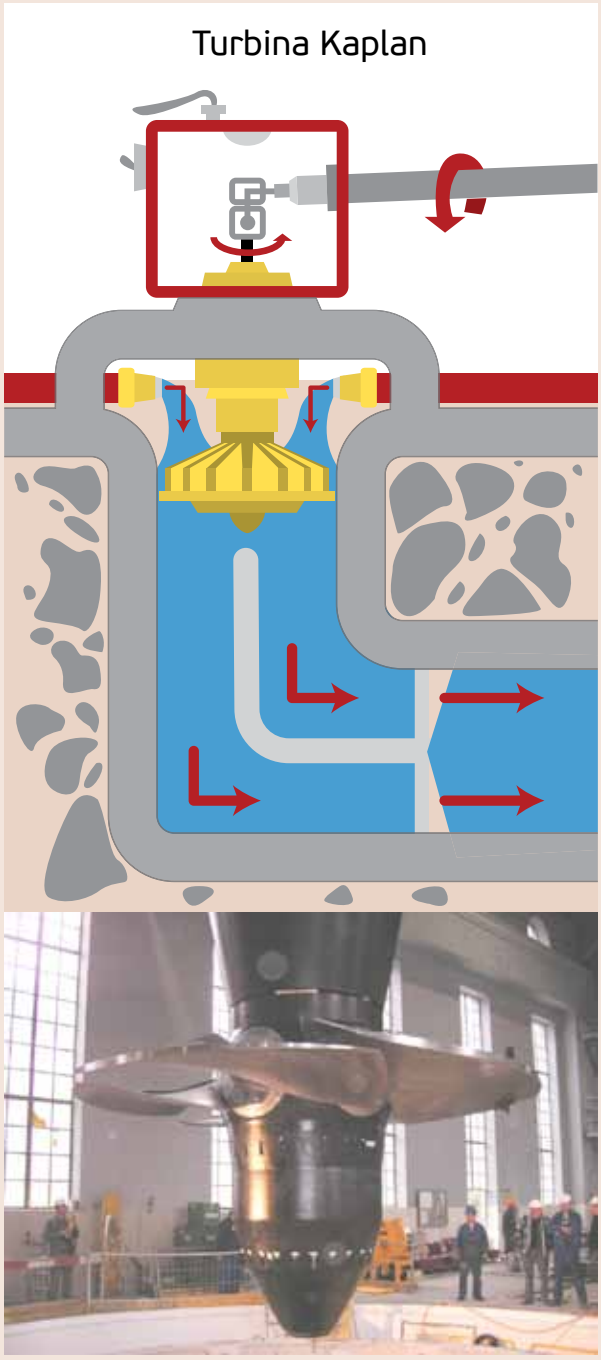
Turbina tipo Pelton.[37]

El otro grupo son las **turbinas de reacción**. La transformación de la energía hidráulica del agua se produce en parte por presión y por otra parte gracias a la velocidad del agua. Los tipos más conocidos son la **turbina Francis** y la **turbina Kaplan**. La primera se utiliza para las alturas de caída media y flujos medio del agua. En la Central Hidroeléctrica Itaipú se usan 20 diferentes turbinas del tipo Francis.



Turbina tipo Francis con generador de electricidad y funcionamiento de la turbina.[38,39]

La turbina Kaplan es ideal para grandes centrales eléctricas en un río con caudal ancho. Este tipo se implementa en la represa Yacyretâ.



Turbina tipo Kaplan y funcionamiento de la turbina.[39]

Las centrales de mini y microgeneración

Las pequeñas centrales hidroeléctricas son centrales de generación hidroeléctrica con baja potencia. Comúnmente, se construyen en zonas aisladas. Este tipo de central tiene la desventaja de proporcionar una corriente eléctrica variable, porque depende de los cambios climáticos y meteorológicos que pueden hacer variar el flujo de agua, y, en consecuencia, la cantidad de agua disponible.

Las minicentrales hidroeléctricas tienen aplicaciones muy diferentes según las necesidades energéticas que existan en la zona donde se instalan, aunque se emplean en la generación de electricidad con la finalidad de venderla a la red general.

Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar, según la potencia instalada, en las siguientes:

POTENCIA kW (kilovatios)	TIPO
0 – 50	Microcentral
50 – 500	Minicentral
500 – 5000	Pequeña central

Microturbina hidráulica construida en Misiones, Argentina.

Aprovechamiento en el Paraguay

La mayor parte del consumo de electricidad en el Paraguay es de origen hidráulico, energía recibida de las dos grandes hidroeléctricas binacionales Itaipú y Yacyretâ.

Respecto de los aprovechamientos en pequeña escala, no existen, en la práctica, instalaciones de aprovechamiento de energía hidráulica, a pesar de tener importante potencial en los afluentes de los ríos Paraná y Paraguay. Los estudios cuantitativos sobre el potencial

Desventajas de las grandes hidroeléctricas

La producción de electricidad a través de centrales hidroeléctricas también puede conllevar impactos negativos. Aunque el uso de la energía hidráulica para generar energía es reconocido como limpio, están asociados con ella algunos impactos negativos del ámbito social, cultural y del medio ambiente. Por esta razón, se refiere a la energía producida a partir de grandes hidroeléctricas como renovable, pero no sostenible.

Los impactos negativos surgen, sobre todo, porque las centrales hidroeléctricas requieren de inundación de grandes superficies tanto como otras obras que generen cambios hidrográficos considerables, y ésto a su vez implica cambios de los ecosistemas. Al mismo tiempo, la inundación torna necesaria la reubicación de comunidades que viven en estas zonas.

Otra consecuencia es que las aguas bajo del embalse se contaminan por los vertimientos causando impactos adicionales en los ecosistemas y a las comunidades aledañas. Los grandes embalses también emiten importantes cantidades de gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático.

En el caso de Itaipú y Yacyretâ, grandes áreas de selva tropical fueron taladas y grandes áreas desaparecieron a raíz de las inundaciones. En total más de 80.000 personas fueron reubicadas y muchas cuencas hídricas cambiaron. La represa de Itaipú, por ejemplo, produjo un gran cambio en los Saltos de Guairá que, antes de su construcción, tenían la misma cantidad de agua que las Cataratas de Iguazú.

Como compensación por el uso de agua, Itaipú y Yacyretâ pagan royalties al Estado paraguayo. Además, Itaipú desarrolló un programa de responsabilidad social empresarial para contrarrestar los impactos negativos en las hidrocuencas en su área de influencia.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, toda propuesta para la construcción de grandes centrales hidroeléctricas debe ser sometida a un estudio de sus impactos sociales, ambientales y culturales, y la población afectada debe ser consultada al respecto.

Una alternativa a las plantas hidroeléctricas grandes es la construcción de pequeñas plantas hidroeléctricas, cuyos efectos sobre el medio ambiente no son tan graves.

Los para siempre inundados Saltos de Guairá.

hidráulico de los pequeños ríos no fueron realizados con precisión y no están disponibles hasta el momento, por lo cual es fundamental establecer una sistematización de la información, a fin de contar con datos fidedignos.

Se está trabajando en un conjunto de iniciativas público-privadas, con algunos resultados parciales. En este sentido, existen iniciativas por parte del **Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)**, que busca sistematizar y disponer el uso de esta información.

La represa hidroeléctrica de **Itaipú** pertenece al Paraguay y al Brasil, en la frontera de ambos países sobre el río Paraná. Es la central hidroeléctrica más grande del mundo en producción de electricidad anual, y la segunda más grande del mundo en potencia instalada, siendo superada por la Presa de Tres Gargantas en la China. El área que ocupa el proyecto se extiende desde la ciudad de Guaíra (Brasil) y Salto del Guairá (Paraguay), al norte, hasta la desembocadura del río Yguazú en el Brasil, y la desembocadura del Monday en el Paraguay, al Sur.

Represa Itaipú – 20 turbinas generadoras de 700 MW.

El lago artificial de la represa contiene 29 km³ de agua, con unos 170 km de extensión en línea recta, y un área aproximada de 1340 km². La potencia de generación electrohidráulica instalada es de 14.000 MW, con 20 turbinas generadoras de 700 MW, que corresponde al potencial de doce estaciones de energía nuclear. En el 2008, volvió a superar el récord mundial de producción hidroeléctrica con 94.685 GWh, generando el 91% de la energía eléctrica consumida en el Paraguay y el 22% de la consumida por el Brasil.

La represa hidroeléctrica de **Yacyretâ** es producto de un acuerdo entre el Paraguay y la Argentina, construida sobre los saltos de Yacyretâ-Apipé en el río Paraná, entre las provincias argentinas de Corrientes y Misiones. El equipo de la central tiene una potencia instalada total de 3200 MW. El lago artificial de la represa contiene 21 km³ de agua, con un área aproximada de 1.600 km², que aproximadamente corresponde a la superficie de la represa de Itaipú. Durante el 2010 se registró la mayor cantidad de energía eléctrica anual con sus 20 turbogeneradores en funcionamiento, y una producción de 19657 GWh. La energía se distribuyó así: 88% al sistema eléctrico argentino y 12% al sistema paraguayo.

Represa Acaray, propiedad de la ANDE.

La tercera central hidroeléctrica que existe en el Paraguay es la represa **Acaray** que es propiedad exclusiva de la ANDE, la única represa que es sólo paraguaya. La planta hidroeléctrica de Acaray, con 210 MW de capacidad, está situada en el este del Paraguay, a solo 5 km de la represa Itaipú. Utiliza la capacidad de agua de alimentación del río Acaray, afluente del Paraná. La electricidad es generada por cuatro turbinas que lanzan 56.000 litros de agua por segundo. Para un futuro inmediato, está previsto vender la electricidad producida por Acaray al Uruguay.

Represa Yacyretâ - una entidad binacional entre el Paraguay y la Argentina.

Perspectivas

En cuanto al potencial estimativo de los principales cursos hídricos del Paraguay, el **río Paraná**, en un tramo de 200 km comprendido entre los Saltos del Guairá y la boca del río Yguazú, tiene un potencial de más de 12.000 MW, que está en vías de ser totalmente aprovechado por los países ribereños.

En el tramo de aquel último punto hasta su confluencia con el **río Paraguay**, de 600 km de extensión, se estima un potencial de aproximadamente 7500 MW. A mediano plazo se prevé el aprovechamiento parcial del mismo. Con la mitad de la energía proveniente del tramo compartido con el Brasil y la Argentina, el Paraguay estará entre los países con más alto índice de KW disponible por habitante en el mundo, sin que pueda llegar a aprovechar internamente más que un mínimo de esa energía en los próximos veinte años.

Los **afluentes del río Paraná** son aprovechables, entre los de mayor potencial hidráulico están el Monday, Capiibary, Ñacunday y Charapa, o fueron aprovechados, como el Acaray e Yguazú. Su potencial total se estima en 1500 MW.

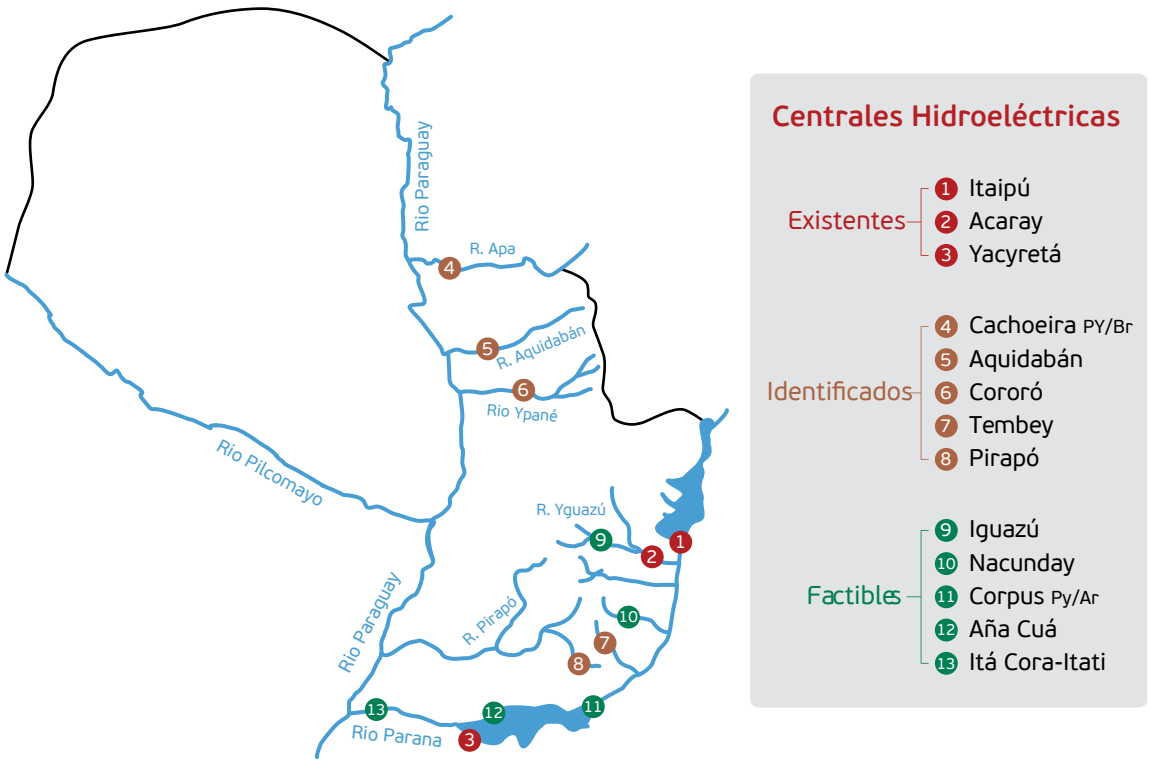
Los **afluentes del río Paraguay** que bañan la región Oriental también pueden ser aprovechados para generar energía, entre los más importantes están el Ypané y el Aquidabán. Su mayor utilidad sería, junto con el represamiento del Río Paraguay, el de control de inundaciones y para regadíos.

Del potencial hidroeléctrico total en América Latina, que es de cas 120.000 MW, el Paraguay cuenta con 8% aproximadamente. La ubicación y características de los ríos son tales que ese potencial puede ser aprovechado en su totalidad. Con la ayuda de nuevas represas, el Paraguay puede producir más de diez veces la demanda de su mercado interno, lo que convierte al país en el principal exportador de electricidad de América Latina.

La distribución de dicho potencial se anota en el cuadro siguiente, cuya revisión sería interesante, puesto que podrían visualizarse potenciales mayores considerando las nuevas tecnologías y la gran cantidad de afluentes de los ríos Paraná y Paraguay.

Represa Yguazú - Actualmente está en ejecución un proyecto de maquinización de la represa.

Emprendimientos y proyectos	Potencia [MW]	Río	Estado actual
Acaray I II	210	Acaray	Construido
Itaipú Binacional	7.000	Paraná	Construido
Entidad Binacional Yacyretâ	1.600	Paraná	Construido
Brazo Aña cua	260	Paraná	Proyecto factible
Acaray III	170	Acaray	Proyecto factible
Yguazú	200	Iguazú	Proyecto factible
Corpus Christi Binacional (Paraguay / Argentina)	1.440	Paraná	Proyecto factible
Itatî - Itacora Binacional (Paraguay / Argentina)	800	Paraná	Proyecto factible
Ñacunday / Itaipyte	90	Ñacunday	Proyecto factible
Añacua	125	Paraná	Proyecto factible
Aquidabán	50	Aquidabán	Proyecto identificado
Cororô	40	Ypané	Proyecto identificado
Río Paraguay	100	Paraguay	Proyecto identificado
Tembey	120	Tembey	Proyecto identificado
Pirapó	40	Pirapó	Proyecto identificado
Carchoeira Binacional (Paraguay / Brasil)	20	Apa	Proyecto identificado
TOTAL	**12.265**		



Potenciales hidroenergéticos del Paraguay (estimado) y su ubicación.

Las minihidroeléctricas tienen un impacto ambiental mínimo y son de gran factibilidad en el Paraguay. El sector privado está trabajando en la línea de aprovechamiento de pequeñas centrales que llegan hasta potencias superiores a las indicadas en la tabla; y según un levantamiento de datos se identifica un potencial inicial de 1000 MW.

Para el aprovechamiento de minihidroeléctricas, el sector privado, a través de la Unión Industrial Paraguaya, está estudiando el campo de las energías renovables con participación privada. Se están analizando una serie de propuestas al sector gubernamental, en este momento ya se cuenta con el mercado para esta energía y tiene posibilidades de financiación externa. La implementación de las propuestas podría significar más de 1500 millones de dólares norteamericanos en inversión de infraestructura para pequeñas centrales hidroeléctricas, pero la mayor dificultad radica en el marco legal vigente en el Paraguay, el cual debería ser ajustado para aprovechar las oportunidades que impulsarían el uso de este tipo de energía.

Más informaciones:

http://www.hidroinformatica.org/
http://www.hydropower.org (ing.)
http://www.itaipu.gov.py/es
http://www.eby.gov.py/

Capítulo 5

Energía solar

Jean Claude Pulfer, APER

Características de la radiación solar

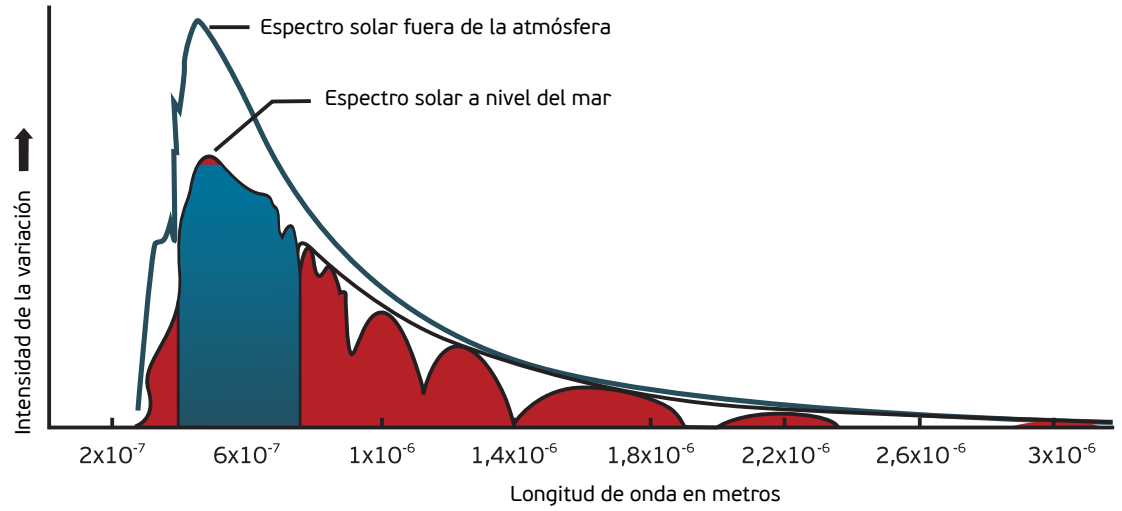
La energía solar es la energía que se obtiene de la radiación emitida por el sol y que es interceptada por dispositivos técnicos diseñados de acuerdo con el uso que se quiere dar a esa fuente de energía. El sol, que es el centro de nuestro sistema solar, emite al espacio, en forma permanente, enormes cantidades de energía en forma de radiación electromagnética (potencia: 3,8 x 10^{26} kW) como resultado del proceso de fusión nuclear en su interior, que convierte hidrógeno, el principal componente del sol, en helio. Eso equivale a aproximadamente un cuatrillón de veces más del potencial instalado de electricidad en toda la América de Sur.

Sin embargo, sólo una pequeñísima fracción de esa energía es interceptada por la tierra (1,73 x 10^{14} kW), constituyendo la fuente de la vida en nuestro planeta y el motor de los procesos climáticos que se producen en la atmósfera. **La cantidad anual de radiación solar que recibe la superficie terrestre es 5000 veces mayor que el consumo mundial de energía primaria** en un año, que actualmente ronda los 150.000 TWh.

La radiación solar es constituida por ondas electromagnéticas de distintos tipos, que en su conjunto forman el espectro solar. Fuera de la atmósfera, el 47,3% del espectro se encuentra en el rango de la luz visible, el 7% en el rango ultravioleta y el 45,7% en el rango infrarrojo. La curva de distribución del espectro corresponde, básicamente, a la emisión de un cuerpo negro a una temperatura de 5500° C. Al pasar la atmósfera, el espectro sufre alteraciones debido a la absorción de la radiación por los gases que la componen, incluyendo el vapor de agua. La radiación ultravioleta, por ejemplo, que es la más peligrosa para la vida en la tierra, es filtrada, en gran parte, por el ozono que se encuentra concentrado en la estratosfera, a una altura entre 15 km y 40 km.

Para el diseño de cualquier sistema que aprovecha la radiación solar, es importante conocer la cantidad de energía disponible, diariamente, en el punto de la tierra donde se instalará. Existen diferencias importantes de la radiación solar de un lugar a otro en función de la latitud geográfica. Pero también en el tiempo, tanto por el ciclo diario (día-noche) como por el cambio de las estaciones del año, que se manifiestan entre otros en diferencias de las horas sol diarias.

Otro factor de variabilidad de la radiación es la presencia o ausencia de nubes, que dependen principalmente del clima. De los factores hasta ahora mencionados las nubes son el único factor no previsible con exactitud, lo que dificulta la evaluación de la radiación solar para un determinado lugar en la tierra. Para realizar las previsiones necesarias, se debe, entonces, recurrir a estadísticas basadas en mediciones sobre un largo periodo de tiempo. Para tal efecto, existen distintos tipos de aparatos. El más utilizado es el piranómetro, que, según su configuración, mide la radiación global, la directa o la difusa, sobre una superficie horizontal.



Debido a la escasa presencia de nubes, las zonas del mundo de mayor radiación solar son los desiertos que se encuentran en los trópicos (norte de México/ sur de EE.UU., Sahara, Península Árabe, Altiplano andino, Sur de África y noroeste de Australia). En esas zonas, la radiación global anual horizontal es de 2200 kWh/m^2 o más. Las zonas del mundo de menor radiación solar son el norte de Europa, Rusia y Canadá, donde la radiación solar global anual horizontal es menor a 1000 kWh/m^2.

Con un valor medio de 1725 kWh/m^2, el Paraguay no se encuentra entre los países más favorecidos, pero aun así tiene un potencial muy importante para el aprovechamiento de la energía solar. La radiación solar que recibe el territorio paraguayo anualmente es equivalente a 35.000 veces el consumo anual de energía en Paraguay. Sin embargo, no existe todavía un relevamiento sistemático de la radiación solar del Paraguay.

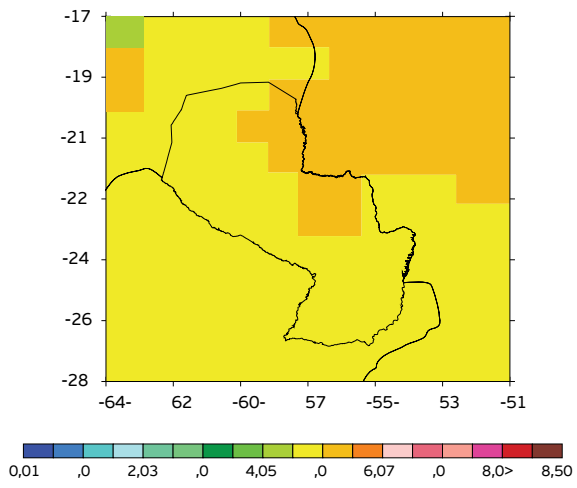
Se cuenta solo con un estudio publicado en 1994 por el INTN titulado “Estimación de la distribución de la radiación solar global en la República del Paraguay”, que utilizó mediciones históricas de la insolación realizadas en 14 estaciones meteorológicas, la mayoría de ellas con series de poca extensión (menos de seis años), lo que no permite obtener resultados muy precisos.

Por otro lado, existen datos relevados por la NASA mediante satélites, durante más de 20 años, con una resolución de 1° de longitud por 1° de latitud. Esto demuestra que las variaciones dentro del territorio paraguayo son relativamente pequeñas. El mínimo se registra en el extremo sur del país con un valor de 1650 kWh/m^2 y el máximo en el noreste del Chaco con 1770 kWh/m^2. Asunción y sus alrededores cuentan con una radiación solar global anual de 1725 kWh/m^2, similar al promedio nacional.

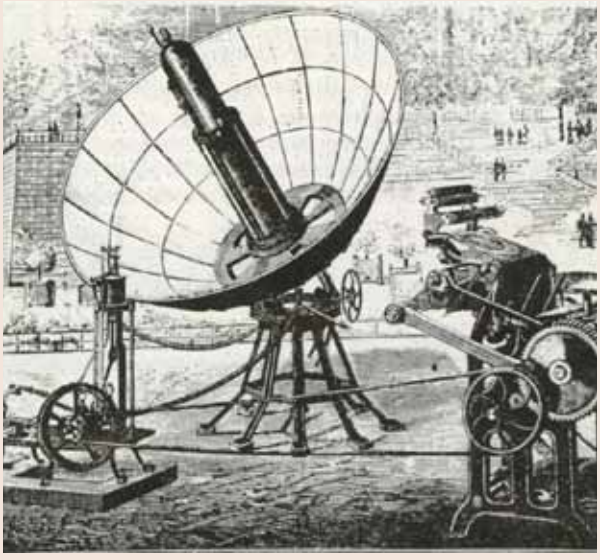
Aprovechamiento de la radiación solar

Este hecho es tan antiguo como la existencia del hombre en la tierra. Antes de poder dominar el fuego, el sol era su única fuente de luz y de calor. Sin embargo, el aprovechamiento técnico fue posible a partir del siglo XVI, y está directamente vinculado con la disponibilidad de vidrio transparente a un precio accesible. Se inició entonces la construcción de invernaderos en el norte de Europa, sobre todo en los palacios reales y jardines botánicos para albergar las plantas tropicales que los exploradores trajeron de países lejanos.

Uno de los primeros científicos que investigó la radiación solar fue el franco-suizo Horace-Bénédict



Mapa de radiación solar, promedio anual en kWh/m^2.[40]



Máquina de vapor presentada en el exposición mundial de París en 1878, precursora de los modernos sistemas de energía solar.[41]

de Saussure. En 1767, construyó un aparato que denominó "helio termómetro", que utilizó para medir la intensidad de la radiación solar relacionándola con la temperatura medida en el interior de su artefacto, que constaba de una pequeña caja de madera de pino forrada por dentro de corcho de color negro y tapada con tres placas de vidrio.

Un siglo más tarde, el matemático francés Augustin Mouchot desarrolló, a pedido del gobierno francés, cocinas solares con reflectores concentradores para las tropas coloniales estacionadas en Argelia. En la exposición universal de París en 1878, presentó una máquina de vapor solar que consistió en un reflector cónico de 20 m^2 de apertura. Sus inventos pasaron luego al olvido, hasta que un siglo más tarde fueron redescubiertos, impulsados, principalmente, por la crisis del petróleo de 1973.

En la actualidad, existe una gran cantidad de diferentes tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar. Se clasifican en dos principales categorías, que son: la **energía solar pasiva y la energía solar activa**. La primera consiste en elementos arquitectónicos que aprovechan el efecto invernadero para la calefacción de una edificación en climas fríos a moderados, razón por la cual no tienen relevancia para nuestro país, a excepción de los invernaderos utilizados en horticultura. La energía solar activa en cambio consiste en aplicaciones de la energía solar que requieren de algún tipo de artefacto técnico para su aprovechamiento.

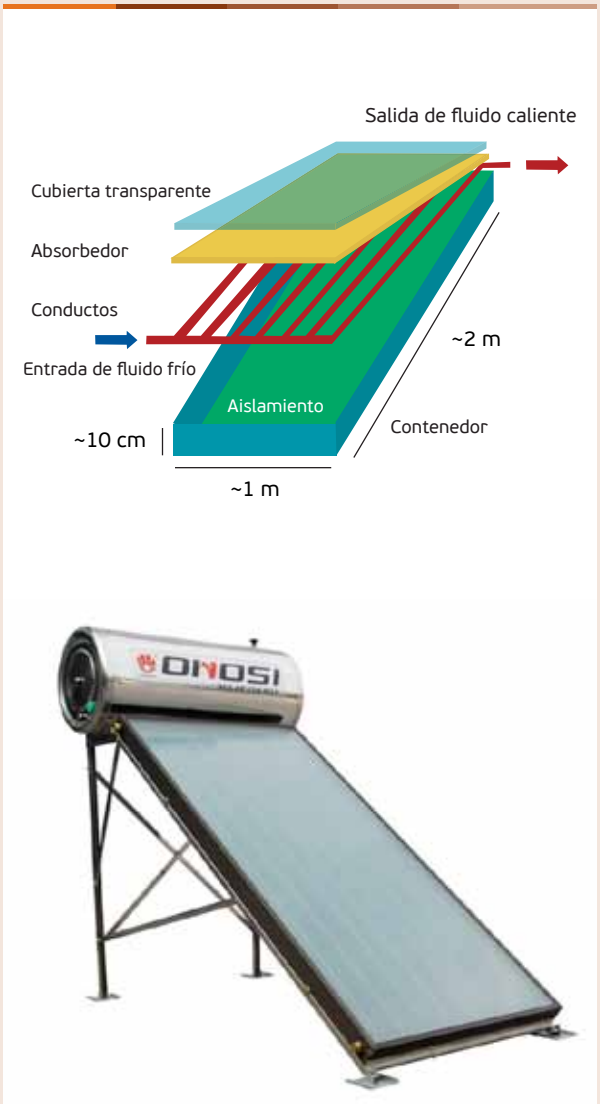
Las tecnologías en la categoría de la energía solar activa se clasifican en dos grandes grupos, la **solar térmica** y la **solar fotovoltaica**. Como dice su nombre, la energía solar térmica es utilizada para la generación de calor, que a su vez puede ser aprovechada en forma directa o transformada en energía mecánica o en frío. La energía solar fotovoltaica, en cambio, sirve para la generación de electricidad mediante elementos compuestos de semiconductores que funcionan sobre la base del efecto fotoeléctrico, es decir, la conversión directa de luz solar en electricidad.

5.1. Energía solar térmica

El elemento central de cualquier sistema que utilice energía solar térmica es un colector o captador solar, el cual es un tipo especial de intercambiador de calor que capta la radiación solar incidente para convertirla en calor. Esa conversión se produce por la absorción de la luz solar sobre una superficie oscura. Genéricamente, un colector solar está constituido por un absorbedor normalmente de color negro, una cubierta transparente y conductos fijados al absorbedor, por los cuales circula el fluido refrigerante, que, según la aplicación, es aire, agua o un aceite térmico.

El absorbedor es la parte más importante del colector solar, ya que es el elemento que genera el calor a partir de la radiación solar interceptada. Este calor es inmediatamente transferido al fluido refrigerante que es transportado luego en un conducto a su destino, a fin de ser acumulado o para realizar el proceso para el cual el sistema ha sido diseñado.

La acumulación del fluido caliente se realiza en caso que se quiera disponer de la energía térmica también fuera de las horas de sol. El principal rol de la cubierta transparente, la cual es normalmente de vidrio, es evitar que el calor emitido por el absorbedor no escape al ambiente, lo que permite alcanzar



Esquema de funcionamiento de un colector solar (arriba) y un colector plano (abajo).

temperaturas más elevadas del fluido refrigerante. El vidrio tiene la propiedad de ser transparente para la luz, pero opaco para la radiación infrarroja (calor). Dicho fenómeno es denominado efecto invernadero.

Los numerosos tipos diferentes de colectores solares se clasifican en **planos, tubulares y puntuales**.

Los colectores planos consisten, generalmente, en contenedores metálicos de poca altura, cubiertos de una (en climas más fríos a veces dos) placa de vidrio y en su interior el absorbedor con los conductos para el líquido refrigerante. Para reducir al máximo las pérdidas de calor por la parte trasera y por los costados se los equipa con aislante térmico en forma de lana de vidrio o espuma de poliuretano. Los colectores planos no disponen de ningún dispositivo concentrador de la radiación solar, lo que permite que puedan ser colocados en forma fija. Además, tienen la ventaja de aprovechar tanto la radiación directa como la difusa, lo que es importante en los climas más húmedos. Pueden alcanzar temperaturas hasta 200° C.

Los colectores tubulares consisten, generalmente, en tubos de vidrio, muchos de ellos de doble pared con el absorbedor en su interior. La aislación térmica, en este caso, se consigue mediante un vacío en el interior del tubo o entre los dos tubos concéntricos. El vacío es el mejor aislante térmico que existe, razón por la cual estos colectores son muy eficientes y pueden alcanzar temperaturas más elevadas que los colectores planos. Se utilizan con dispositivos concentradores o sin ellos, según el nivel de temperatura que se quiera alcanzar. Los concentradores más comunes para colectores tubulares son canales parabólicos cubiertos de un material altamente reflectante con el colector ubicado en su línea focal. Con ellos se pueden alcanzar temperaturas hasta 400° C.

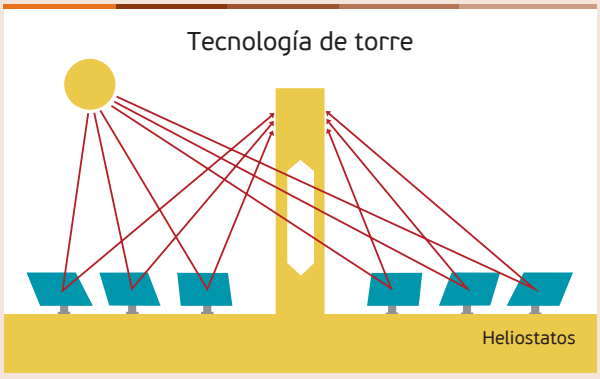
Los colectores puntuales, también llamados receptores, se utilizan, casi en forma exclusiva, en combinación con reflectores de elevado factor de concentración, lo que permite conseguir temperaturas muy elevadas (más de 1000° C). Los concentradores pueden ser de los siguientes tipos:

- reflector parabólico, donde el colector se encuentra en su foco (ver ilustración izquierda abajo)
- gran cantidad de espejos planos con orientación individual (helióstatos) distribuidos sobre un terreno de gran extensión apuntando a una torre receptora (ver ilustración derecha abajo)
- lente tipo Fresnel, a través del cual se concentra la luz del sol sobre el colector, (efecto similar a una lupa)

Colectores tubulares con canal parabólico

Calefón solar con colectores tubulares.

Colector puntual con reflector parabólico.



Colector puntual en torre con heliostatos.

Existen sistemas de todos los tamaños y niveles de complejidad tecnológica, que van desde un simple horno solar hecho en una caja de cartón cubierta con una placa de vidrio, hasta centrales eléctricas solares térmicas de 50 MW de potencia eléctrica o más. En adelante, veremos las principales aplicaciones de la energía solar térmica con su respectiva tecnología.

Calefones solares

La aplicación más difundida en el mundo de la energía solar térmica es el **calentamiento de agua para uso sanitario, y en las zonas de clima frío a moderado también para la calefacción de las edificaciones**. Los artefactos diseñados para este fin se llaman calefones o calentadores solares. Existe una gran cantidad de diseños y modelos diferentes. Utilizan, generalmente, colectores planos o tubos de vacío, ambos sin concentrador. En un régimen normal de uso, alcanzan temperaturas del agua de 60 a 80° C y eficiencias energéticas de hasta 70%. Los modelos más sencillos y económicos son aquellos cuyo tanque de acumulación cumple, al mismo tiempo, el rol de colector.

El primer modelo comercial de este tipo fue patentado en 1891 en los EE.UU., pero se conocieron en ese país ya desde principios del siglo XIX. Sin embargo, tienen el inconveniente de ser menos eficientes que los modelos con colector y acumulador separados desarrollados más adelante, razón por la cual tienen hoy poca difusión.

Los calefones solares se suelen clasificar en **termo sifones** y en calefones de **circulación forzada**. En los primeros, el o los colectores solares y el tanque de acumulación forman un conjunto compacto (ver ilustración). En este caso el tanque se encuentra en la parte superior del calefón, para que la circulación del agua entre los colectores y el tanque pueda producirse por el efecto termosifón, es decir, naturalmente por diferencia de densidad entre el agua fría y el agua caliente.

Colectores solares planos de un motel en Asunción.

Los calefones solares de circulación forzada, en cambio, disponen de una bomba que hace circular el agua entre el tanque y los colectores en un circuito cerrado. Un regulador electrónico por diferencia de temperatura permite que la bomba funcione solamente, cuando sea necesario, es decir, cuando el agua en el colector es más caliente que la del tanque. En este caso, el tanque puede ser ubicado en cualquier parte de la edificación, inclusive en el sótano y solo los colectores se colocan en el techo. En zonas de clima frío, el líquido refrigerante es una mezcla de agua con anticongelante, y el tanque de acumulación necesita entonces de un intercambiador de calor, para separar dicho líquido del agua que se consume.

Los calefones con termosifón son utilizados para viviendas unifamiliares teniendo capacidades de hasta 300 litros y los de circulación forzosa son más bien destinados a edificios, hoteles, industrias, etc. con capacidades alcanzando varios miles de litros. La mayoría de los calefones solares en el mercado dispone también de un sistema de calefacción auxiliar, mediante una resistencia eléctrica, lo que permite disponer de agua caliente, aunque haya insuficiencia temporal de radiación solar.

El país donde hay más calefones solares instalados es China con 27 millones de unidades y hay casi 4000 fabricantes de dichos equipos. Para el 2020, el gobierno chino planea triplicar la superficie de colectores solares instalados en el país. Pero en cuanto a la cantidad per cápita, los líderes mundiales son Chipre, Israel, Austria y Grecia. En Israel, por ley, todas las viviendas deben tener calefones solares, razón por la cual ya el 90% de los hogares cuentan con agua caliente solar. En España, existe una ley similar, pero la obligatoriedad se aplica solo para construcciones nuevas o refacciones importantes. En muchos otros países europeos, existen programas de fomento con subsidios para la instalación de calefones solares.

En el Paraguay no existe ningún tipo de incentivo, lo que tiene como resultado una penetración muy baja de los calefones solares, a pesar del clima favorable. Estimamos que en todo el país no pasan de 500 el número de instalaciones, la mayoría de ellas en casas particulares de familias de clase alta o media-alta y algunas en hoteles, moteles y casas de retiro, varias de ellas ya con más de 20 años de uso.

Analizando el costo-beneficio de los calefones solares en venta en el Paraguay, se puede decir que si se

tiene un consumo de agua caliente durante todo el año, la inversión puede ser amortizada en un espacio de tres a cinco años con el ahorro de la energía eléctrica sobre la base de la tarifa residencial. El precio de colectores solares es, dependiendo de la calidad, 400 US$/m2 hasta 1000 US$/m2. En nuestro clima, en promedio del año, el 70 u 80% de la energía necesaria para calentar agua podría ser sustituida por energía solar.

El uso masivo de calefones solares podría contribuir, significativamente, a la disminución del pico de consumo de electricidad que se produce al final del día, durante unas cuatro horas, dado que es el horario durante el cual la mayoría de la gente en nuestro país se baña utilizando, en su mayoría, duchas eléctricas, que tienen muy elevada potencia (4 a 5 kW). Dicho pico tiene un elevado costo para la ANDE tanto en capacidad de transmisión como en contratación de energía eléctrica en las usinas donde se generan.

Calentadores solares de piscina

Una aplicación especial de los calefones solares son los calentadores solares para la climatización de piscinas. En este caso se trata de colectores solares sin cobertura transparente, ya que el nivel de temperatura requerido es mucho más bajo que para el agua caliente sanitaria (ver ilustración). De esta forma, su costo se reduce de manera considerable. Normalmente, dichos colectores son fabricados de un material plástico de color negro, lo que también contribuye a un menor costo en comparación con los colectores planos metálicos convencionales. Mediante una bomba eléctrica y un circuito cerrado de caños se hace circular el agua de la piscina a través de los colectores, donde recibe el calor generado por los mismos antes de volver a la piscina. Es la aplicación de la energía solar, la más interesante desde el punto de vista económico, dado que la inversión puede ser amortizada en muy poco tiempo, si se compara con un sistema de calefacción convencional (eléctrico, de gas, etc.).

Colector solar plano sin cobertura transparente para climatización de piscina.

En nuestro clima se recomienda instalar una superficie de colectores equivalente al 80 a 120% de la superficie de la piscina, de acuerdo con su grado de exposición al sol y la duración del periodo de uso que se quiere alcanzar. Con este sistema de climatización, la piscina puede ser utilizada de seis a nueve meses por año, en vez de solo los tres meses de verano. Para ayudar a conservar el calor del agua, se recomienda, además, la utilización de un cobertor térmico para la piscina, sobre todo durante las noches frescas en primavera y otoño.

Cocinas solares

La idea de las cocinas solares surgió, principalmente, como solución a la escasez de leña, en muchos países donde todavía es la principal fuente de energía para la cocción de alimentos. El consumo excesivo de leña en muchas partes del mundo causa problemas de deforestación, y con ella cambios climáticos y la erosión de los suelos. Son las ONG las que se dedican a la difusión de estos aparatos como ayuda a las familias más desfavorecidas en países pobres. Sin embargo, en casi ningún país del mundo las cocinas solares han alcanzado aún el grado de difusión deseado, a pesar de que tienen una indiscutida utilidad potencial para solucionar el problema cada vez más grave que existe en el suministro de fuentes tradicionales de energía para la cocción de los alimentos, dificultad a la que se enfrentan unas 2000 millones de personas, especialmente en los países en desarrollo.

Los países de mayor difusión de cocinas solares son la India y la China, con varios centenares de miles en cada país, resultados logrados gracias a políticas gubernamentales de fomento. En el Paraguay, la única empresa que fabrica y comercializa cocinas solares es CEDESOL Ingeniería. La cantidad total en uso en el país no supera 100 unidades.

Actualmente, existe un gran número de diseños de cocinas solares que se pueden clasificar en tres clases diferentes, a saber: las cocinas de tipo caja u horno, las de tipo concentrador y las de tipo colector. Las cocinas tipo horno son las más simples y consisten en colectores planos con los recipientes de cocción en su interior. Las de tipo colector también utilizan, en su mayoría, colectores planos, pero funcionan más bien como los calefones solares con ter-

mosifón con un fluido térmico, que entrega el calor generado en el colector a las cacerolas, mediante un intercambiador de calor en una estufa separada del colector. Las cocinas de tipo concentrador consisten en un reflector parabólico, en cuyo foco se coloca el recipiente de cocción.

Existen cocinas solares de distintos tamaños. La mayoría son diseñados para el uso familiar con capacidad de cocción para pocos litros de alimentos. Los modelos tipo horno son tan sencillos que pueden ser fabricados por los propios usuarios utilizando materiales a su alcance: cartón, papel diario, papel de aluminio y vidrio.

Entre las cocinas solares industriales y comunitarias cabe mencionar especialmente las de tipo Scheffler, que existen en muchos países. Consisten en uno o varios reflectores parabólicos flexibles de foco fijo que calientan las cacerolas o generan vapor. En la India, funciona la cocina solar más grande del mundo capaz de cocinar para 18.000 personas a la vez. Está compuesta por 84 reflectores de 10 m^2 c/u que generan vapor, que luego es conducido a la cocina, donde hay una serie de grandes pailas de vapor.

Secaderos solares

Los secaderos solares son equipos que sirven para la deshidratación o secado de alimentos u otros productos agrícolas para su conservación. Fueron desarrollados para mejorar el secado tradicional hecho en forma natural, es decir, exponiendo los productos directamente al sol o al viento caliente.

Cualquier producto con elevado contenido de agua se deshidrata, cuando es sometido a un ambiente con baja humedad relativa. La capacidad del aire de absorber agua depende, en forma directa, de su temperatura y de su contenido relativo de humedad. Como regla general se puede decir que aproximadamente para cada 15 o 20º C de incremento de la temperatura del aire se duplica su poder de absorción de agua. Otro factor importante

Hornos solares.

Cocina solar parabólica.

Secadero solar indirecto tipo armario.

Secadero solar directo tipo invernadero cargado con pimentón.

en el proceso de secado es una buena ventilación, que permite que el aire húmedo sea evacuado.

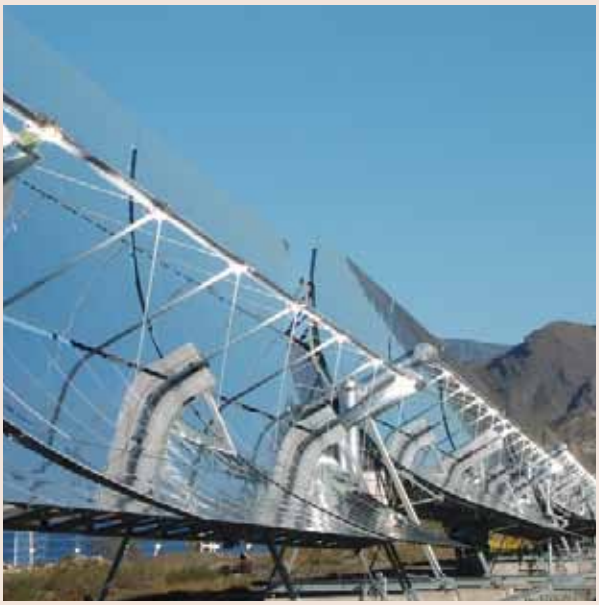
Comparado con el secado natural, el secado solar es más rápido debido a la temperatura más elevada que se obtiene, pero también es más higiénico por la protección del ambiente de los productos en vías de secado, resultando en productos de mejor calidad. En la actualidad, se utilizan a gran escala, sobre todo en Europa, para el secado del heno en las granjas, pero se utilizan también en muchos países tropicales y subtropicales para el secado de frutas, tubérculos, hierbas y otras plantas, carnes y pescado.

Los secaderos solares se clasifican en directos e indirectos. Los modelos directos son parecidos a los invernaderos. Se colocan los productos por deshidratar en su interior, donde reciben la radiación solar luego de haber pasado la cubierta transparente del secadero. El calor es entonces generado por absorción de la radiación sobre los mismos productos. En los modelos indirectos, en cambio el calor es generado en un colector solar utilizando aire como fluido refrigerante, que luego es canalizado en el interior de la cámara de secado oscura, donde se encuentran los productos en vías de secado. Este tipo se secaderos solares es especialmente recomendado para productos que fácilmente cambian de color, cuando son expuestos a la luz solar.

Centrales solares térmicas

Existen dos tipos de centrales solares térmicas o centrales termosolares en el mundo, que están compuestas por un conjunto de canales parabólicos (ver ilustración) que cuentan con una torre central equipada de un receptor y un campo de helióstatos que la rodea. En ambos tipos, el calor generado en los colectores solares es utilizado para generar vapor de agua, que luego acciona una turbina de vapor acoplada a un generador, que produce, finalmente, la electricidad. El funcionamiento nocturno se produce mediante el almacenamiento de calor durante el día o utilizando gas natural o biomasa como combustible para la generación de vapor.

La mayoría de estas centrales que operan hoy se encuentran en el sur de los EE.UU. y en España, pero hay también dos en Irán, una en Italia y otra en Alemania sumando casi 1000 MW_e (potencia eléctrica instalada). La primera, del tipo canal parabólico, fue construida en California en 1984 con 14 MW_e, que sigue operando. La más grande del mundo, del mismo tipo, se encuentra en Sevilla, España, con 150 MW_e y 100 MW_e adicionales en etapa de planificación.



Central solar térmica con canales parabólicos.

Otras aplicaciones

Como otras aplicaciones de la energía solar térmica, que son de menor importancia hasta el momento, cabe mencionar la refrigeración, la destilación aplicada a la desalinización de agua y la purificación de agua contaminada. La refrigeración solar es una tecnología todavía poco desarrollada, pero tiene muy elevado grado de atracción, fundamentalmente porque la demanda de refrigeración coincide con la oferta de la radiación solar, es decir, cuanto más frío se requiere, por ejemplo, para la climatización de espacios cerrados, más radiación solar está disponible. La mayoría de los sistemas de refrigeración solares térmicos hoy disponibles funcionan sobre la base del ciclo de absorción, que también es aplicado en heladeras de gas o de kerosén.

La desalinización de agua por destilación solar es interesante para aplicaciones a pequeña y a mediana escala en zonas desérticas o costeras, donde no hay agua dulce potable. Otro método de purificación solar de agua denominado SODIS permite potabilizar agua transparente contaminada por microorganismos. En vez de hervir el agua, se coloca en una botella de plástico transparente tipo PET (las que se usan para agua mineral y gaseosas) y se expone por varias horas al sol en posición horizontal sobre una chapa ondulada. La acción prolongada de la radiación solar sobre el agua, sobre todo la radiación ultravioleta, hace que los microorganismos se desactiven. Este método fue desarrollado por el Instituto Federal de Ciencias y Tecnologías del Agua EAWAG en Suiza.

5.2. Energía solar fotovoltaica

Las celdas solares y su funcionamiento

La energía solar fotovoltaica es la tecnología que permite convertir la luz solar en electricidad aprovechando el efecto fotoeléctrico de ciertos materiales, que, generalmente, son semiconductores. Este efecto fue observado por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre Becquerel. La primera aplicación de este fenómeno era la fotocélula utilizada a partir de los últimos años del siglo XIX para medir la intensidad de la luz. Pero recién en 1954 un grupo de investigadores logró construir en EE.UU.. la primera célula solar fotovoltaica a base de silicio con suficiente rendimiento para servir para la generación de electricidad.

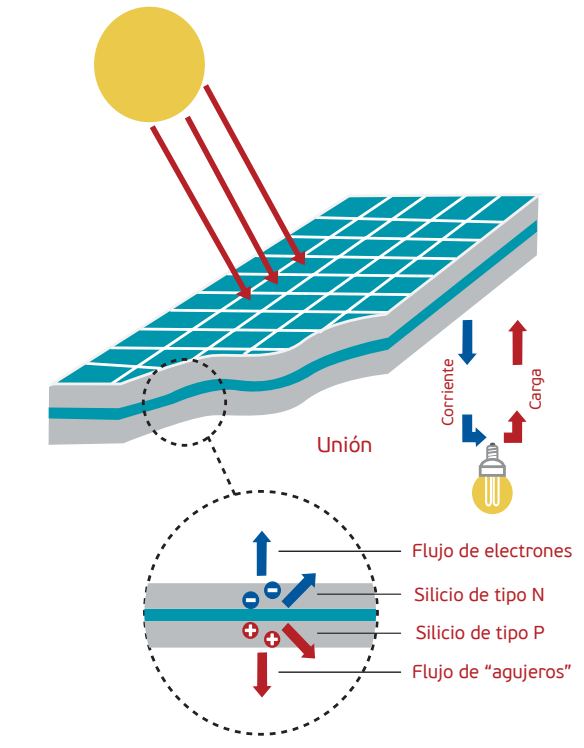
La luz puede ser descrita como una onda electromagnética o como partículas en movimiento denominadas fotones. Cuando un fotón impacta contra el átomo de un material semiconductor, su energía libera un electrón valente del mismo que permite su migración, o, en otros términos, que genera una corriente eléctrica. La mayoría de los generadores fotovoltaicos, también llamados paneles o módulos solares que se usan en la actualidad, tienen celdas de silicio, tras el oxígeno, el elemento químico más abundante de la costra terrestre y utilizado también para la fabricación de componentes electrónicos, como transistores o microchips. Se obtiene a partir de arena de cuarzo, que, químicamente hablando, es bióxido de silicio, en un proceso de reducción similar al de la obtención de hierro a partir de sus óxidos.

Los elementos semiconductores que componen los generadores fotovoltaicos se denominan celdas fotovoltaicas. Cada una de ellas está compuesta por dos capas superpuestas del mismo material, la superior de carga negativa y la inferior de carga positiva. Dichas cargas se consiguen mediante la introducción en el semiconductor de impurezas de otros elementos químicos, que tienen un excedente (carga negativa), y un faltante (carga positiva) de electrones valentes.

De esta forma se obtiene un campo eléctrico en el interior de la celda. Al conectar las dos capas por separado a un conductor eléctrico y cerrando el circuito, comenzará a fluir una corriente eléctrica de tipo continuo a través de dichos conductores, que es proporcional a la intensidad de la luz solar que recibe la celda (ver ilustración).

Sin embargo, dicho proceso tiene una eficiencia energética bastante baja, que varía según el tipo de celda fotovoltaica. La primera celda de silicio de 1954 tenía una eficiencia de solo 6%, pero hoy las de fabricación en serie alcanzan ya 20%, siendo el límite teórico de 31%. Celdas de otros materiales semiconductores como Arsenuro de Galio alcanzan más de 25% de rendimiento, pero tienen un costo más elevado que las de silicio. La investigación en la materia trata de mejorar, cada vez más, el rendimiento de distintos semiconductores y las combinaciones de ellos.

Existe hoy una gran cantidad de diferentes tipos de celdas solares, que se diferencian no solo por los materiales utilizados, sino también por la forma como los átomos son estructurados (cristalino, amorfo), su proceso de fabricación o de las capas que están compuestas (una a tres). A pesar de esa variedad, la celda más utilizada en la actualidad sigue siendo la de silicio cristalino, principalmente por su bajo costo, la larga vida útil (hasta 30 años) y el buen rendimiento energético, pero tiene los inconvenientes de un consumo elevado de silicio y de energía necesaria para su fabricación, y es rígida, lo que para ciertas aplicaciones es una desventaja.



Esquema de funcionamiento de las celdas fotovoltaicas.

Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica tiene también una amplia gama de aplicaciones, para las cuales se requiere de energía eléctrica, desde lo más pequeño, como calculadoras electrónicas, hasta lo más grande: centrales eléctricas conectadas a la red. Las primeras aplicaciones de la tecnología fotovoltaica eran destinadas, a partir de 1958, al abastecimiento con energía eléctrica de satélites artificiales en el espacio. Recién en la década del setenta la aplicación terrestre empezó a cobrar importancia.

Se diferencian básicamente dos tipos de sistemas, los conectados a la red y los independientes. El 97% de los paneles solares instalados hoy forman parte de sistemas conectados a la red, de los cuales la gran mayoría se encuentra en países industrializados (Alemania, España, EE.UU. y Japón). Su objetivo es la generación descentralizada de energía eléctrica, mediante una fuente renovable de energía en países con elevado consumo de electricidad y con un gran porcentaje de electricidad generada a partir de combustibles fósiles.

Dichos sistemas pueden ser instalados en el techo o en la fachada de edificaciones (ver ilustración), pero también en campo libre, constituyendo verdaderas centrales eléctricas fotovoltaicas que ocupan varias hectáreas. Las más grandes de estas centrales, en su mayoría ubicadas en Europa, tienen potencias instaladas de 50 a 100 MW, pero, en el futuro, se construirán aún más grandes. Dado que los paneles solares generan corriente continua, se requiere de inversores, que la convierten en corriente alterna compatible con la red. En estas centrales, los paneles solares pueden ser montados en forma fija sobre soportes anclados en el suelo o sobre soportes especiales, con un mecanismo de seguimiento al movimiento aparente del sol, lo que aumenta considerablemente el rendimiento de los paneles solares, en razón de que están todo el tiempo orientados en relación con la posición del sol.

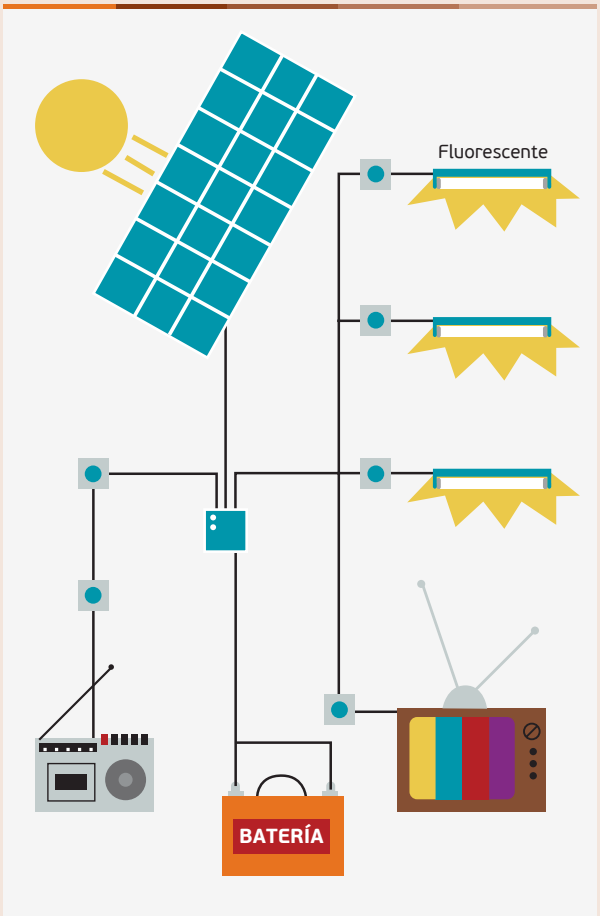
Edificio con paneles solares fotovoltaicos integrados en la fachada en Suiza.

Los sistemas independientes se utilizan en lugares donde no llega la red eléctrica, como una alternativa a los grupos electrógenos con motores de combustión interna. El mercado más importante para estos sistemas son los países en desarrollo, donde hay todavía un gran déficit en la electrificación de las zonas rurales. Más de 1500 millones de personas en el mundo, un cuarto de la población mundial, no disponen todavía de electricidad.

Las aplicaciones de los sistemas autónomos son muy variadas. Las más importantes son las domiciliarias, las telecomunicaciones, la señalización, el alumbrado público, el bombeo de agua y la protección catódica de estructuras de hierro. En esta categoría, entran también los pequeños artefactos electrónicos con panel solar integrado: las calculadores electrónicas, los cargadores de pilas, juguetes, radiorreceptores, relojes, linternas portátiles y teléfonos celulares, pero también electrificadores de alambrado utilizados en la ganadería.

Un sistema solar fotovoltaico independiente está generalmente compuesto por uno o varios paneles solares, una o varias baterías y equipos electrónicos de regulación y control. Las baterías sirven para el almacenamiento de la energía eléctrica proveniente de los paneles solares, que brinda, de esta forma, una reserva de energía para compensar diferencias temporales entre generación y demanda, sobre todo para la noche, cuando no hay generación, pero se requiere de electricidad para la iluminación y otros usos. Para proteger las baterías de sobrecarga y sobredescarga se requiere de un regulador de carga, un equipo electrónico que corta la corriente de carga, cuando las baterías están cargadas, y corta el consumo, cuando las baterías llegan a un nivel crítico de descarga.

De esta forma, se logra una óptima vida útil de las mismas. La mayoría de los reguladores de carga indican también al usuario los principales parámetros del sistema mediante luces de control y, en algunos casos, una pantalla con indicaciones alfanuméricas. Las baterías deberían ser aptas para sistemas solares. Baterías de arranque para automóviles no son recomendables, dado que tienen una vida útil muy corta. Para el bombeo de agua con energía solar fotovoltaica no se utilizan baterías, sino los paneles solares que están conectados a la bomba. El principal motivo es el costo, ya que es más económico almacenar agua en un tanque que energía eléctrica en baterías para disponer de reserva.



Esquema de un pequeño sistema fotovoltaico típico para la electrificación de viviendas rurales.

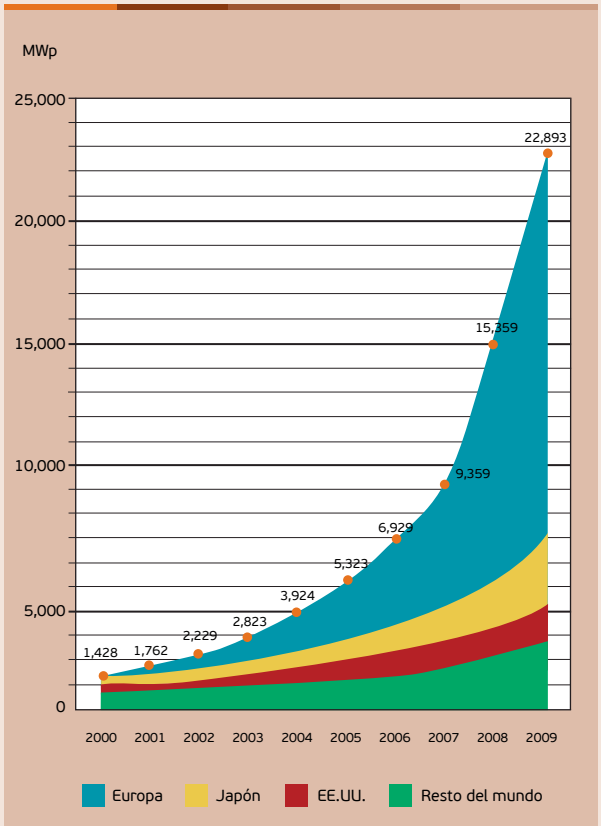
En sistemas pequeños (hasta 200 W), los artefactos eléctricos alimentados por los mismos son normalmente para corriente continua de 12 V, y tendrían que ser de bajo consumo para desperdiciar lo menos posible la energía eléctrica disponible, que es limitada. Para sistemas más grandes, se incorpora muchas veces un inversor, lo que permite la utilización de artefactos eléctricos convencionales de corriente alterna de 220 V. Dichos inversores convierten la corriente continua proveniente del sistema solar a corriente alterna. Para poder diseñar un sistema solar independiente, es muy importante conocer, en detalle, las necesidades de energía del futuro usuario.

El mayor inconveniente de los sistemas solares fotovoltaicos es su elevado costo inicial. A pesar de la importante disminución del costo en los últimos años, debido a la masificación de la producción de los paneles solares, la instalación de un sistema solar fotovoltaico doméstico sigue siendo elevado para una familia de escasos recursos, lo que hace que sea muy difícil acceder a esta tecnología sin apoyo estatal o privado. Los precios de celdas fotovoltaicas en el Paraguay dependiendo de la calidad oscilan entre 5 y 10 US$/W, El apoyo o incentivo para el uso de la tecnología puede ser en forma de subsidios o también a través de un crédito blando, que permita financiar la inversión a un plazo suficientemente largo.

Mercado de la energía solar fotovoltaica

Durante los últimos 20 años, el mercado fotovoltaico mundial ha crecido, en promedio, 30% por año convirtiéndose en uno de los mercados de mayor crecimiento sostenido del mundo, un fenómeno que fue acompañado por un descenso continuado de los costos para los paneles solares fotovoltaicos. A finales del 2009, a nivel mundial, estaban instalados paneles solares con una potencia total de 22,9 GW, que equivale, aproximadamente, tres veces el potencial de todo el Paraguay. Durante el 2010, se instalaron 16 GW más, lo que significa un crecimiento sin precedentes. Alemania solo representa la mitad del mercado mundial. Los siguientes países más importantes son: España, EE.UU. y Japón.

El gran éxito de la energía solar fotovoltaica en Alemania, igual al de otras energías renovables en ese país europeo, se debe, principalmente, a su ley de energías renovables que entró en vigencia en el 2000. Esta tiene



Evolución de la potencia instalada de paneles fotovoltaicos en el mundo 2000 a 2009.

PROGRAMA EUROSOLAR

El programa EUROSOLAR se encuentra en implementacion en los ocho países más desfavorecidos de América Latina, cuatro en América Central y cuatro en América del Sur, entre ellos el Paraguay, con el objetivo de contribuir al desarrollo sustentable de comunidades rurales sin acceso a la electricidad. Es una iniciativa de la Oficina de Cooperación de la Comisión Europea EUROPE-AID, de la cual se benefician, en total, 600 comunidades rurales, que consiste en la instalación de un kit estándar de producción de energía 100% renovable, artefactos eléctricos necesarios para un aula informática y una unidad sanitaria. Incluye luminarias, cinco computadoras tipo notebook, con conexión a internet, un equipo multifunción (impresora-escáner-fotocopiadora) y un proyector digital, así como una heladera y un purificador de agua tipo UV. En el Paraguay, 45 escuelas rurales de los departamentos de San Pedro, Caazapá, Caaguazú y Alto Paraná se benefician de este Programa, que está a cargo del Viceministerio de Minas y Energía con la participación de otras instituciones gubernamentales, especialmente del Ministerio de Educación y Cultura

como objetivo el fomento de las energías renovables garantizando a los productores independientes la venta de electricidad generada a los operadores de la red por un plazo de 15 a 20 años a tarifas fijas, cuyo monto depende del tipo de energía renovable. Debido a su gran éxito para el fomento de las energías renovables, ya hay 40 países del mundo que han copiado la ley alemana, entre ellos también España.

En el Paraguay, el mercado fotovoltaico es aún incipiente, principalmente por falta de apoyo gubernamental. En otros países de la región, como la Argentina, Bolivia y el Perú, existen programas estatales de electrificación rural con energía solar fotovoltaica con subsidios importantes para los usuarios que viven en zonas aisladas sin acceso a la red eléctrica. Los pocos sistemas fotovoltaicos en funcionamiento en Paraguay han sido instalados, en su gran mayoría, por estancieros o por ONG y el INTN beneficiando a poblaciones rurales de escasos recursos. El primer proyecto importante de electrificación rural con energía solar fotovoltaica en el Paraguay es el Programa Eurosolar iniciado en el 2009 y que benefició a 45 comunidades rurales. Próximamente, unas 15 comunidades indígenas del Chaco se beneficiarán con la electrificación de sus centros comunitarios mediante esta tecnología, un proyecto que será implementado por el INTN con el apoyo de la Itaipú Binacional.

En el país existe una cobertura del servicio eléctrico relativamente elevada, que, según datos de la ANDE, es 96,7%. Actualmente, hay todavía unos 50.000 hogares sin acceso a la red eléctrica, de los cuales la gran mayoría se encuentra en zonas aisladas del Chaco, que pertenecen a familias indígenas y campesinas. Hasta no hace mucho tiempo la ANDE apostó, casi exclusivamente, a la expansión de la red para aumentar la cobertura del servicio eléctrico.

Sin embargo, en zonas de poca densidad poblacional es una tarea muy costosa y deja de ser rentable, razón por la cual las soluciones alternativas, como la electrificación descentralizada, especialmente mediante la energía solar fotovoltaica, son las más apropiadas. Estas permiten brindar un servicio eléctrico básico para cada hogar. En pequeñas comunidades se puede pensar también en sistemas comunitarios que consisten en una minicentral fotovoltaica o híbrida, incluyendo otras fuentes de generación, a saber: la energía eólica o un generador convencional con motor diésel que distribuya la energía dentro de la comunidad mediante una red.

Más informaciones:

http://es.libros.redsauce.net/index.php?pageID=12
http://www.ises.org (solo en inglés)
http://www.asades.org.ar
http://programaeuro-solar.eu/home.php

Capítulo 6

Energía eólica

Jean Claude Pulfer, APER

Características del viento

La energía eólica es la energía que se obtiene del viento. El viento es el aire en movimiento en relación con la superficie terrestre. La velocidad y la dirección del viento es el resultado de la acción de diferentes fuerzas, de las cuales las más importantes son las causadas por diferencias de presión entre dos puntos en la atmósfera: la rotación de la tierra y la topografía de la superficie terrestre. El viento se produce para equilibrar dichas diferencias fluyendo del punto de mayor presión al punto de menor presión. El origen de las diferencias de presión es la radiación solar, que provoca en sitios de radiación más intensa y principalmente sobre los continentes, el calentamiento del aire, hace que este se expanda creando una zona de baja presión. Debido a la rugosidad de la superficie terrestre, la velocidad del viento varía según la altura. Cerca del suelo es relativamente baja, sobre todo en zonas urbanas y en terrenos muy accidentados, pero aumenta con la altura.

Aerogenerador para la producción de electricidad.

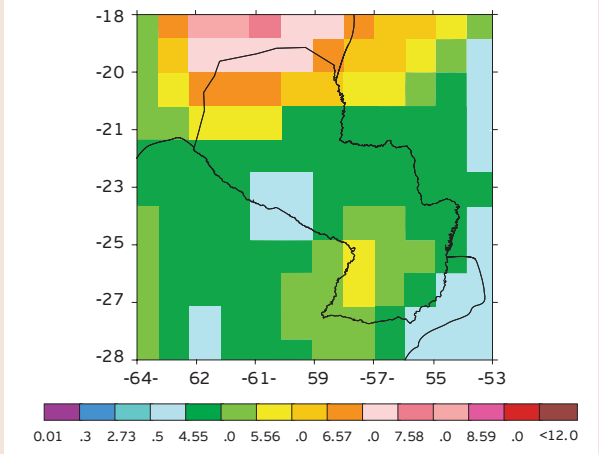
El p**arámetro más importante para el aprovechamiento de la energía eólica es la velocidad del viento**. La energía contenida en el viento es directamente proporcional al cubo de la velocidad, es decir que, al duplicarse la velocidad, la energía se multiplica por el factor ocho. Este hecho explica por qué el viento es tan destructivo, cuando sopla fuerte. Para el diseño de cualquier artefacto que aprovecha el viento, es importante conocer la cantidad de energía disponible a diario en el punto de la tierra donde se instalará. Existen diferencias importantes de la velocidad del viento de un lugar a otro en la tierra, pero también grandes variaciones en el tiempo en un mismo sitio. Para conocer el recurso eólico disponible, hay que recurrir a mediciones de un periodo bastante largo, durante varios años. Esto permite establecer una estadística de la distribución de las velocidades y la dirección del viento en un determinado sitio, a una altura similar a la cual se quiere colocar luego el artefacto eólico. Los aparatos de medición utilizados para el efecto se llaman anemómetros.

El promedio mundial anual a 50 m de altura es de 6,8 m/s según datos de la NASA.[40] Las zonas terrestres más interesantes para el aprovechamiento de la energía eólica son, por lo general, las zonas costeras, sobre todo las que se encuentran más cercanas a los polos, tanto del hemisferio norte como sur, también las crestas de muchas cordilleras y algunas grandes planicies. En nuestro continente, las regiones de mayor viento son el sur de la Argentina y Chile, las partes sur y norte de la Cordillera de los Andes, el noreste brasilero y la zona fronteriza entre el Paraguay y Bolivia con promedios de 7 a 9 m/s.[40]

No existe todavía una recolección de datos sistemática del recurso eólico en el Paraguay. Se cuenta solo con un estudio publicado en 1997 por el INTN con el título “El recurso eólico en Paraguay”, que utilizó mediciones históricas de la velocidad del viento realizadas en 29 estaciones meteorológicas del Paraguay, además de varias estaciones de zonas

limítrofes en los países vecinos. Cabe destacar que este estudio tiene muchas limitaciones en cuanto a la precisión de los datos utilizados debido al método con el que se los recoge.

Por otro lado, se cuenta con datos recolectados por la NASA mediante satélites durante más de 20 años con una resolución de 1° de longitud por 1° de latitud (ver ilustración). El mapa que indica la velocidad media a 50 m de altura sobre el suelo muestra que la zona de mayor velocidad de viento es el Chaco Boreal, en la frontera con Bolivia, con promedios de 6,5 a 7,5 m/s. Otra zona, con un promedio relativamente elevado, abarca los alrededores de Asunción y gran parte del Departamento de Ñeembucú.



Promedio de la Región= 5.26

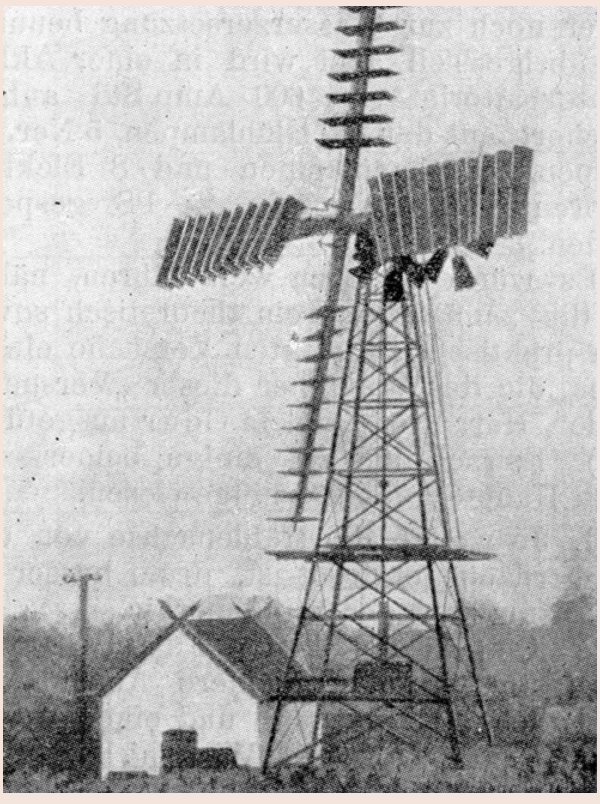
Velocidad media a 50 m de altura sobre el suelo, anual promedio de Julio 1983 - Junio 1993.[40]

Actualmente, el meteorólogo paraguayo Julián Báez está realizando un estudio sobre el recurso eólico en el Chaco midiendo el viento a 80 m de altura en tres sitios diferentes. Este trabajo, que concluirá en breve, permitirá tener una imagen más precisa de la situación real, a pesar de la duración relativamente corta de las mediciones y la cantidad reducida de puntos de medición. Otro estudio similar está realizando Fabián López en la cima del Edificio Wilson, uno de los más altos de Asunción, a 96 metros de altura, con el objeto de estudiar la factibilidad del aprovechamiento de la energía eólica en este sitio, para la generación de electricidad destinada a cubrir gran parte del consumo de las áreas comunes de dicho edificio. Los resultados preliminares son bastante alentadores. López registró que, durante el 95% del tiempo, la velocidad del viento es superior a 3 m/s y que el promedio entre noviembre de 2009 y octubre del 2010 era de 5 m/s, un valor en promedio (1,5 m/s) superior al promedio medido en la estación meteorológica del aeropuerto de Asunción en el mismo periodo.

Aprovechamiento

Reseña histórica y situación actual

Existen varias formas de aprovechamiento de la energía eólica, las cuales algunas existen ya desde hace milenios, particularmente la propulsión de barcos de



Aerogenerador de acuerdo con los principios del danés Paul la Cour.[42]

vela y, más tarde, los molinos de viento utilizados, sobre todo, para la molienda de granos y el bombeo de agua. Los primeros molinos de viento se construyeron en la antigua Persia, a partir del siglo IX. En el noroeste de Europa, comenzaron a aparecer en el siglo XII. El primer gran auge de los molinos de viento se vivió durante la segunda mitad del siglo XIX en los EE.UU., donde se instalaron, en las planicies del medio oeste, varios millones de ellos para el bombeo de agua. Eran, básicamente, los mismos modelos llamados multipalas, que existen hasta hoy y que se utilizan también en el Paraguay, sobre todo en el Chaco, para bombear agua de los tajamares a reservorios elevados. En este tipo de máquinas, el movimiento rotativo de la hélice se convierte, a través de un cigüeñal, en un movimiento alternativo, que acciona a su vez una bomba con pistón.

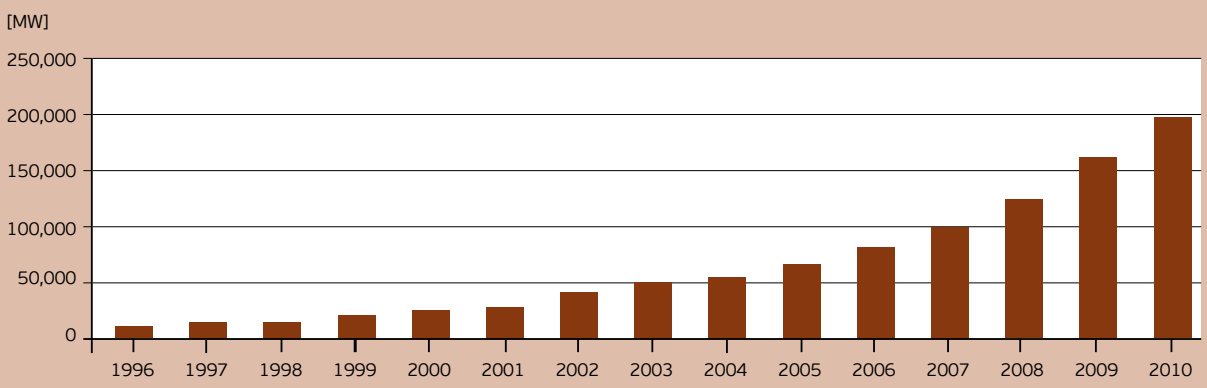
El danés Paul La Cour es considerado como el padre de los modernos aerogeneradores con aspas aerodinámicas. Durante los últimos años del siglo XIX, La Cour experimentó con varios diseños de rotores utilizando un túnel de viento de su propia construcción y logró así mejorar, de manera considerable, su rendimiento energético.

Igual que con otras tecnologías modernas de aprovechamiento de energías renovables, el acontecimiento clave para el desarrollo de los aerogeneradores fue la crisis del petróleo de 1973, haciendo que los políticos y científicos comenzaran a darse cuenta de la casi total dependencia del mundo moderno de esta fuente fósil de energía, y es por ello que buscaron alternativas más sustentables.

En los últimos diez años, la energía eólica vivió un crecimiento impresionante. A finales del 1996 se registró, a nivel mundial, una capacidad instalada de solamente 6,1 GW. A finales del 2010, la misma creció a casi 200 GW (ver gráfica). Los cinco países líderes del mundo son, en orden decreciente, Estados Unidos, China, Alemania, España e India que, juntos, poseen más del 70% de la capacidad total instalada. China es el que más creció, en esta actividad, en el último año. El país en el cual la energía eólica representa el mayor aporte a la generación de energía eléctrica es Dinamarca con 20%, seguido de Portugal con 15% y España con 14%.[43]

Este fabuloso crecimiento sostenido se debe, por un lado, a programas de fomento que los gobiernos en sus respectivos países han implementado, pero también al hecho de que, en la actualidad, el costo de la

Bomba de agua usando energía eólica en el Chaco.



Capacidad mundial instalada de energía eólica.

generación de electricidad mediante la energía eólica ya alcanzó, en muchos lugares, con recursos eólicos favorables, un valor prácticamente igual o inferior al costo de la generación de energía convencional.

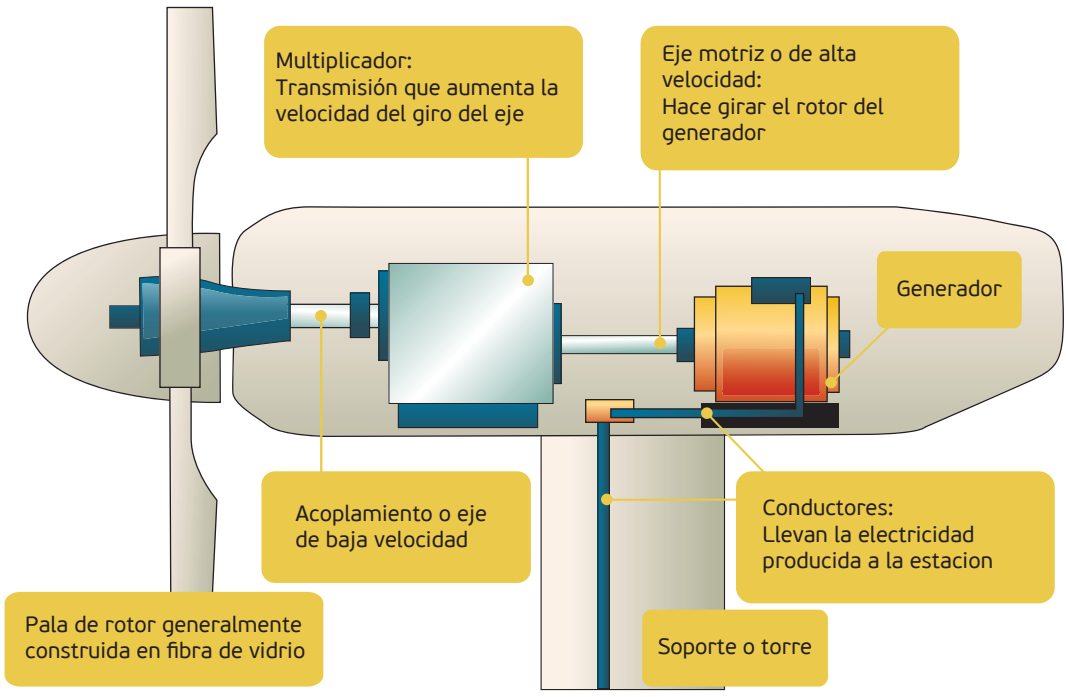
Con 113% América Latina fue, en el 2010, la región de mayor crecimiento del mundo en la capacidad instalada, pero con un nivel aún muy bajo comparado con otros continentes. En Sudamérica, el líder indiscutible es el Brasil con 600 MW instalados a fines del 2009. Varias empresas internacionales ya se instalaron en ese país para fabricar aerogeneradores destinados al mercado brasileño y a la región. Otro país muy pujante en energía eólica es Chile, donde, a fines del 2009, había ya 200 MW instalados y existen proyectos, en distintas etapas de planificación, por un total de 1700 MW. La Argentina, a fines del 2009, tenía instalados 30 MW, pero no registró ningún crecimiento desde el 2007. El Uruguay cuenta con 20 MW.

En el Paraguay, a excepción de algunas pocas iniciativas privadas a pequeña escala, no se ha implementado aún ningún proyecto de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de electricidad, principalmente por falta de apoyo gubernamental, pero también por falta de datos fiables sobre el recurso eólico en nuestro país. Sin embargo, existe un potencial interesante, sobre todo en el noroeste del Chaco, que podría ser aprovechado para generar electricidad y abastecer esa zona aislada, que todavía no cuenta con el servicio eléctrico de la ANDE, pero donde hay varios núcleos poblacionales y comunidades indígenas.

Clasificación y composición de las máquinas eólicas

Hay distintas formas de clasificar los artefactos utilizados para el aprovechamiento de la energía eólica. Primeramente, **se diferencian los que sirven para la generación de electricidad y los que tienen otro destino para la energía mecánica generada, en la mayoría de los casos, por el bombeo de agua**. Las máquinas eólicas que se utilizan para la generación de electricidad son comúnmente denominadas aerogeneradores o generadores eólicos.

Las máquinas eólicas pueden también ser **clasificadas entre las de eje vertical y las de eje horizontal.** Entre las primeras, a su vez, se diferencian por su velocidad de rotación, entre lentas, intermedias y rápidas, lo que depende de la cantidad de aspas o palas que componen el rotor. Cuando menos palas tiene más rápida gira. Los aerogeneradores de mediano y gran porte forman parte de las máquinas rápidas teniendo en la mayoría de los casos rotores tripalas, pero hay también bipalas y monopalas. Las máquinas para el bombeo de agua en cambio



Esquema de un aerogenerador.

son del tipo “lento” con rotores de 6 a 24 palas. Algunos aerogeneradores de pequeño porte con 3 a 6 palas son del tipo “intermedio”.

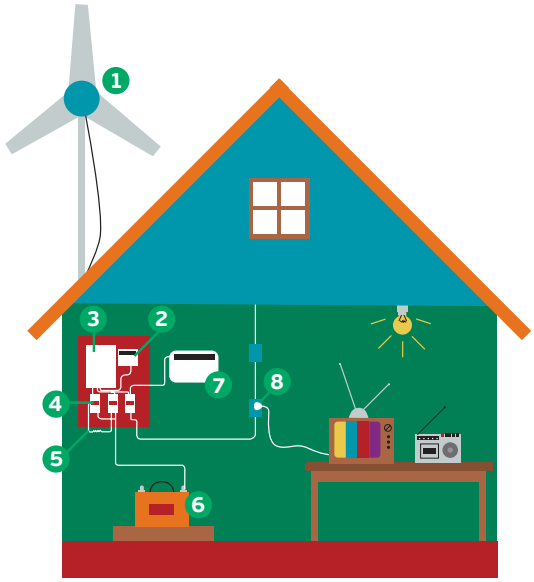
Existe una amplia gama de potencias de aerogeneradores en el mercado, desde 100 W hasta 3 MW. Los más grandes son verdaderos gigantes que tienen rotores con un diámetro de más de 100 m y torres de similar altura. Otros tipos se refieren al sistema de orientación de los rotores con eje horizontal y al control de la potencia de los mismos. La gran mayoría de los aerogeneradores en uso en la actualidad son de eje horizontal con rotores tripalas.

En aerogeneradores pequeños, el rotor normalmente está acoplado al generador. En los equipos de mayor potencia se requiere de una caja de transmisión, que permite incrementar la velocidad de rotación según las necesidades del generador. El sistema de orientación es necesario para las máquinas con eje horizontal que trabajan frente al viento, para que estén orientados, en forma permanente y de manera perpendicular, a la dirección del viento. Para generadores eólicos pequeños, el sistema más común es la veleta. Los más grandes disponen de sistemas electromecánicos de orientación. El sistema de control de potencia sirve, sobre todo, para evitar el colapso de las máquinas eólicas, cuando el viento supera una cierta velocidad crítica. Puede consistir en un simple freno mecánico, un desvío del plano del rotor en relación con la dirección del viento o el cambio del ángulo de ataque de las aspas girándolas levemente sobre su propio eje.

Los rotores eólicos con eje vertical tienen la gran ventaja que no requieren de ningún dispositivo de orientación del rotor hacia la dirección del viento. Este puede soplar de cualquier lado haciendo girar el rotor. Existen básicamente dos diseños, el Savonius y el Darrieus. El primero es un diseño muy sencillo, ya que puede ser construido, por ejemplo, a partir de un tambor cilíndrico partido por la mitad. Gira despacio y es silencioso. Por su simplicidad y bajo nivel de riesgos, es ideal para ser construido por aficionados para el uso en pequeña escala. La Casa solar de San Bernardino cuenta con dos rotores de este tipo, uno para la generación de electricidad y el otro para el sistema de ventilación de la casa. No es muy eficiente, pero tiene la ventaja de arrancar con muy poco viento, cuando otros diseños todavía no se mueven, lo que lo hace ideal para las zonas de vientos moderados que predominan en Paraguay. El tipo Darrieus cuenta normalmente con 2 o 3 aspas con perfíl aerodinámico colocadas de forma vertical a una cierta distancia del eje de rotación. Es casi tan eficiente como los generadores eólicos a eje horizontal, pero tiene el inconveniente de no poder arrancar por si solo, razón por la cual requeire de un dispositivo de arranque, que puede ser por ejemplo un pequeño rotor Savonius unido al mismo eje.

Energía aprovechable

La cantidad de energía que un aerogenerador puede quitar del viento a una velocidad determinada, depende, principalmente, de la superficie total que las aspas barren al girar y de la eficiencia del aprovechamiento del viento, que, a su vez, depende del diseño aerodinámico de las aspas que forman el rotor. Sin embargo, existe un límite superior para la potencia aprovechable, que no puede ser superado por ningún tipo de rotor. Por razones de la física, el aire que pasa por un rotor eólico no puede ser frenado a un valor cero. El límite alcan-



Componentes del Sistema

1- Aerogenerador
2- Diodos
3- Regulador eólico
4- Llaves termomarnéticas
5- Resistencia
6- Batería
7- Inversor
8- Cargas

Componentes del sistema autónomo.

zable del rendimiento es de 40%, pero el rendimiento de un aerogenerador no depende solo de la hélice, sino también de la eficiencia de todas las partes electromecánicas (caja de transmisión y generador) que propulsa. Por eso, el rendimiento eléctrico de un aerogenerador es de 30% de la energía contenida en el viento.

Sistemas de generación de electricidad con energía eólica

Los precios de los aerogeneradores dependen de muchos factores como, por ejemplo, el tipo de fundación, la versión de la torre, la infraestructura y la tecnología utilizada. La Agencia Alemana de Energía (DENA) indica los precios con potencias que van desde 100 hasta 1.000 kilovatios, 850 a 1200 US$ por kilovatio instalado, y para las grandes instalaciones en el rango megavatios de 1000 a 1400 US$ por kilovatio instalado.

Casa Solar en San Bernardino con rotores provistos de ejes verticales.

Thanet Wind Farm en el Reino Unido con capacidad de 300 MW.

Los pequeños aerogeneradores son, por lo general, utilizados para sistemas eléctricos autónomos, es decir, independientes de la red eléctrica, normalmente en combinación con un banco de baterías para el almacenamiento de la energía eléctrica generada. Cuentan, en su mayoría, con un alternador trifásico como generador, cuya corriente pasa luego por un rectificador. Un regulador de carga protege las baterías de sobrecarga desconectando el generador cuando están ya cargadas y desvía la corriente a una resistencia eléctrica. La misma puede ser aprovechada, por ejemplo, para calentar agua. En el Paraguay la única empresa que fabrica y comercializa este sistema es Intertec Engineering.

Los aerogeneradores pequeños pueden también usarse con paneles solares fotovoltaicos en un sistema híbrido. La Casa Solar de San Bernardino ya mencionada es un ejemplo de tal sistema híbrido en el Paraguay, ya que genera electricidad, que es almacenada en baterías, mediante el aerogenerador tipo Savonius y paneles solares instalados en el techo.

Los aerogeneradores grandes, en cambio, se utilizan más bien en la generación de electricidad para la red. Muchas veces se agrupan varios de ellos en una misma zona, a fin de formar así los llamados parques eólicos, que se colocan en tierra, pero cada vez más también en el mar, en zonas cercanas a la costa, donde el fondo del mar es poco profundo. La ventaja de estos parques offshore es la mayor velocidad del viento y el bajo impacto ambiental que generan, dado que se encuentran lejos de las poblaciones. Los parques eólicos más grandes del mundo se encuentran en los EE.UU.. El de mayor dimensión es Roscoe Wind Farm con 627 aerogeneradores que suman 782 MW, ubicado en el centro del Estado de Texas. La energía producida es suficiente para proveer electricidad a 250.000 hogares. Con 300 MW, el parque eólico en el mar más grande del mundo es, hasta ahora, el Thanet Wind Farm, que se encuentra en el sureste del Reino Unido y que está compuesto por 100 generadores de 3 MW cada uno.

Más informaciones:

http://es.wikipedia.org/wiki/Energía_eólica
http://es.libros.redsauce.net/index.php?pageID=16
http://www.gwec.net (ing.)
http://www.wwindea.org (ing.)
http://www.asades.org.ar

Capítulo 7

Eficiencia energética

Ariel Levin, APER

Se entiende por **eficiencia energética** la utilización de la menor cantidad de energía posible para obtener un resultado específico y proteger el medio ambiente, sin que disminuya nuestro confort y calidad de vida. Es importante entender que para que un equipo sea eficiente no quiere decir que consuma menos energía, sino que debe mantenerse o mejorarse el resultado esperado. Es una pena que la toma de conciencia al respecto se produjo a partir de una crisis, como, por ejemplo, la primera crisis del petróleo ocurrida en 1973.

En el Paraguay, existe esta particularidad: **se produce cinco veces más energía eléctrica de la que se consume** y al tener, por un lado, la hidroeléctrica de mayor producción del mundo y, por el otro, no contar con una política que promueva el uso de energías renovables y la eficiencia energética, gran parte de los usuarios no dan la debida importancia a la eficiencia energética.

Contribuye a ello el siguiente factor: la electricidad no es generada a partir de combustibles fósiles; por lo tanto, no existe preocupación de contaminación por el uso no eficiente de la energía. No obstante, en los últimos años, sobre todo debido al mal estado de la red de distribución de energía eléctrica, se registraron numerosos apagones en verano, y esto desembocó en campañas para concientizar sobre el uso racional de la energía y el uso de equipos alternativos de menor consumo.

A continuación se mostrarán posibilidades de uso más eficiente de la energía en diferentes ámbitos. No se pretende abarcar todas las posibilidades existentes, sino más bien las más relevantes en el caso paraguayo, donde el tema es muy incipiente.

7.1. Eficiencia en biomasa

Como se ve en el balance energético, el consumo de biomasa predomina con más del 52% del consumo total. Entre otros, esto se debe a que en viviendas rurales o lugares sin presencia de gas o electricidad, es muy utilizada como fuente de energía la biomasa, básicamente los fogones que se usan para cocción. Si bien las maderas utilizadas son renovables (siempre que se recolecten de manera discreta), se las utiliza de manera muy ineficiente.

Para el uso sostenible de la biomasa, existen diferentes aplicaciones, especialmente en el tema de hornos. Con un elaborado sistema (no necesariamente complejo y caro), un ahorro de madera y la energía de más del 50% es posible. En el Capítulo Biomasa, en la página 25, se presentan diferentes tipos de hornos.

Sin embargo, la mejor alternativa de todas es el uso de cocinas solares en las que, gracias a su forma concéntrica, la radiación solar es un foco, y en este foco va colocada la cacerola. Se puede ver en el Capítulo de Energía solar esta tecnología en la página 55.

Cocina solar.

Horno para ahorro de energía.

7.2. Equipos energéticos eficientes

Los equipos energéticamente eficientes no sólo consumen menos energía eléctrica en su operación generando ahorros económicos para el usuario, sino que su periodo de utilidad es mayor que el de los equipos convencionales. En algunos casos, la inversión inicial no difiere en gran medida, en casos donde el costo es mayor, se amortizan en el tiempo, siendo rentables. Es aquí donde la amortización y los beneficios económicos para el usuario se hacen relevantes. La mayoría de los equipos eléctricos que existen en el mercado pueden catalogarse por su eficiencia, obteniéndose el mismo resultado, pero con variación de consumo.

Normas: etiquetas energéticas

En muchos países, **la eficiencia de los equipos eléctricos está normalizada** por parámetros propios del país o por parámetros internacionales, a saber: Energy Star[2] o NEMA Premium.[3] Por ley, estos equipos deben tener una etiqueta (de alguna normativa) donde indique su eficiencia. En el Paraguay, todavía no existe alguna normativa en este sentido.

Es normal en nuestro medio que, al querer comprar un equipo eléctrico o electrodoméstico, nos guiemos sólo por la marca o por el precio. Para dar un ejemplo concreto, podemos citar los acondicionadores de aire, estos se miden por la unidad de medida BTU* y gran parte de los usuarios piensa que la denominación BTU no sólo indica el rendimiento, sino también el consumo, lo cual es incorrecto ya que se refiere a la cantidad de frío producido, no al consumo. Las variaciones de rendimiento pueden ser extremadamente grandes, y de hecho lo son, existiendo diferencias de consumo de más del 20% entre equipos de igual cantidad de BTU.

Si bien Paraguay no cuenta con normativas al respecto, muchos de los equipos y electrodomésticos que se comercializan en nuestro mercado provienen de la Argentina o del Brasil y en estos países sí es obligatorio el uso de etiquetas energéticas.

Conociendo el consumo de equipos electrodomésticos

Es importante saber, al prender un equipo, cuánta energía está consumiendo. Los equipos que mayor cantidad de energía eléctrica consumen son los que generan calor, por ejemplo: **termocalefones, planchas, duchas eléctricas**, etc. Después le siguen los **acondicionadores** de aire. A continuación, presentamos una tabla de los distintos equipos eléctricos con su correspondiente consumo. Estos consumos son promedios y pueden variar en cada equipo.

Si uno se propone bajar el consumo eléctrico o, por lo menos, tenerlo bajo control es importante saber cómo medirlo:

1. Anotar las cifras que aparecen en el reloj del medidor, esto será el punto de partida.

2. Volver a anotar las cifras del medidor luego del tiempo que se quiera medir, esto puede ser un día, una semana o un mes. Haciendo, por ejemplo, un control semanal, uno puede evitar encontrarse con sorpresas a fin de mes.

3. Restar ambas lecturas para tener el consumo real en ese periodo.

4. Multiplicar el resultado por la tarifa correspondiente.

Medidor eléctrico.[1]

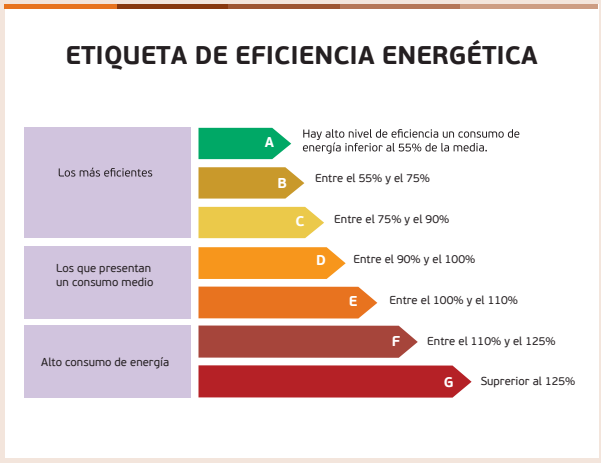
Iluminación

La iluminación es de suma importancia cuando se habla de eficiencia energética, y la razón es muy simple: todos los días, y gran parte del día, se utilizan artefactos lumínicos, por lo tanto si se suma la cantidad de artefactos de iluminación que se utilizan por las horas de uso, se puede verificar la enorme cantidad de energía consumida.

La eficacia de un artefacto de iluminación está dada por la relación entre el consumo del artefacto y la cantidad de iluminación que entrega, en términos algo más técnicos: es la cantidad de lúmenes que entrega por cada vatio que consume. Es importante verificar estos valores antes de adquirir un artefacto.

A continuación, damos un ejemplo clásico comparativo entre dos tecnologías: Las lámparas incandescentes (llamados simplemente focos) son muy poco eficientes, esto se debe a que la mayor cantidad de energía consumida se transforma en calor, y no en luz. En consecuencia, se recomienda la utilización de luces de bajo consumo, que son luces compactas fluorescentes que tienen el mismo tipo de roscas que las incandescentes y consumen, aproximadamente, cinco veces menos de energía.

Lámpara incandescente y de bajo consumo.



Etiqueta energética de los electrodomésticos.

Equipo	Potencia W
Horno eléctrico	5.000
Ducha eléctrica	4.400
Cocina eléctrica	3.500
Acondicionador de aire	1.500
Termocalefón	1.500
Lavaplatos	1.500
Microondas	1.500
Estufa	1.200
Secador de ropas	1.100
Secador de cabellos	1.000
Calentador de agua	1.000
Plancha	1.000
Tostadora eléctrica	800
Aspiradora	700
Computadora	400
Heladera	300
Licuadora	300
Televisor	150
Foco común incandescente	100
Equipo de sonido	100
Fluorescente	40
Ventilador de techo	80

Demanda eléctrica de varios equipos eléctricos.

Es importante destacar que el **Estado se propone distribuir focos de bajo consumo a un millón de familias en forma gratuita**.

Heladeras

Si bien hoy las heladeras son mucho más eficientes que hace un par de décadas, se siguen fabricando con distintas categorías de eficiencia. Es importante, an-

* “British Thermal Unit”; 1 BTU = 1055 Joule

tes de comprar una nueva, verificar la etiqueta energética y preferentemente adquirir la categoría A o B. Entre estas y las convencionales no eficientes existen diferencias de consumo de alrededor del 50%.

Consejos para el ahorro de la energía eléctrica:

- Un punto clave para el ahorro de energía es cambiar el uso de ciertos equipos y el comportamiento de estos al mismo tiempo. A continuación, algunos consejos para el ahorro de energía:
- Utilizar preferentemente monitores para computadoras o televisores planos, en vez de los convencionales, con tubos de rayos catódicos. También usar notebooks en sustitución de las PC convencionales.
- Cambiar las bombillas (focos) convencionales incandescentes por otras de bajo consumo.
- Para luces exteriores que sirven para la iluminación nocturna, utilizar un sensor tipo fotocélula para que se prendan y apaguen automáticamente, de manera a evitar que queden prendidas en horas de sol.
- Utilizar motores de inducción trifásicos en lugar de monofásicos. En motores de potencia equivalente, su eficiencia es de 3% a 5% mayor y su factor de potencia mejora notablemente.
- Utilizar electrodomésticos y equipos eficientes con categoría A.
- Instalar sensor de movimientos para el encendido de luces en áreas de circulación.
- Al usar acondicionadores de aire, cerrar todas las aberturas y regular la temperatura a no menos de 24 grados.

7.3. Parque automotor

En el Paraguay, la incidencia del parque automotor respecto de la contaminación ambiental es muy elevada, esto se debe a que los vehículos utilizan, en su totalidad, combustibles derivados del petróleo, a diferencia de la matriz energética que en la parte de producción proviene, casi en su totalidad, de las hidroeléctricas.

También es importante acotar que en los últimos 10 años el parque automotor ha crecido de manera sin precedentes, tanto en la capital como en el resto del país. Este fenómeno de crecimiento independiente al crecimiento económico se debe también a los bajos costos, tanto para la adquisición de motos de marcas nacionales como del auge de la importación de vehículos usados.

El término de eficiencia energética en los rodados se refiere, básicamente, a la cantidad de kilómetros recorridos por cada litro de combustible, o, en 100 kilómetros, cuántos litros de gasolina consume el vehículo.

La eficiencia de los vehículos va mejorando con los años, cada 10 años los vehículos, en promedio, consumen entre 10% y 15% menos de combustible que los vehículos más viejos. En el Paraguay, abundan vehículos con más de 10 años de uso debido a la importación de vehículos de segunda mano. En esa franja, están también los taxis y ómnibus de transporte público.

Recomendaciones para un menor consumo

- Si se usa el acondicionador de aire del vehículo, se recomienda polarizar los vidrios exteriores del móvil, y en caso de estacionarlo en el sol dejar un par de ventanillas levemente abiertas (alrededor de 1 cm), esto evitará que el equipo trabaje de manera excesiva.
- Calibrar, cada cierto tiempo, las cubiertas. Estas, parcialmente desinfladas, crean mayor rozamiento y generan un mayor consumo, pudiendo llegar hasta un 5%.
- No caliente el motor (salvo en días muy fríos y en vehículos diésel, es suficiente algunos segundos). Es un mito que hay que calentar el motor todas las mañanas antes de salir, esto no beneficia para nada al vehículo, solo contribuye a un mayor consumo y contaminación del ambiente.

Embotellamiento.

- Mantener, dentro de lo posible, velocidades de manejo constantes, evitar continuas aceleraciones y frenadas.
- Mantener, en lo posible, régimen bajo de las revoluciones, no cambiar de marcha en revoluciones elevadas. En vehículos nafteros, se puede cambiar entre 2000 y 2500 rpm y en vehículos diésel entre 1500 y 2000 rpm.
- En paradas prolongadas o tráfico extremo, es aconsejable apagar el motor.
- Para manejo en ruta, evitar exceder los 100 km/h.
- Evitar viajar solo en un vehículo, tratar en lo posible de compartir un mismo vehículo, para disminuir la cantidad de automotores en tránsito.
- Si tiene un vehículo naftero no caiga en el error (muy común de hecho) que cuanto mayor es el octanaje del combustible es mejor para su vehículo, utilice el recomendado en su manual y recuerde que un octanaje mayor al que necesita no beneficia en nada, sin embargo un octanaje menor al que necesita puede ser muy perjudicial.

7.4. Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática consiste en el **diseño de edificaciones tomando en cuenta las condiciones climáticas**. También aprovecha los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, viento) para disminuir los impactos ambientales, intenta minimizar el consumo energético y, con él, la contaminación ambiental y aumenta el confort de sus usuarios o habitantes.

Al realizar una construcción con criterios bioclimáticos puede suponer un costo inicial superior (o similar), pero a mediano y a largo plazo supone importantes ventajas económicas al tornarse innecesario el uso de sistemas de climatización con sus altas demandas energéticas y económicas.

Es posible observar en el país edificaciones antiguas con conceptos bioclimáticos, como, por ejemplo, el famoso **corredor yeré**, que consiste en una galería perimetral alrededor de la casa creando sombras en las paredes y permitiendo controlar, eficientemente, el confort térmico. También el uso de techos de paja da excelentes resultados en cuanto a aislación térmica se refiere.

Es común que las personas que quieren construir una vivienda o un edificio traten de ahorrarse los honorarios de un profesional a la hora de realizar un proyecto, sin embargo, terminan en edificaciones poco eficientes (confort, consumo eléctrico).

Factores que considerar para una edificación

La **forma** y la **orientación** del edificio influyen en las pérdidas y ganancias de calor. La forma ideal es una casa compacta y alargada, es decir, de planta rectangular.

De acuerdo con la necesidad, es posible aprovechar las orientaciones para absorber calor en la vivienda y retenerlo o, al contrario, para minimizar su ingreso y crear un ambiente más fresco. Se deben evitar ganancias excesivas de calor, por lo tanto no a los muros sin sombras o aislaciones, así como grandes ventanales orientados a mucha radiación (principalmente el oeste).

También la **vegetación** guarda relación con lo edificado, sin embargo, gracias a ella una edificación puede resultar confortable o no en términos de captación y retención de calor, según la disposición de la vegetación. Para esto se debe tener en cuenta el recorrido del sol y ver la incidencia de las sombras sobre la edificación. Otra forma de evitar el impacto de la radiación solar en ciertas paredes es el uso de galerías.

El **aislamiento térmico** se utiliza tanto para impedir el ingreso del calor en la edificación, como para

La Casa Solar en San Bernardino constituye un buen ejemplo de arquitectura bioclimática.

evitar que el fresco que pueda existir en el interior se disipe con facilidad. Esto se logra utilizando materiales adecuados tanto en los techos, muros y aberturas. También se pueden utilizar muros dobles (con cámara de aire en su interior) que frenan la transmisión del calor al interior.

La diferencia de temperatura y presión entre dos edificaciones con orientaciones opuestas, genera una corriente de aire que facilita **la ventilación** y, como su nombre lo indica, las aberturas se colocan en lugares opuestos. Se debe tener presente que, en algunas ocasiones, cuando la temperatura interior de la vivienda es más confortable que la exterior, hay que cerrarla.

Una excelente forma de aislamiento que impida que el calor ingrese en la edificación es el uso de **techos y paredes verdes**. Reciben el nombre de paredes verdes las enredaderas que crecen trepando la pared, y los techos verdes son una suerte de jardín, normalmente de pasto, en cubiertas planas, pero para eso hay que prever el peso de este.

Techos y paneles verdes.

A fin de evitar el uso excesivo de iluminación artificial, hay que analizar tanto la forma de la edificación como los lugares y tamaños de las aberturas, a fin de optimizar la **iluminación natural** en horas diurnas.

Otra excelente posibilidad para guardar energía es el uso de **calefones solares** como sustituto de calefones eléctricos, duchas eléctricas o para la climatización de piscinas. Más información sobre lo afirmado la podemos encontrar en el Capítulo de Energía Solar en la página 54.

Más informaciones:

http://www.epec.com.ar/edu_institucional_cuad3.html

http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica

"Guía básica de eficiencia energética, arquitectura y movilidad sustentable." Itaipú Binacional.

Capítulo 8

Proyectos y oportunidades de estudio en Universidades

Luis Gill Mairhofer, Estudiante de la UCA
Juan L. Balsevich P., Prof. de la Facultad de Ingeniería, de la UNA

La necesidad de hacer frente a los problemas socio-ambientales, principalmente la escasez o la mala utilización de los recursos energéticos disponibles en Paraguay, ha llevado a las principales universidades locales, como **la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y la Universidad Católica Ntra. Sra. de la Asunción (UCA)** a crear condiciones para el desarrollo de proyectos y programas de estudio, orientados a la capacitación y la búsqueda de soluciones a dicha problemática.

Es así como en los últimos años, gracias a la firma de convenios con distintas instituciones, tanto nacionales como extranjeras, se han llevado adelante varias líneas de investigación, proyectos y oportunidades de estudio referentes a la eficiencia energética y al uso de energías renovables.

Estación meteorológica automática.

Un ejemplo de todo esto fue la creación de la **Maestría en Energía para el desarrollo sostenible, Energías renovables y Eficiencia Energética**, gracias a un convenio realizado entre la Facultad de Ingeniería de la UNA, la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UCA y la Universidad Politécnica de Cataluña, España (UPC).

Estación de transferencia de calor.

La misma está enfocada a temas como la sostenibilidad, las tecnologías energéticas y al estudio de la energía solar térmica, solar fotovoltaica, eólica y de la biomasa. A su vez, se caracteriza por ser un posgrado internacional, de tipo semipresencial, con la particularidad de que los egresados obtienen el título concedido por las instituciones mencionadas.

Dicha maestría va dirigida, especialmente, a titulados/as de las diferentes ramas de la ingeniería y de carreras científico-técnicas; a técnicos, responsables y profesionales de los diferentes sectores de la administración, a consultores, promotores, agentes sociales, o a profesionales de ingenierías y empresas; también, y particularmente, a profesores de cualquier nivel de educación interesados en temas energéticos.

A excepción de las actividades de la UNA y la UCA, en la Universidad Nacional de Itapúa (UNI) la Maestría en Gestión de la Energía está en proyecto. La Universidad San Carlos en Asunción prepara, junto con universidades asociadas de Alemania, distintos proyectos de investigación en el tema de utilización de residuos y uso sostenible de los recursos naturales.

Otras Universidades que estarían impulsando activamente temas de tesis, cursos y seminarios (entre otros), relacionados a energías renovables son la Universidad Técnica de Comercialización y Desarrollo (UTCD), la Universidad Politécnica y Artística del Paraguay (UPAP), la Universidad del Cono Sur de las Américas (UCSA), Uninorte y la Universidad Tecnológica Internacional (UTIC).

Es importante destacar algunos convenios de cooperación inter-institucional relacionados a energías limpias, que ya existen entre Universidades Paraguayas y Alemanas.

A nivel medio (preuniversitario), existe el Bachillerato Técnico en Ciencias Ambientales (1.º, 2.º y 3er. Curso), vigente desde el 2001. En casi 30 colegios en toda la República, se enseña "Energías Renovables" como asignatura, pero faltan laboratorios. Justamente ahora están revisando la malla curricular.

En el tema de Eficiencia Energética /Bioclimatismo trabajan la UNA y la UCA y, además, la Universidad Columbia.

Entre los proyectos de investigación generados a raíz de la maestría mencionada, podemos citar los siguientes proyectos:

- La Evaluación del recurso eólico como potencial fuente de energía renovable para comunidades aisladas del Paraguay. Este proyecto, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), reveló que existen varias regiones del Chaco Paraguayo con gran potencial de viento para la generación de electricidad en pequeña escala, y, en menor medida, zonas con capacidad productiva a gran escala.
- La creación de un prototipo de embarcación eléctrica propulsada con energía solar fotovoltaica (en proceso). Diseñado por ingenieros de la Universidad Católica, con el apoyo del Parque Tecnológico de Itaipú (PTI), sería la primera de su tipo en Sudamérica. En el futuro estará en el embalse de Itaipú.
- Existe también un estudio del desempeño térmico de una vivienda económica. Es el caso de una vivienda unifamiliar típica de la zona aledaña al Área Metropolitana de la ciudad de Asunción.

Otros proyectos en proceso de investigación de la UNA y la UCA son:

- Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la potencial producción de biocombustibles a partir del mbokajá (coco).
- Diseño y construcción de un prototipo de secadero solar del almidón de mandioca artesanal.
- Análisis para la utilización de la energía eólica en edificios en altura, para la obtención de ahorro entre el 11% al 40% de la energía consumida en red.
- Aplicación de nuevos métodos y técnicas para el mejoramiento de la eficiencia energética en las plantas de tratamiento de agua potable en los países de la Región Sur de América. Estudio de caso para la Planta de Tratamiento de Encarnación.
- Diseño de un biodigestor utilizando la codigestión de agua residual y residuos orgánicos para la producción de biogás en una casa sustentable.
- Análisis energético de la vinaza como fuente generadora de gas metano para la producción de energía eléctrica.
- Mejoramiento del combustible diésel por medio del agregado de alcohol etílico anhidro, que posibilite ahorro energético en el consumo y una menor contaminación del medio ambiente.
- Materiales de construcción para viviendas sustentables en Asunción.

Anexos

Lista de direcciones

Empresas

Agrodiesel Paraguay

Especialización: Producción de Biodiésel
Contacto: Antonio de Sousa Oliveira
Tel.: 0982 - 520 888
E-mail: AgrodieselParaguay@hotmail.com

Baterías Tonina

Especialización: Baterías de ciclo profundo para sistemas a energías renovables, equipos para energía solar fotovoltaica y eólica
Contacto: Alberto Tonina
Dirección: Tacuary 913, Asunción
Tel.: 021 - 444 530
E-mail: tonina@tonina.com.py
Web: http://www.tonina.com.py

Cedesol Ingeniería

Especialización: Energía solar, uso eficiente de biomasa
Contacto: Cesarino Benítez
Dirección: Ruta Mcal. Francisco Solano López 1410, km 21, Capiatá
Tel.: 021 - 579 831
E-mail: cedesol@tigo.com.py
Web: http://www.cedesol.com.py

Ecopetrol

Especialización: Distintos tipos de biocombustibles
Contacto: Luis Servín
E-mail: lservin@ecop.com.py
Web: http://www.ecop.com.py/

Energía alternativa

Especialización: Todo tipo de energías renovables
Contacto: Eduardo Viedma
Dirección: Tte. Ayala Velásquez 328, Asunción
Tel.:021 - 228 583
E-mail: info@energiaalternativa.com.py
Web: http://energiaalternativa.com.py/

ENERPY S.A.C.I. - Energías Renovables Paraguay Sociedad Anónima, Comercial e Industrial

Especialización: Producción de productos derivados de la biomasa.
Contacto: Lic. Javier Saldaña - Departamento de Marketing
Dirección: Emeterio Miranda 808 esq. Dr. Manuel Frutos, Asunción
Tel.: 021 - 622 743
E-mail: marketing@enerpy.com.py
Web: http:// /www.enerpy.com.py

Enertec – Energy Service Company

Especialización: Sistemas Energéticos descentralizados, turbinas eólicas
Contacto: Humberto Berni
Dirección: Andrés Campos Cervera 5305 2B, Asunción
Tel.: 021 - 614 101
E-mail: humberto@enertec.com.py
Web: http://www.enertec.com.py/

Engineering Intertec

Especialización: Servicio para la conservación de la energía
Contacto: Liliana Sandoval
Dirección: Gral. Delgado 1752 c/ Patricio Escobar, Asunción
Tel.: 021 - 922 225
E-mail: info@engineering-intertec.com.py
Web: www.engineering-intertec.com.py

Gotze Ingeniería

Especialización: Generadores eléctricos y energía eólica
Contacto: Ing. Emilio Gotze Petersen
Dirección: Tte. Ettiene y 10, Fernando de la Mora
Tel.: 021 - 672 778
E-mail: comercial@gotze.com.py
Web: http://www.gotze.com.py/

Meeco Group

Especialización: Sistemas solares fotovoltaicos, parques solares, baterías de almacenamiento en escala industrial.
Contacto: Dr. Agr. Oliver Jann
Dirección: Ntra. Sra. Del Carmen 555, Asunción
Tel.: 0982 - 834 191
E-mail: o.jann@meeco.net
Web: http://www.meeco.net/

Molino San Luis S.R.L.

Especialización: Venta de energía solar
Contacto: Ángel Talavera
Dirección: Artigas y Uruguay, Asunción
Tel.: 021 - 223 131 (208 008)
E-mail: molinossanluissrl@hotmail.com

Nature Office

Especialización: Energías eficientes y tráfico de CO2
Contacto: César Bogado
Dirección: Mcal. Estigarribia 3470, Asunción
Tel.: 0971 - 205 883
E-mail: latinoamerica@natureoffice.com
Web: www.natureOffice.com

Phoenix

Especialización: Fábrica de alcohol hidratado y absoluto
Contacto: Ing. Vicente Escobar
Dirección: Km. 23 Ruta 2
Tel.: 0228 - 632 550/1
E-mail: info@phoenix.com.py
Web: www.phoenix.com.py

Prarex

Especialización: Biogás, reciclado de basura y cereales
Contacto: Cynthia Galiano
Dirección: Torreani Viera 885, Asunción
Tel.: 021 - 623 634
E-mail: cgaliano@prarex.com
Web: www.prarex.com

Siemens Paraguay

Especialización: Todo tipo de industrias y tecnología
Contacto: Rieder & Cía. S.A.C.I.
Dirección: Avenida Artigas 1945, Asunción
Tel.: 021 - 214 114
E-mail: webmaster.ranr@siemens.com
Web: http://www.rieder.com.py/siemens/

Entidades Binacionales

Itaipú Binacional

Especialización: hidroeléctrica y otros proyectos de EE.RR.
Contacto: Luis María Fleitas, Superintendente de energías renovables
Dirección: Gral. Santos 472, Asunción
Tel.: 021 - 248 1106
E-mail: lmfleitas@itaipu.gov.py
Web: www.itaipu.gov.py

Yacyretâ Binacional (EBY)

Especialización: hidroeléctrica
Contacto: César Bordón Toledo
Dirección: Gral. Díaz 841, Asunción
Tel.: 021 - 445 611
E-mail: cesar.bordon@eby.goy.py
Web: http://www.eby.gov.py/

Gremios y asociaciones

Asociación Paraguaya de Arquitectos (APAR)

Especialización: Energía eficiente para casas
Contacto: María Luz Cubilla, Presidenta
Dirección: Alberdi 456 e/Estrella y Oliva, Asunción
Tel.: 021 - 299 802
E-mail: aparpresidencia@gmail.com
Web: http://www.apar.com.py

Asociación Paraguaya de Energías Renovables (APER)

Especialización: Todo tipo de energías renovables
Contacto: Jean Claude Pulfer
Dirección: Tte. Ayala Velásquez 328, Asunción
Tel.: 021 - 228 583
E-mail: info@aper.org.py
Web: http://www.aper.org.py

Asociación Paraguaya de Hidrógeno (APH)

Especialización: Propiciar el desarrollo tecnológico y económico del hidrógeno
Contacto: Juan Domaniczky
Dirección: América 358 e/ Mariscal López, Asunción
Tel.: 021 - 211 211
E-mail: jdomaniczky@gmail.com
Web: www.h2pi.com.py

Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos (APRH)

Especialización: Propiciar y difundir proyectos que apoyen el desarrollo económico y tecnológico de los recursos hídricos.
Contacto: Pedro Domaniczky
Dirección: José de Lara Castro Nº 160 c/ Facundo Machaín, Asunción
Tel.: 0971 - 738 002
E-mail: presidencia@aprh.org.py
Web: http://www.aprh.org.py

Cámara Paraguaya del Biodiésel (Biocap)

Especialización: Gremio de empresas productoras de biodiésel y asociadas a la cadena de valor agregado de esta actividad
Contacto: Carlos Büttner / Eduardo Vuyk
Dirección: Av. Artigas 1770, Asunción
Tel.: 021 281 - 537 (207 195)
E-mail: hardy@conexion.com.py
Web: http://www.biocap.org.py/index.php

Centro de Cooperación Empresarial y Desarrollo Industrial

Especialización: Inversiones en energías renovables
Dirección: Cerro Corá N.º 1038, Asunción
Tel.: 021 230 047 - 495 724
E-mail: cedial@cedial.org.py
Web: http://www.cedial.org.py

Cruz del Sur

Especialización: Obras y montajes agroindustriales
Contacto: René Jorvath Nasser
Dirección: Tte. 2.º V. Alvarenga 1252, Asunción
Tel.: 021 281 - 817
E-mail: ceo@cruzdelsur.com.py
Web: http://www.cruzdelsur.com.py

Unión Industrial Paraguay (UIP)

Especialización: Gremio de los industriales del Paraguay
Contacto: Arq. Luis Tavella
Dirección: Av. Stmo. Sacramento 945, Asunción
Tel.: 021 606 - 988
Web: http://www.uip.org.py

Universidades

Universidad Nacional de Asunción (UNA)

Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Agrarias
Dirección: Ciudad Universitaria San Lorenzo
Web: http://www.ing.una.py y http://www.agr.una.py/

Universidad Católica Ntra. Sra. de la Asunción (UCA)

Facultad de Ciencias y Tecnología
Dirección: Tte. Cantaluppi y G. Molinas, Asunción
Web: http://www.cyt.uc.edu.py/

Universidad Nacional de Itapúa (UNI)

Facultad de Ingeniería
Dirección: Abg. Lorenzo Zacarías 255 c/Ruta 1, Km 2, Encarnación
Web: http://www.uni.edu.py

Universidad San Carlos

Dirección: General Garay 798 c/ Av. España, Asunción
Web: http://www.universidadsancarlos.edu.py/

Universidad del Cono Sur de las Américas (UCSA)

Dirección: Avda. España 443 c/ Brasil, Asunción
Web: http://www.ucsa.edu.py/

Universidad Técnica de Comercialización y Desarrollo (UTCD)

Web: http://www.utcd.edu.py/

Universidad Politécnica y Artística del Paraguay (UPAP)

Dirección: Avda. Santa Teresa c/ Avda. Mcal. López, Asunción
Web: http://www.upap.edu.py

Universidad Columbia

Dirección: Avda. España 1239 c/ Padre Cardozo, Asunción
Web: http://www.columbia.edu.py/

Uninorte

Dirección: España 676 c/ Boquerón, Asunción
Web: http://www.uninorte.edu.py

Universidad Tecnológica Internacional (UTIC)

Dirección: Mcal. Estigarribia 1366, Asunción
Web: http://www.utic.edu.py

Ministerio de Educación y Cultura (MEC)

Informaciones sobre actividades a nivel colegio
http://www.mec.gov.py
Ing. Dora González de Curi

Ministerios y otras instituciones

Observatorio Internacional de Energías Renovables de Paraguay

Responsabilidad en el Sector de Energías Renovables:

- Auna esfuerzos de instituciones dedicadas* a la promoción de energías renovables, utilizando como herramienta la plataforma de conocimiento y la articulación de proyectos.

Dirección: Gral. Santos 472, Asunción
Tel.: 021 – 240 1129
Web: http://www.renenergyobservatory.org/es/

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)

Responsabilidades en el Sector de Energías Renovables:

- Competencia en materia de energía y control directo de las entidades del sector energía
- Elabora un anteproyecto de Ley que crearía el Ministerio o la Secretaría de Energía, Minas e Hidrocarburos

Dirección: Oliva 411 y Alberdi, Asunción
Tel.: 021 - 414 9000
Web: http://www.mopc.gov.py/

Viceministerio de Minas y Energía (VMME) del MOPC

Responsabilidades en el Sector de Energías Renovables:

- Ente rector del sector energético nacional
- Establece y orienta la política referente al uso y manejo de los recursos energéticos
- Fiscaliza el uso adecuado de los recursos

Dirección: Los Rosales y Ñangapiry, San Lorenzo
Tel.: 021 - 670 924
Web: http://www.ssme.gov.py

Administración Nacional de Electricidad (ANDE)

Responsabilidades en el Sector de Energías Renovables:

- Ente ligado al MOPC. Ejerce el monopolio legal del servicio público de electricidad
- Coordina y orienta el desarrollo eléctrico del país y fomenta el consumo de la energía
- Tiene un Departamento de energías renovables
- Elabora planes y programas de desarrollo eléctrico; proyecta, construye y adquiere obras de generación, transmisión y distribución eléctrica

Dirección: Avda. España 1268, Asunción
Tel.: 021 - 519 6000
Web: http://www.ande.gov.py

Ministerio de Industria y Comercio (MIC)

Responsabilidad en el Sector de Energías Renovables:

- Promueve la formación y fomenta el desarrollo de industrias básicas como las de biocombustibles sólidos y líquidos; y las de aprovechamiento de fuentes energéticas

Dirección: Av. Mcal. López 3333 c/ Dr. Weiss, Asunción
Tel.: 021 - 616 3000
Web: http://www.mic.gov.py

Instituto Nacional de Tecnología y Normalización (INTN)

Responsabilidades en el Sector de Energías Renovables:

- Ligado al MIC, realiza investigación, desarrollo y normalización de las fuentes nuevas y renovables de energía
- El desarrollo normas relativas a las especificaciones de etanol y biodiésel
- Tiene Departamento de energías renovables

Dirección: Avda. Artigas 3973 y Gral. Roa, Asunción
Tel.: 021 - 290 160
Web: http://www.intn.gov.py

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Responsabilidades en el Sector de Energías Renovables:

- Promueve y fiscaliza la producción de materias primas, tanto de origen vegetal como animal, que serán utilizadas en la elaboración de biocombustibles y emite sus certificados de origen.

* MOPC, Itaipú, ANDE, EBY, REDIEX, INTN, Infona

- Desarrolla un amplio plan agrícola que tiene por objeto el apoyo de los coproductores de las materias primas para la producción de biocombustibles.

Dirección: Yegros 437, Asunción
Tel.: 021 - 452 316
Web: http://www.mag.gov.py/

Secretaría del Ambiente (SEAM)

Responsabilidades en el Sector de Energías Renovables:

- Formula, coordina, ejecuta y fiscaliza la política ambiental nacional
- Se encarga del ordenamiento ecológico y la preservación del medioambiente
- Ejerce su autoridad en la aplicación del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)
- Emite los certificados de reducción de emisiones correspondientes a proyectos en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Dirección: Madame Lynch 3500, Asunción
Tel.: 021 - 615 805
Web: http://www.seam.gov.py

Comisión de Entes Binacionales Hidroeléctricos (CEBH)

Responsabilidad en el Sector de Energías Renovables:

- Órgano asesor del Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE) en el área de energía y de las negociaciones binacionales de las hidroeléctricas

Dirección: Palma y 14 de mayo, Asunción
Tel.: 021 - 493 928
Web: http://cebh.mre.gov.py

Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX)

Responsabilidades en el Sector de Energías Renovables:

- Mesa sectorial de biocombustibles de la Red de Importaciones y Exportaciones
- Reúne a entidades públicas y privadas y universidades relacionadas con el tema, a fin de concentrar esfuerzos para mejorar la competitividad de los biocombustibles

Dirección: Av. Mcal. López 3333 c/ Dr. Weiss, Asunción
Tel.: 021 616 3028
Web: www.rediex.gov.py

Instituto Forestal Nacional (INFONA)

Responsabilidad en el Sector de Energías Renovables:

- Impulsa los mecanismos más eficaces para la promocíon y el desarrollo de los recursos forestales

Dirección: Ruta Mcal Estigarribia, Km 10,5
Tel.: 021 – 570 518
Web: http://www.infona.gov.py/

Más informaciones sobre el tema

Informaciones generales en el mundo

- Organización latinoamerica de energía
  http://www.olade.org.ec/
- Informaciones generales sobre el tema
  http://www.energias-renovables.com
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio-ambiente
  http://www.pnuma.org/
- Plataforma sobre proyectos y acciones en Latina América de la International Technical Cooperation
  https://www.ptb.de/lac/index.php?id=5006

Informaciones sobre el Paraguay

- Programa de electrificación de áreas rurales en el Paraguay
  http://programaeuro-solar.eu/home.php
- Plataforma del observatorio de energías renovables de la ONUDI
  http://www.renenergyobservatory.org/world.html
- Centro Internacional de Hidroinformática para promover la hidroinformática aplicada a la gestión de las aguas
  http://www.hidroinformatica.org/
- "Parque Tecnológico Itaipú" Fundación PTI
  http://www.pti.org.py/

Informaciones sobre ONG

- Informaciones generales para cocinas solares (en inglés)
  http://www.solarcookers.org/
- Informaciones sobre el "Centro de desarrollo solar"
  http://cedesol.org/
- Fundación EcoAndina, proyecto de un pueblo solar en los Andes (Argentina)
  http://www.ecoandina.org/
- Fundación Celestina Pérez de Almada para la protección del medioambiente
  http://www.martinalmada.org/attivita/celestina.html
- Wiki con todas las informaciones sobre Solar cooking
  http://solarcooking.wikia.com
- Fundación Moisés Bertoni "Conservación de la naturaleza"
  http://www.mbertoni.org.py/
- Gestión ambiental para el desarrollo sostenible
  http://www.geam.org.py
- Diversas publicaciones sobre el tema biogás (la mayoría en inglés)
  http://www.gate-international.org/energy.htm
- Diversas publicaciones sobre el tema biogás (en inglés)
  http://www.borda-net.org/index.php?id=140

Abreviaturas

ANDE = Administración Nacional de Electricidad

APER = Asociación Paraguaya de Energías Renovables

B5, B10, B20 = Diésel con 5, (10, 20) % Biodiésel

BEP = Barril equivalente de petróleo

BTU = Britsh Thermal Unit

CEDESOL = Centro de desarrollo de energía solar

CFC = clorofluorocarbono

CH_4 = Metano

CIH = Centro internacional de hidroinformática

CMR = Comisión Mundial de Represas

CO_2 = Dióxido de carbono

DENA = Agencia Alemana de Energía (Deutsche Energie Agentur)

DGEEC = Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos

E85, E100 = Nafta con 85, (100) % Etanol

EAWAG = Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Alem. = Instituto del suministro de agua, tratamiento de aguas residuales y la protección del agua)

EE.RR = Energías Renovables

EE.UU. = Estados Unidos

GEI = Gases de efecto invernadero

GIZ = Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

GWP = Global Warming Potencial (Indicé potencial)

HP = Caballo de potencia (Ing. = Horse Power)

IEA = International Energy Agency (=Agencia Internacional de Energía)

INFONA = Instituto Forestal Nacional

INTN = Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología

lts = litros

km = kilómetro

km^2 = kilómetros cuadrados

km/h = kilómetros por hora

m = metros

m^3 = metros cúbicos

m/s = metros por secundo

MAG = Ministerio de Agricultura y Ganadería

MDL = Mecanismo de Desarrollo Limpio

MIC = Ministerio de Industria y Comercio

MOPC = Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones

N.º = Número

NASA = Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (Ing. = National Aeronautics and Space Administration)

NEMA = Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (Ing. = National Electrical Manufacturers Association)

OLADE = Organización Latinoamericana de Energía

ONG = Organización no gubernamental

p. ej. = por ejemplo

PETROPAR = Petróleos Paraguayos

PTIEE = Producción y transporte independiente de energía eléctrica

REDIEX = Red de Inversiones y Exportaciones

RMO = Reactor Material Orgánico

rpm = revoluciones por minuto

S.A. = Sociedad Anónima

SODIS = Desinfección solar del agua

US$ = Dólares norteamericanos

UV = Radiación ultravioleta

V = Volta

VMME = Viceministerio de Minas y Energías

Notas al pie

[1] BP, World Energy Report 2010 www.bp.com/statisticalreview, 31.03.2011

[2] Tecson GmbH, www.tecson.de/poelhist.htm, 31.03.2011

[3] Energy Statistics Working Group Electricity Market, http://www.iea.org/, 01.04.2011

[4] Dirección de Meteorología e Hidrología, http://www.meteorologia.gov.py, 01.04. 2011

[5] Prof. Dr. Ing. Ch. Franke, Seminario "Uso racional de Energías", Universidad de Braunschweig 2006

[6] http://www.colegiojjfl.com/Equiposproyecto/3C/2/medioambienteNMPM3C/efecto_invernadero.htm, 01.04.2011

[7] http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-WG1.pdf, 01.04.2011

[8] http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf, 01.04.2011

[9] Prof. Benjamín Grassi, Facultad Politécnica UNA "Aspectos climáticos que hacen a la construcción" Presentación Casa Alemana.

[10] Viceministerio de Minas y Energías www.ssme.gov.py, 01.04.2011

[11] Balance de energía equivalente 2009 – VMME- www.ssme.gov.py, 01.04.2011

[12] ANDE. Plan Maestro de Generación, Transmisión y Distribución. Periodo 2009-2018. www.ande.gov.py

[13] http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/TripticoPrincipalesResultadosEPH2009/Triptico_EPH_total_pais_2009.pdf, 01.04.2011

[14] http://www.solostocks.com/venta-productos/hogar/utensilios-cocina/briquetas-de-serrin-prensadopaquete-de-10-kilos-3876041, 01.04.2011

[15] http://www.depi.de/bildmaterial.php, 01.04.2011

[16] REDIEX, www.rediex.com.py, 01.04.2011

[17] http://solarcooking.wikia.com/wiki/Rocket_stove

[18] GTZ – HERA (Household Energy Programm) "Here comes the sun – Options for using solar cookers in developing countries" Eschborn 2007

[19] Estudios realizados por la UNA/FIA/CIF/GTZ(1.987) http://www.wwf.org.py/lineas_accion/gis/tasas_y_estadisticas/, 01.04.2011

[20] http://www.wwf.org.py/lineas_accion/gis/

tasas_y_estadisticas/, 01.04.2011

[21] http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/

TripticoPrincipalesResultadosEPH2009/Triptico_

EPH_total_pais_2009.pdf, 01.04.2011

[22]http://www.wwf-jugend.de/leben/energie-sparen/e10---neues-biobenzin--nicht-wirklich-%3B2320, 01.04.2011

[23] http://tonto.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1, 01.04.2011

[24] http://www.iea.org/stats/renewdata.asp?COUNTRY_CODE=20, 01.04.2011

[25] F.O. Licht, cited in Renewable Fuels Association, Ethanol Industry Overlook 2010

[26] http://www.ethanolrfa.org/page/-/objects/pdf/outlook/RFAoutlook2010_fin.pdf?nocdn=1

[27] http://www.netcarshow.com/saab/2006-9-5, 01.04.2011

[28] ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Vehículos Automotores (Brasil)

[29] Ministerio de Industria y Comercio – Dirección General de Combustible, www.mic.gov.py, 01.04. 2011

[30] Manual para la Producción del Biogás, Instituto de Ingeniería Rural, I.N.T.A. – Cautelar, autor: Ing. A. M. Sc. Jorge A. Hilbert.

[31] Ing. Luis Fleitas: Datos extraídos del artículo publicado el 18 de octubre de 2009 en ABC Color

[32] http://www.enerpy.com.py/index.php?seccion=tecnologiaRmo, 01.04.2011

[33] http://www.all-rankings.com/science-and-mathematics-geography/r-82c27c146b/top-20-largest-hydroelectric-power-stations-world-wide, 01.04.2011

[34] http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserrad, 01.04.2011

[35] Estudio de la Comisión Mundial de Represas (CMR)

[36] Foto de Google Maps, www.maps.google.com

[37]http://view.stern.de/de/original/Technik-Wasserkraft-Walchenseekraftwerk-Peltonturbine-Peltonturbine-Grau-Technik-%26-Verkehr-359558.html, 01.04.2011

[38] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Francis_Turbine_complete.jpg, 01.04.2011

[39] http://www.blogdem.it/angelo-costanzo/tag/concessioni-

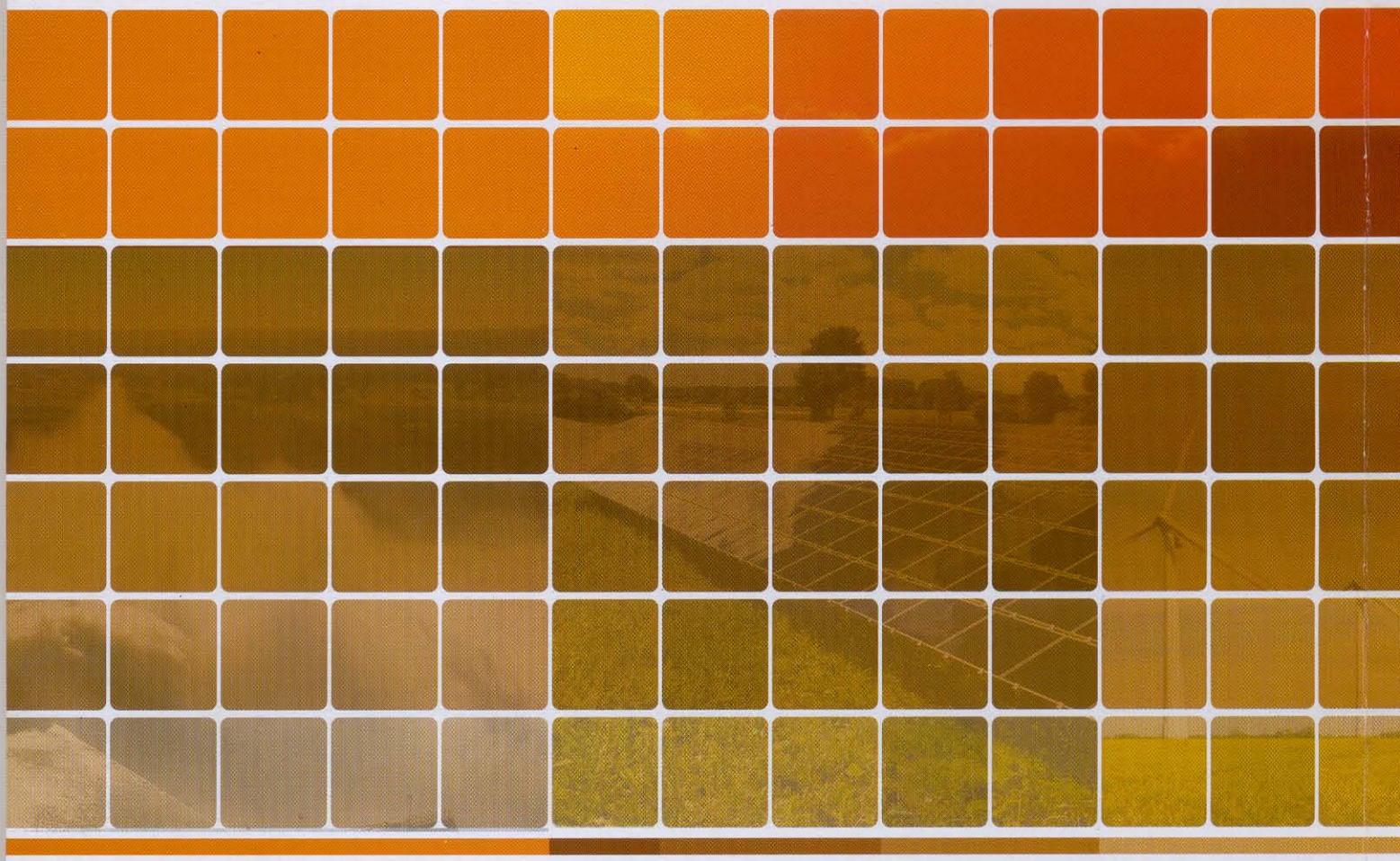
idroelettriche/, 01.04.2011

[40] NASA, Surface Meteorology and Solar Energy http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/, 01.04.2011

[41] http://www.cottier.org/production/edisonplus.htm

[42] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/1907_Windrad_Vallekilde.jpg, 01.04.2011

[43] Consejo Mundial de Energía Eólica.



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Cooperación Alemana al Desarrollo

San Benigno 1315 c/Cnel. Torres
Asunción- Paraguay
Casilla de correo 1859
T +595-21- 608 184 / 611 943
F +595-21- 614 648
E giz-paraguay@giz.de
I www.giz.de/Paraguay
www.giz-programapy.org

Impreso en Arte Nuevo 021- 481795