



# **Energías Renovables en Argentina**

## **Situación Actual y Potencial**

MBA 2009 – Vespertino

Alumna: Ing. Marcela C. Romero

Tutor: Ing. Jean-Philippe Boulanger

FECHA DE IMPRESIÓN: 25-Junio-2012

**TABLA DE CONTENIDOS**

Introducción	03
Déficit en la Capacidad de Generación Eléctrica en Argentina	03
Reforma del sector eléctrico	06
Mercado Eléctrico Argentino	19
El Porqué de las Energías Renovables	24
Tipos de Energías Alternativas	25
Energía Solar Fotovoltaica	26
Energía Solar Térmica	29
Energía Eólica	33
Energía Hidráulica	42
Energía Marina o Mareomotriz	47
Energía Geotérmica	49
Biomasa	51
Energías Renovables en Argentina	61
PERMER	64
Energía Solar en Argentina	65
Energía Solar Térmica en Argentina	69
Energía Eólica en Argentina	72
Energía Hidráulica en Argentina	77
Energía Geotérmica en Argentina	85
Biomasa en Argentina	92
Qué sucede en otros países	94
Proyecto Ethan 100Kw	95
Hamburgo, Capital Europea Verde 2011	96
Proyecto Edificio Eólica	97
Revolución en Energía Eólica en Japón	98
Brasil 2014, el Mundial de Fútbol más ecológico	99
Prototipo Australiano de energía eólica y mareomotriz	100
Una ciudad ejemplo para el mundo: Malmö, Suecia	101
Nuevas Tecnologías I	102
Nuevas Tecnologías II	103
Conclusión	104
Apéndice: Principales Centrales de Energía en Argentina	107
Referencias	108

**PALABRAS CLAVE**

ENERGÍA – RENOVABLE – EÓLICA - SOLAR

## INTRODUCCIÓN

Como pregona el paper de Greenpeace **[r]evolución energética: Un futuro energético sustentable para la Argentina** publicado el 23 de Septiembre del 2011, “La política energética tiene un impacto dramático en el espectro social, político y económico. Los gobiernos y las empresas deben enfocarse en el hecho de que la energía es el elemento vital de la economía. Para los científicos, la cuestión crucial es la amenaza de cambio climático provocada por la combustión de combustibles fósiles. Las ONG se concentran en los impactos sociales y ambientales, y los economistas en la posibilidad de un cambio en el modo en que se produce nuestra energía. Para los ingenieros, la tarea es desarrollar nuevas tecnologías para suministrar y consumir energía de una manera más inteligente. Pero al fin y al cabo, todos somos consumidores y todos debemos hacer frente a la realidad de nuestro sistema energético, desde los precios volátiles hasta los derrames de petróleo. Tener acceso a la suficiente cantidad de energía es fundamental para hacer funcionar nuestras economías, pero al mismo tiempo nuestra demanda de energía se ha transformado en la fuente principal de emisiones de gases de efecto invernadero que ponen en riesgo nuestro clima. Algo tiene que cambiar.”<sup>1</sup>

### Déficit en la Capacidad de Generación Eléctrica en Argentina

Durante los ochenta, y tras años de problemas económicos financieros, la Argentina encontró graves inconvenientes para hacer frente a una difícil situación en materia de generación y abastecimiento de energía eléctrica. Si bien muchos de estos problemas se apoyaban en la creciente inflación – agravada hacia los años 1989 y 1990 –, gran parte de ellos provenían de la descoordinación de esfuerzos por parte de los actores intervinientes para llevar a cabo una gestión eficiente de los recursos existentes.<sup>2</sup>

Tal como lo revela *FUNDALEC* en su sitio en Internet<sup>3</sup>, algunos de los aspectos más relevantes que caracterizaron este período han sido la dispersión institucional en las empresas del sector, fallas en el planeamiento estratégico, politización de la gestión empresarial, falta de mantenimientos, inexistencia del concepto costo / precios, entre otros.

Estos factores, sumado a la baja hidráulicidad registrada debido a tres años secos consecutivos que afectaron a las centrales hidroeléctricas y problemas en la disponibilidad del parque térmico, derivaron en un déficit de oferta que obligaron al

---

<sup>1</sup> [http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2011/cambio\\_climatico/revolution-energetica-2011-baja.pdf](http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2011/cambio_climatico/revolution-energetica-2011-baja.pdf)

<sup>2</sup> Trabajo propio presentado en la materia Estrategias Competitivas en la Argentina, durante la cursada durante el año 2010 del MBA de UTDT con el profesor Kosakof.

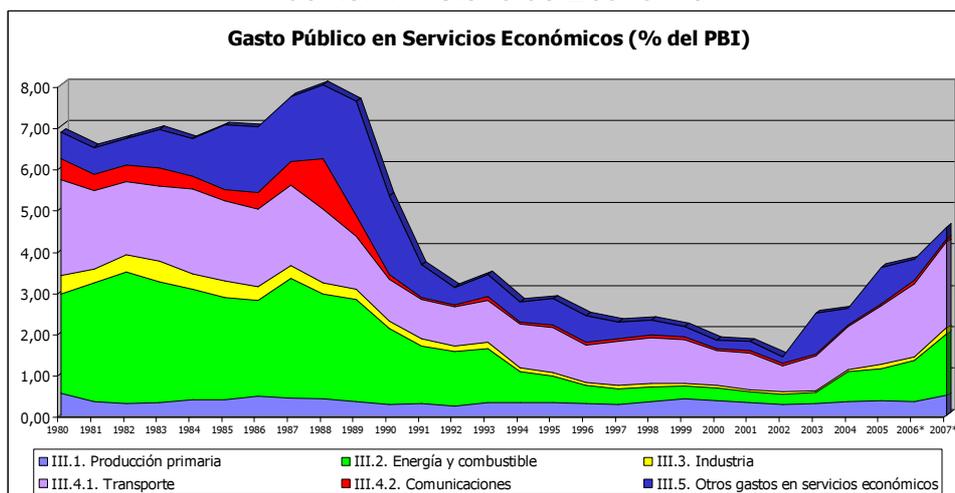
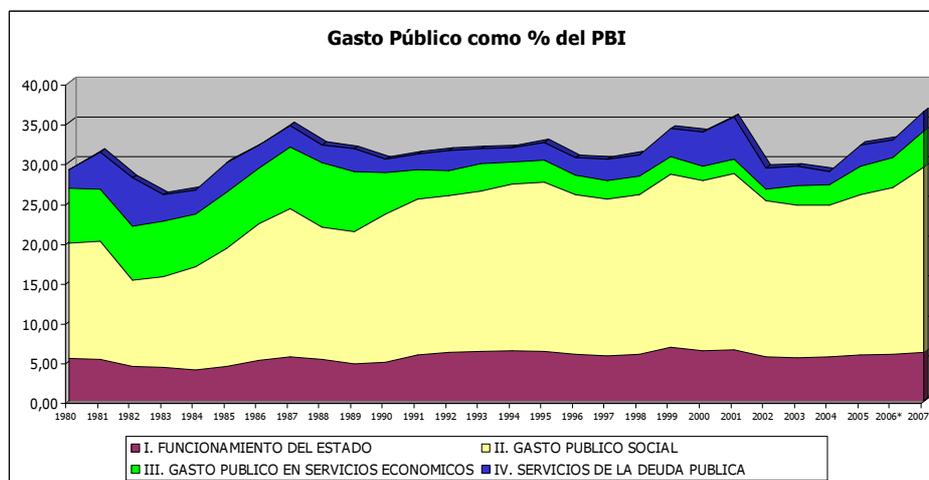
<sup>3</sup> <http://www.fundelec.org.ar/index.html> 13 de junio de 2010

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

presidente Raúl Alfonsín al anuncio de un esquema de cortes rotativos del suministro eléctrico, a fin de preservar la actividad industrial.

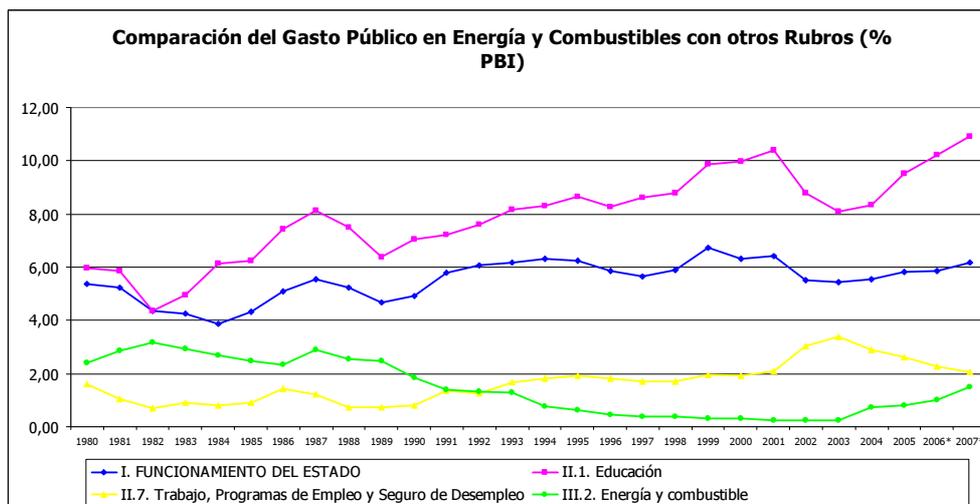
Por aquellos años, era normal ver en las calles del microcentro porteño grupos electrógenos en las puertas de los bancos para garantizar el funcionamiento del sistema financiero en la ciudad. Hoy día, después de más de 20 años, es notable como la medida adoptada por el gobierno de Raúl Alfonsín resuena en la cabeza de políticos y especialistas del sector<sup>4</sup>.

Ante la crisis política y social existente en aquellos años, se produce la salida anticipada del gobierno Radical, asumiendo el cargo el electo presidente en las presidenciales de 1989 Carlos Menem, que, durante los primeros años de su mandato, encara la reforma del sistema energético nacional.



<sup>4</sup> [http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota\\_id=925665](http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=925665) 22 de junio de 2010

Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella



Fuente: Ministerio de Economía

PIB per capita real 1900-2006  
En logaritmo natural

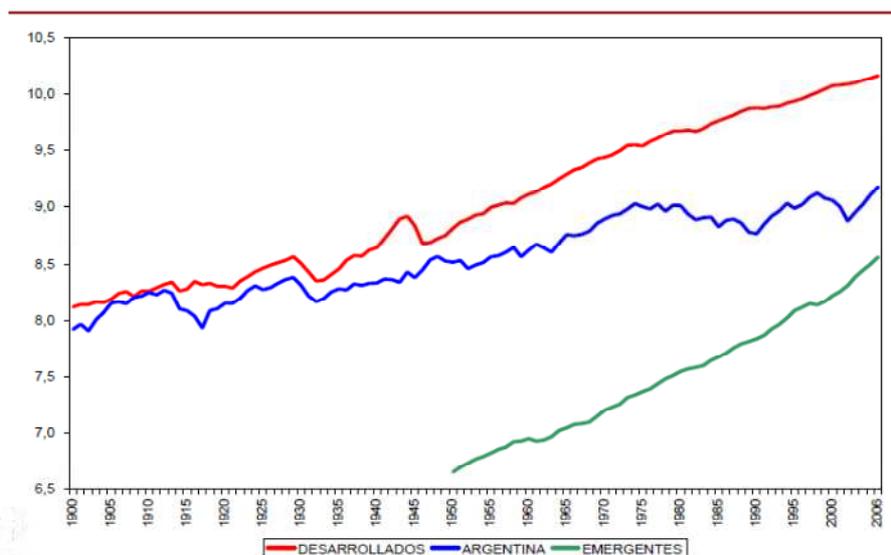


Imagen 1 - Fuente: Kosacoff – El Contexto Económico Argentino

A partir del cambio de jefe de estado, la Argentina comienza a transitar una profunda transformación económica con la introducción de la Convertibilidad del Austral<sup>5</sup>. Este nuevo régimen, el cual, en su aspecto más básico, estableció que un peso argentino fuera igual a un dólar norteamericano, permitió detener uno de los problemas más graves de finales de los ochenta; la hiperinflación.

Al mismo tiempo, el país experimentó una transformación estructural que incluyeron desregulaciones, concesiones y privatizaciones de gran cantidad de

<sup>5</sup> Ley 23.928 <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/328/norma.htm>

empresas de servicios públicos, impulsando una modernización substancial en la infraestructura sistémica en telecomunicaciones, energía, puertos, etc.

Asimismo, bajo el liderazgo del Ministro de Economía Domingo Cavallo, se habían tomado numerosas medidas en dirección hacia la apertura económica que facilitó el acceso al mercado internacional de crédito y la llegada de inversiones extranjeras al país.

Este acelerado proceso de apertura al de mercado de capitales, en un marco de políticas competitivas y de comercio exterior escasamente evaluado, generó una exposición extrema a la competencia internacional. Las actividades basadas en los recursos naturales y en insumos básicos avanzaron velozmente hacia la aplicación de las mejores prácticas internacionales. Por consiguiente, las ventas en el exterior basadas en los recursos naturales tuvieron un buen desempeño y generaron una destacada masa de divisas. En contraposición, hubo una notable pérdida de capital social en amplios sectores que no pudieron adaptarse, transitando del mundo de la producción al mundo del ensamble de partes y la comercialización de insumos y productos importados, resultando en un patrón de especialización exportadora.

Más allá de los importantes cambios estructurales experimentados por Argentina, el país disponía de recursos naturales, humanos y un importante potencial de crecimiento. La transición post-convertibilidad se verificó una notable respuesta empresarial para adaptarse a los contextos de incertidumbre exagerada y de pérdida de calidad institucional. Las firmas institucionales y de recursos naturales encontraron un posicionamiento transitorio que les permitió mantener el desarrollo de los negocios e impedir un fenómeno de cierre masivo de empresas.<sup>6</sup> Al mismo tiempo, Argentina presentaba atrasos tecnológicos en materia de infraestructura y un serio déficit en términos de eficiencia y eficacia en la gestión de los servicios públicos, convirtiéndolo en un país atractivo para la inversión.

## **Reforma del sector eléctrico**

En abril de 1991, mediante el decreto N° 634/91, se define la estructura del mercado eléctrico: mercado mayorista y usuarios finales. Al mismo tiempo se separan las funciones de generación, transporte y distribución.

El 16 de enero de 1992 es publicada en el Boletín Oficial la Ley N° 24065<sup>7</sup> que marcó una profunda reconversión del sistema eléctrico argentino. El artículo 2 de la Ley define entre sus objetivos principales, el de promover la competitividad, alentar las inversiones, asegurar el suministro a largo plazo, la regulación del transporte y la distribución de manera de que las tarifas sean justas y razonables

---

<sup>6</sup> Comportamientos microeconómicos en entornos de alta incertidumbre: la industria Argentina, de B. Kosacoff y Adrián Ramos

<sup>7</sup> <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/464/norma.htm>

y, entre otras cosas, “Alentar la realización de inversiones privadas en producción, transporte y distribución, asegurando la competitividad de los mercados donde sea posible.”; todo en un marco de desintegración vertical.<sup>8</sup> Las centrales térmicas directamente han sido privatizadas, mientras que las centrales hidráulicas han sido concesionadas por 30 años. En tanto el transporte y la distribución han sido concesionadas a 95 años – fundamentalmente los de la zona metropolitana – aunque gran parte de los sistemas de distribución han sido conservados y administrados por los estados provinciales. En consecuencia se crea el ENRE (Ente Nacional Regulador de Electricidad) y en abril se organizó el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

En julio de ese mismo año, el mercado fue reorganizado bajo la administración de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA<sup>9</sup>) que tuvo como principales objetivos la coordinación de las operaciones de despacho, el establecimiento de los precios mayoristas y la administración de las transacciones económicas que se realizan a través del Sistema Argentino de Interconexión (SADI). Además, CAMMESA realiza un estudio de la demanda prevista y de la disponibilidad de equipos de generación con el fin de asignar la participación de los mismos a la satisfacción de la energía demandada, buscando como objetivo la minimización de los costos globales.

Algunos de los aspectos más importantes incorporados por CAMMESA fueron los de establecer la fijación del precio Spot hora a hora partiendo del costo marginal de MWh adicional para abastecer la demanda adicional a ese momento<sup>10</sup>. El MEM argentino se convirtió en objeto de estudio para los países de la región dada la velocidad con que ésta reconversión ha tenido lugar, así como también por la transparencia y acceso de los Agentes del sistema a la información.<sup>11</sup>

Casi al mismo tiempo, a través de la Ley N° 24076<sup>12</sup> se privatizó Gas del Estado Sociedad del Estado, cuyo objeto principal fue el desarrollo del sector gasífero en el país. Estas desregulaciones han sido acompañadas de la creación de organismos de control de la aplicación de lo establecido por la Ley – ENARGAS.

Para este proceso de intervención del sector privado en la industria energética, en 1993 se promulgó la ley N° 24065 sobre Generación, Transporte y Distribución de

---

<sup>8</sup> Tal lo expresa el artículo 31 de la Ley 24.065 *Ningún generador, distribuidor, gran usuario ni empresa controlada por algunos de ellos o controlante de los mismos, podrá ser propietario o accionista mayoritario de una empresa transportista o de su controlante. No obstante ello, el Poder Ejecutivo podrá autorizar a un generador, distribuidor y/o gran usuario a construir, a su exclusivo costo y para su propia necesidad, una red de transporte, para lo cual establecerá las modalidades y forma de operación*

<sup>9</sup> Compañía constituida por los Agentes del Mercado en un 20% del Estado –presidente del directorio –, 20% Grandes Usuarios, 20% Distribuidores, 20% Transportistas y 20% Generadores.

<sup>10</sup> Página 22, Libro Regulación e inversiones en el sector eléctrico argentino, Carlos Adrián Romero, Serie Reforma Económicas, CEPAL

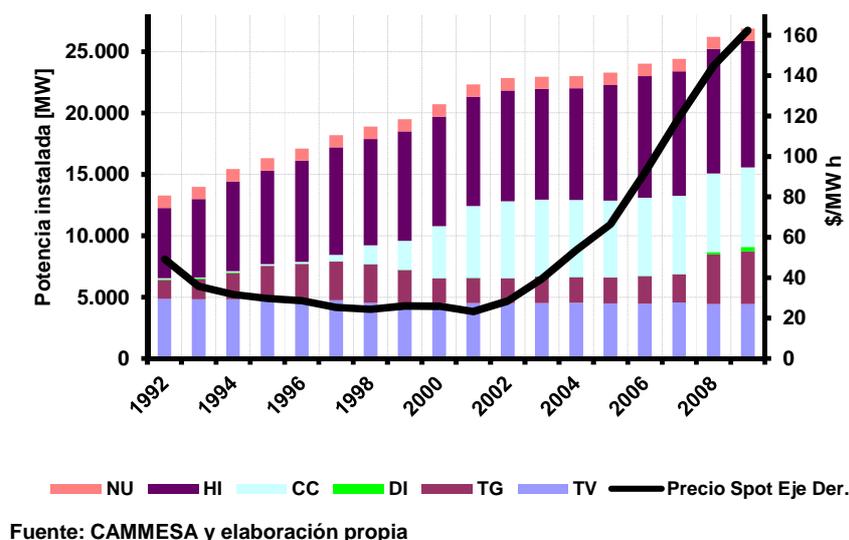
<sup>11</sup> En site [www.cammesa.com.ar](http://www.cammesa.com.ar) es posible tener acceso a precios, potencia generada, etc. en forma horaria. Los Agentes del sistema (con clave) pueden acceder a mayor detalle de información.

<sup>12</sup> Ley 24.076 <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/475/norma.htm>

electricidad, que tiene un impacto en el desarrollo regional del país y en su integración al Mercosur.

Estos eventos tuvieron un alto impacto en las inversiones en gas natural y generación de energía eléctrica, ya que el grado de desarrollo de una y otra actividad han sido mutuamente influyentes. Al mismo tiempo este mejoramiento de los servicios públicos crearon condiciones de base para la inversión de otros sectores industriales cuya dependencia energética era fundamental. La industria petroquímica<sup>13</sup>, siderúrgica y producción de combustibles<sup>14</sup>, entre otras, han hecho grandes inversiones en instalación de nuevas plantas y modernización de las ya existentes.

El siguiente gráfico muestra la potencia instalada desde el año 1992 hasta el año 2009<sup>15</sup> de acuerdo a la fuente de generación. Allí puede visualizarse el crecimiento que ha tenido la instalación de ciclos combinados - CC en el gráfico – habida cuenta las condiciones de mercado establecidas en la regulación – basadas en la eficiencia del generador – y de la disponibilidad de gas en el mercado local, cuyo impacto inmediato fue un gran crecimiento en la oferta y descenso del precio de la energía ofrecida en el mercado.

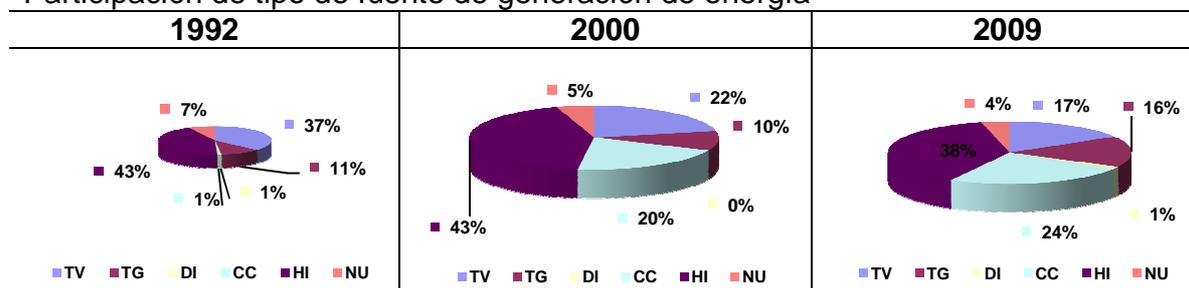


<sup>13</sup> El polo petroquímico de Bahía Blanca con planta como las Compañía Mega, Profertil, Solvay Indupa, PBB Polisor del grupo Dow Chemical, etc.

<sup>14</sup> Con la Ley de Hidrocarburos 17.319 <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/16078/norma.htm>

<sup>15</sup> Dato estimado.

## Participación de tipo de fuente de generación de energía



Fuente: CAMMESA y elaboración propia

La mayor parte de las inversiones en servicios públicos han llegado a través de Inversión Extranjera Directa – IED<sup>16</sup> -. Gran parte de estas han sido llave en mano a los principales proveedores extranjeros<sup>17</sup>, con contratos de mantenimiento a largo plazo que establecen la pautas de operación que deben ser observadas de manera que el “service” contratado no tenga variaciones en los costos<sup>18</sup>.

El siguiente cuadro muestra la evolución en cuanto al número de generadores así como también la inversión realizada en cada período anual.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Generadores y Autogeneradores	15	27	35	44	49	44	44	44	43
Inversión Extranjera en Millones de US\$	N/A	N/A	318,3	607,6	475,6	2.003,5	981,3	545,8	770,2

Fuente: Fundación Invertir Argentina y Secretaría de Energía.

Pero la década de los noventa no sólo tuvo como característica principal la fuerte inversión en servicios públicos, también estuvo signado por un incremento en la industria de servicios y una caída de la actividad industrial, por un lado el tipo de cambio anclado al dólar erosionó la competitividad industrial. Ante este escenario las importaciones de productos de origen industrial se incrementaron, provocando el cierre de muchas empresas industriales e incremento de la desocupación. Asimismo, esta situación decretó el fin de los oficios y escuelas técnicas. Las privatizaciones no sólo significaron una mejora en la prestación de los servicios públicos, sino también dejaron como saldo un importante número de desocupados.

<sup>16</sup> De países como Francia con Électricité de France y Total, Estados Unidos a través CMS Energy, Sempra Energy, Duke Energy, Enron, España con Endesa, etc.

<sup>17</sup> Siemens, General Electric, ABB, Mitsubishi.

<sup>18</sup> El fabricante del equipo establece cada cuantas horas de operación máximas que debe hacerse un mantenimiento según el tipo de combustible utilizado, así como también la especificación de calidad del mismo.

Desde la segunda presidencia de Carlos Menem y hasta la finalización de ésta, el país transitó un complicado camino de crisis internacionales<sup>19</sup> y serios problemas internos – déficit fiscal, deflación de precios, fuerte incremento de la desocupación y escándalos de corrupción – cuyo resultado ha sido un importante daño del tejido social.

Tras el cambio de gobierno, como resultado de las elecciones presidenciales del año 1999 en donde el vencedor fue Fernando de la Rúa –quien entre otras cosas había asumido el compromiso de mantener el régimen cambiario imperante en los noventas-, Argentina profundizó sus problemas como consecuencia del desempeño de la economía. La situación económica signada por la imposibilidad de ajustar el gasto público, condujo al gobierno a tomar decisiones tales como la instauración del “Corralito”<sup>20</sup>, fuerte ajuste del gasto público y la declaración del estado de sitio<sup>21</sup>, conduciéndolo a una grave crisis política, económica y social, cuyo resultado político inmediato fue su salida anticipada del gobierno.

Tras precipitada salida del gobierno de Fernando de la Rúa, el entonces gobernador de la provincia de San Luis, Adolfo Rodríguez Saá asumió la presidencia en los términos del artículo 88 de la Constitución y lo dispuesto por la Ley de Acefalia 20.972 habida cuenta la renuncia de Carlos “Chacho” Álvarez a la vicepresidencia de la Nación a finales del año 2000. Durante los pocos días que tuvo lugar su gestión, Rodríguez Saá declaró el default de la deuda soberana en el Congreso de la Nación en un marco de gran algarabía<sup>22</sup>.

Lo que siguió fueron los interinatos del presidente provisional del Senado de Federico Ramón Puerta y luego el presidente de la Cámara de Diputados Eduardo Camaño, para luego llegar a la presidencia de Eduardo Duhalde; todo en un lapso de aproximadamente una semana.

Ante el escenario imperante, el Estado Nacional se ve ante la necesidad de tomar importantes decisiones tendientes a normalizar la paz social y el futuro de la economía. Entre las medidas tomadas se encuentran la sanción de la Ley 25.561 de Emergencia Pública y Reforma del Régimen Cambiario<sup>23</sup> y el Ministerio de Economía, a instancias de las facultades otorgadas en lo establecido en la Ley 25.561 y los Decretos del Poder Ejecutivo Nacional 230/2002 y 379/2002, emite la Res ME 38/2002<sup>24</sup>.

En esta última Resolución ministerial se resuelve la pesificación de las tarifas de servicios públicos, la interrupción del proceso de revisión tarifaria y deja sin efecto su ajuste en dólares estadounidenses o cualquier otra moneda extranjera.

<sup>19</sup> Tequila en México en 1994, Crisis Asiática en 1997 y Crisis Rusa en 1998

<sup>20</sup> El Decreto 1570/2001 <http://infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/70355/norma.htm>

<sup>21</sup> Decreto 1678/2001 <http://infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/95000-99999/98084/norma.htm>

<sup>22</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=-51U7L9pWYg&feature=related>

<sup>23</sup> <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/71477/norma.htm>

<sup>24</sup> <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/73414/norma.htm>

Considerando la seguidilla de medidas tomadas a partir de la declaración del default de la deuda por Adolfo Rodríguez Saá, tanto las empresas privadas como el Estado habían quedado al margen del mercado internacional de capitales.

Desde el punto de vista social, un importante porcentaje de la población quedó por debajo de la línea de pobreza, ya que esta crisis significó pérdidas de puestos de trabajo, afectando en mayor medida a aquellos que desempeñaban alguna actividad laboral en negro. Desde el punto de vista económico, el Estado Nacional y algunos estados provinciales se vieron obligados a emitir cuasi monedas para hacer frente al déficit fiscal.<sup>25</sup>

Teniendo en cuenta que gran parte de las inversiones hechas en infraestructura han sido financiadas a través de endeudamiento externo, y que el pago de los mismos dependía de la tarifa pautada en moneda extranjera, las empresas se vieron en serias dificultades para el pago de sus deudas, también por la imposibilidad de exportar divisas para el pago de compromisos en el exterior según la regulación vigente al momento.

Tras el fin del gobierno de transición y a partir de la asunción de Néstor Kirchner como presidente, la economía argentina comienza a salir de la profunda crisis económica y social. Entre los factores más relevantes de esta recuperación se encuentran un tipo de cambio flexible y competitivo que persiste en el tiempo, una política fiscal prudente con resultados inéditos para la historia de la república, una política monetaria consistente con el esquema macroeconómico, una inflación controlada y un sector externo que no parece ser un problema en el corto plazo: la cuenta corriente del balance de pagos y el saldo comercial son claramente superavitarios.

La modernización y la expansión de la producción agroalimentaria durante los años 90 permitieron el aprovechamiento masivo de tecnologías generadas en el mundo, lo que a su vez condujo a la expansión de la frontera agrícola y la incorporación de semillas transgénicas en soja, maíz y algodón.

Debido a los elevados precios internacionales, el crecimiento del consumo de los países emergentes como China y el desarrollo del campo fue posible la exportación de commodities de origen agropecuarios, los que contribuyeron al financiamiento de planes sociales útiles para morigerar la persistente conflictividad social del momento.<sup>26</sup>

Con la recuperación de la economía, el sistema energético ha sido puesto a prueba en toda su cadena de valor. Las industrias, tras poner en funcionamiento su capacidad ociosa, comenzaron a demandar mayor cantidad energía eléctrica y

---

<sup>25</sup> Informe detallado del Instituto Argentino para el Desarrollo Económico (IADE)  
<http://www.iade.org.ar/modules/noticias/article.php?storyid=429> 22 de junio de 2010

<sup>26</sup> Diferentes grupos piqueteros.

gas natural, al mismo tiempo que la mejora en la economía hogareña también impulsó hacia arriba la demanda de ambos energéticos<sup>27</sup>. Pero este crecimiento de la demanda no fue acompañado por una reposición de los stocks que mejorasen la oferta de energía, lo que comenzó a manifestarse a través de diferentes problemas en el parque de generación<sup>28</sup>, el sistema de transporte<sup>29</sup> y de distribución<sup>30</sup> de energía eléctrica, así como también en la producción de hidrocarburos.

Ya con la administración de Néstor Kirchner, y luego con la de Cristina Fernández de Kirchner, el gobierno comenzó a tomar un marcado protagonismo en todos los sectores de la economía. En el sector energético, desde el año 2003 se han tomado numerosas medidas en línea con lo mencionado precedentemente, entre las cuales es posible mencionar como más relevantes las siguientes:

- Creciente intervención en la administración del sistema energético<sup>31</sup>, lo cual ha incluido acciones directas sobre empresas<sup>32</sup>, como así también la emisión de un compendio normativo tendiente a fomentar la inversión en todos los campos de la industria energética. Entre las más significativas se encuentran el “unbundling” de la industria de gas natural<sup>33</sup>, el programa de Energía Plus<sup>34</sup> – para generación de energía eléctrica –, Gas Plus<sup>35</sup> y Petróleo y Refinación Plus<sup>36</sup> para el sector de hidrocarburos. A través de estas medidas el gobierno supuso un incremento de las inversiones vía el reconocimiento de precios superiores a los pagados en el mercado local;

---

<sup>27</sup> El efecto aire acondicionado fue complicando cada vez la oferta eléctrica no solo en verano sino también en invierno con los equipo frío / calor <http://algoencomunweb.blogspot.com/2010/01/el-efecto-aire-acondicionado-llevo-la.html>

<sup>28</sup> Septiembre de 2006, problemas en Atucha y Central Puerto restringen la oferta eléctrica <http://edant.clarin.com/diario/2006/09/30/elpais/p-01601.htm> 27 de junio de 2010.

<sup>29</sup> Rotura de un transformador en Paso de la Patria que, en diciembre de 2009, dejó al Nordeste argentino varias semanas sin energía eléctrica. [http://www.eldiarionline.com/notix/noticia/05318\\_inversion\\_millonaria\\_para\\_reparar\\_el\\_transformador\\_de\\_paso\\_de\\_la\\_patria\\_-1.htm](http://www.eldiarionline.com/notix/noticia/05318_inversion_millonaria_para_reparar_el_transformador_de_paso_de_la_patria_-1.htm) 27 de junio de 2010

<sup>30</sup> Mayo de 2007, incendio en la estación transformadora de EDENOR en General Rodríguez que dejó a más de un millón de usuarios sin servicio, <http://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-85151-2007-05-18.html> 27 de junio de 2010

<sup>31</sup> Intervención del Secretario de Comercio Interior en el sector eléctrico en 2008, <http://www.criticadigital.com.ar/index.php?secc=nota&nid=825> 27 de junio de 2010

<sup>32</sup> Desplazamiento del número uno de Metrogas [http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota\\_id=923490](http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=923490), 27 de junio de 2010

<sup>33</sup> Res SE 752/2005, (<http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/105000-109999/106449/norma.htm>) que obligó a las industrias a comprar gas en boca de pozo, transporte y distribución en forma separada.

<sup>34</sup> Res SE 1281/2006 (<http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/119455/norma.htm>) que buscó nueva inversión en el parque de generación de energía eléctrica.

<sup>35</sup> Res SE 24/2008 (<http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/138628/norma.htm>) destinada a fomentar la explotación de nuevos yacimientos.

<sup>36</sup> Res SE 1312/2008 (<http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/145000-149999/148054/norma.htm>) destinada a fomentar la explotación de nuevos yacimientos de petróleo y la construcción de nuevas refinerías de petróleo.

- Creación de ENARSA<sup>37</sup> como empresa estatal para el desarrollo del sistema energético nacional;
- Instauración de un esquema de subsidios al consumo residencial desvirtuando el costo de la energía<sup>38</sup>;
- Lanzamiento del Programa Energía Total (PET)<sup>39</sup> para la sustitución de combustibles y energía eléctrica en industrias. En el caso de los combustibles, el programa proponía la cesión de gas natural de las industrias al sistema a cambio de su equivalente calórico en combustible alternativo. La regulación designó a ENARSA como actor en nombre del Estado Nacional para coordinar y ejecutar el programa. Asimismo el PET preveía que la industria cedente debía pagar por esta alternativa el precio que hubiese abonado por el gas natural contratado con su proveedor. La diferencia de precio entre ambos combustibles sería cubierta por ENARSA;
- Importación de combustibles – gas natural, fuel oil y gas oil – destinados al abastecimientos de la generación térmica de energía eléctrica a precios superiores a los reconocidos a productores en el mercado local;
- Retención de CAMMESA de un porcentual de los márgenes de las empresas generadoras por energía y potencia, asignándolos a cuentas destinadas a financiar inversiones futuras<sup>40</sup>;
- Creciente mora en el pago de las obligaciones a generadores por parte de CAMMESA producto del abultado déficit que fue acumulando con los generadores en virtud de las crecientes importaciones de combustibles líquidos para sustituir la creciente escasez de gas natural para generación

Estas medidas de intervención, claramente han continuado desdibujando el marco regulatorio y de mercado construido a partir de la reforma del año 1992. En consecuencia, y vista la creciente discrecionalidad e informalidad en la administración del sistema energético, el mercado no ha visto incentivo para nuevas inversiones.

Esta falta de nuevas inversiones, el crecimiento de la demanda y la antigüedad del parque generador y del resto de la cadena de valor de la energía eléctrica han llevado a que la tasa de utilización de los activos existente sea muy elevada, aumentando el riesgo de desabastecimiento de la demanda. En efecto, el

---

<sup>37</sup> Ver objeto de ENARSA publicado en su sitio en Internet <http://www.enarsa.com.ar/quees.htm> 27 de junio de 2010

<sup>38</sup> Ver informe mensual de precios de la energía elaborado por de Montamat y Asociados que compara los precios pagados localmente contra los pagados en países vecinos (<http://www.montamat.com.ar/informe.pdf>)

<sup>39</sup> RES MPFIPyS 459/2007 <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/130000-134999/130062/norma.htm> ha sido relanzada años sucesivos con las adaptaciones a las necesidades energéticas del mercado.

<sup>40</sup> Esto fue instrumentado a través de la Resolución SE 771/2005

(<http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/5c729b1084c03a8703256f410044adef/a2d15166ccba4f3003257014004249af?OpenDocument>) a través de la cual se crea el “Fondo para Inversiones Necesarias que Permitan Incrementar la Oferta de Energía Eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista (FONINVEMEN) que derivó en la construcción y puesta en funcionamiento de dos centrales térmicas de Ciclo Combinado de aproximadamente 800 MW cada una recientemente inauguradas por el gobierno.

resultado inmediato ha sido un incremento en la cantidad, frecuencia y duración de las restricciones de suministros. Como mencionáramos anteriormente, cuando fue posible prever el desacople de la oferta y la demanda, las restricciones han recaído directamente sobre las industrias afectando la competitividad del sector productivo. Por el contrario, cuando no ha sido posible programar<sup>41</sup> las restricciones, han tenido como saldo una importante cantidad de usuarios sin servicio.

En el sector industrial el aumento de las restricciones ha originado el incremento real del costo de la energía en cualquiera de sus variantes, ya que los obliga a buscar alternativas, por ejemplo, al gas natural o incluso a integrarse verticalmente para convertirse en autogeneradores de energía eléctrica. Esta situación tiene al menos tres efectos inmediatos: 1) distracción de recursos en actividades que no forman parte del Core-Business, 2) la no inversión en mejoramiento, ampliación o instalación de nueva capacidad de producción, y 3) pérdida de competitividad; todos puntos que impactan en la generación de empleo y desarrollo del país.

Las intervenciones de ENARSA como inversor han sido de relativa importancia que, en el marco del Programa Energía Delivery, ha instalado una serie de generadores – motores diesel – de bajo rendimiento en determinados nodos donde se presentaron problemas puntuales. Cierto y concreto es que ha estado trabajando en licitaciones de generación de energías renovables, en el proyecto de construcción del gasoducto Juana Azurduy que unirá Bolivia con Salta y proyectos exploratorios de hidrocarburos con otros operadores del mercado local, pero hasta ahora sin resultados contundentes y con fuertes cuestionamientos desde diferentes sectores energéticos y políticos a la luz de los resultados negativos de sus balances contables y los proyectos encarados.

Por otra parte, el efecto del entramado de subsidios aplicados por el gobierno ha llevado a un uso poco eficiente de la energía por parte de la demanda residencial. Al mismo tiempo la aplicación de estos subsidios han tenido un grado de efectividad muy bajo, ya que el Estado subsidia a hogares más pudientes que tienen acceso a los servicios básicos de Agua, Gas y Electricidad, en desmedro de aquellos hogares más necesitados los cuales en muchos casos no tienen acceso a estos servicios básicos. Estos últimos deben recurrir a programas estatales de baja eficacia en cuanto a su aplicación y proclives a la creación de canales paralelos al oficial.

Los subsidios han llevado a la distracción de fondos públicos por parte del gobierno que podrían haber sido utilizados en el fomento de estas y otras actividades que tiendan a la inversión del aparato energético, al acceso de los servicios básicos de aquellos que no lo tienen y a una mejora de la competitividad del país.

---

<sup>41</sup> Ver programa de cortes elaborado por la distribuidora cordobesa EPEC por rotura de transformador en Las Armas, Córdoba, [http://www.lv3.com.ar/admin/playerswf/pdfs/ARCHI\\_69252.pdf](http://www.lv3.com.ar/admin/playerswf/pdfs/ARCHI_69252.pdf) 27 de junio de 2010

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

Las fuentes de energía convencionales reciben aproximadamente entre \$250 y 300 mil millones en subsidios por año en todo el mundo, resultando en mercados gravemente distorsionados. Los subsidios reducen artificialmente el precio de la electricidad, mantienen a las energías renovables fuera del mercado y apoyan tecnologías y combustibles no competitivos. La eliminación directa e indirecta de los subsidios a los combustibles fósiles y a la energía nuclear ayudaría a generar condiciones de competencia equitativas en el sector energético. Las energías renovables no necesitarían disposiciones especiales si los mercados consideraran el costo del daño al clima por la contaminación de los gases de efecto invernadero.<sup>42</sup>

En el transcurso del desarrollo de este trabajo, un anuncio sorpresivo sacudió la opinión pública, el Gobierno nacional anunció la eliminación de los subsidios que benefician a grandes empresas, countries de todo el país y los barrios de Puerto Madero y Barrio Parque, en la Ciudad de Buenos Aires, por un total de 4.000 millones de pesos anuales. El anuncio fue realizado por los ministros de Planificación y de Economía, Julio de Vido y Amado Boudou, y suman a la eliminación de subsidios concretada durante los primeros días del mes a bancos, financieras, compañías de seguros, casas de juegos de azar, puertos fluviales, aeropuertos, telefonía móvil y empresas de hidrocarburos y minería. Esta quita, concretamente, se desdobra entre los siguientes sectores de la industria a partir de diciembre: refinamiento de combustibles (472 millones de pesos), procesamiento de gas natural (1493 millones), biocombustibles y aceites de exportación (745 millones), y agroquímicos (758 millones).<sup>43</sup>

El Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios puso a disposición de la población un formulario para renunciar a cada uno de los subsidios en forma separada: un formulario para electricidad, otro para gas y otro para agua. Los usuarios podían acercarse a las sedes de las prestadoras de cada servicio o a la oficina de los entes reguladores y completando el formulario de renuncia, siendo posible renunciar en el mismo lugar a todos los servicios, también llamando a un 0-800 o simplemente accediendo a la página web del Ministerio, o de cada prestadora y completar el formulario on-line.<sup>44</sup>

La quita de subsidios sería efectiva a partir del 1ro de enero de 2012 y se había anunciado para usuarios residenciales de Puerto Madero, Barrio Parque y los principales countries, clubes de campo y clubes de chacra de todo el país. A estos usuarios se les facturará el costo real de los servicios sin el subsidio, y no deben realizar ningún tipo de trámite. Asimismo, se ha anunciado la ampliación de la quita de subsidios a las zonas de Belgrano R, Corredor Libertador, Retiro - Plaza San Martín - Zona Kavanagh, Alto Recoleta y Torres Catalinas, dentro de la

<sup>42</sup> [r]evolución energética. Un futuro energético sustentable para la Argentina. Trabajo presentado por Greenpeace Argentina. 2011.

<sup>43</sup> Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Discurso de los Ministros Bodou y De Vido. 16 de Noviembre de 2011.

<sup>44</sup> Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios: [www.minplan.gov.ar/subsidios/](http://www.minplan.gov.ar/subsidios/)

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y a las zonas de La Horqueta, Barrancas de San Isidro y Punta Chica-Victoria, en la Zona Norte del Gran Buenos Aires.

También quedan sin subsidio todos los edificios tipo torre con amenieties, y aquellos vecinos de la Ciudad de Buenos Aires con coeficiente de ABL entre 1,5 y 2 (se toma como criterio el anexo de la Ley 2.568/07 en el que se establece un coeficiente mediante el cual se establece el impuesto de Alumbrado, Barrido y Limpieza).

Además, durante el mes de enero de 2012 el Gobierno Nacional envió una carta con una declaración jurada para que los usuarios domiciliarios de electricidad, gas y agua justificaran si necesitan ayuda del Estado.<sup>45</sup>

*Declaración Jurada que envió el gobierno a los usuarios residenciales de la Ciudad de Buenos Aires y Zona Norte del Gran Buenos Aires para renuncia o justificación de necesidad de los subsidios.*

En el 2011, más del 44% de los Subsidios del Estado Nacional están dedicados a la Energía y se proyecta un incremento mayor al 18% para el año 2012.

<sup>45</sup> La Nación. Edición On-line. 3 de Enero de 2012. <http://www.lanacion.com.ar/1437349-rige-la-quita-de-los-subsidios-a-los-servicios-publicos>

Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella



*Subsidios: Una Cuenta Difícil de Saldar. Publicado en La Nación On-line el 3 de Enero de 2012.*

A pesar de todo este esfuerzo del gobierno nacional, el vecino promedio de la Ciudad de Buenos Aires seguiría pagando mucho menos por el metro cúbico de gas consumido en su hogar de lo que paga el Estado por la importación de ese combustible.

Como informaba el diario La Nación en Diciembre de 2011, la quita de subsidios a hogares ubicados en zonas caras, con las que el Gobierno estimaba que ahorraría por lo menos 560 millones de pesos al año, estaba lejos de solucionar el problema de la pérdida del abastecimiento energético y de modificar en algo la política de importación de hidrocarburos, que exige cantidades cada vez mayores de divisas para enviar al exterior.

Una de las facturas más caras es la que se paga en el 2011 por el gas importado, tanto a los productores bolivianos como a las comercializadoras que lo traen en barco en forma de gas natural licuado (GNL). Es gas que se usa tanto para consumo domiciliario e industrial como para generación eléctrica, con lo cual tiene también un costo indirecto en la factura de la luz. Durante el 2011 se estimaba que el año siguiente estas importaciones podrían demandar entre 5000 y 6000 millones de dólares: la cantidad de barcos contratados por Enarsa pasaría de 50 a 80, y los acuerdos con Bolivia aumentarían en un 50% los envíos diarios del fluido.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

Además, el precio de ambos contratos sufriría incrementos respecto de los valores pagados en 2011.

A los precios de 2011 -que serían actualizados desde el 1° de enero de 2012-, la Argentina le pagaba aproximadamente \$ 1,66 por metro cúbico de gas a Bolivia. Por el GNL, el Estado pagaría el equivalente a una cifra que oscila entre 2,32 y 2,94 pesos.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Diario La Nación en su versión on-line y en papel. 12 de Diciembre de 2011.  
<http://www.lanacion.com.ar/1431926-importar-gas-sigue-siendo-mas-carro>

## MERCADO ELECTRICO ARGENTINO

Si queremos simplificar la explicación de quiénes son los jugadores en el mercado argentino, podemos resumirlo en el siguiente cuadro:



Los generadores son empresas que explotan plantas de generación de electricidad que venden su producción ya sea en forma parcial o total a través del SADI. Los generadores están sujetos a la programación y a las normas de despacho dadas por las resoluciones. Generadores privados pueden acceder a contratos directos con distribuidores o con grandes usuarios. Al 31 de diciembre de 2010, la capacidad instalada de Argentina reportada por CAMMESA era de 28.143 MW. Asimismo, a la misma fecha existían aproximadamente 58 empresas generadoras conectadas al mercado eléctrico mayorista de Argentina, en su mayoría operando más de una central generadora. Desglosado por tipo de generación, los generadores Argentinos incluyen 35 compañías de generación térmica, 20 compañías de generación hidroeléctrica, 2 compañías bi-nacionales de generación hidroeléctrica, y 1 compañía nacional de generación nuclear.<sup>47</sup>

Las empresas transportistas tienen una concesión para transportar energía eléctrica desde el punto de suministro mayorista de dicha energía hasta los Distribuidores. La actividad de transporte en la Argentina está subdividida en dos sistemas: el Sistema de Transporte de Energía Eléctrica de Alta Tensión (“STAT”), que opera a 500 kV y transporta energía eléctrica entre regiones, y el sistema de distribución troncal (“STDT”), que opera a 132/220 kV y conecta generadores, distribuidores y grandes usuarios dentro de la misma región. Transener es la única compañía a cargo del STAT, y existen seis compañías regionales dentro del STDT (Transcomahue, Transnoa, Transnea, Transpa, Transba y Distrocuyo). Además de estas compañías, existen compañías transportistas independientes que operan en virtud de una licencia técnica otorgada por las compañías del STAT o del STDT. Los servicios de transporte y distribución se llevan a cabo a través de concesiones, que se asignan periódicamente en base a procesos licitatorios. Las empresas de transporte tienen a su cargo la operación y el mantenimiento de sus redes, pero no son responsables de la expansión del sistema. Las concesiones de transporte operan de conformidad con estándares técnicos, de seguridad y confiabilidad establecidos por el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (“ENRE”). Se aplican multas cuando la empresa concesionaria de transporte no cumple con estos criterios, especialmente aquellos relativos a cortes de suministro y tiempo de inutilización de la red de suministro. Las empresas generadoras sólo pueden construir líneas para conectarse a la red de suministro, o directamente a los clientes. Los usuarios pagan por la nueva capacidad de transporte contratada por los mismos o en su nombre. El ENRE debe llevar a cabo un proceso de

<sup>47</sup> Fuente: Pampa Energía

audiencia pública para estos proyectos, y luego emitir un “Certificado de Conveniencia y Necesidad Pública”. Las redes de transporte o distribución conectadas a un sistema integrado deben brindar acceso abierto a terceros en virtud de un sistema regulado de tarifas a menos que exista una restricción de capacidad.

Los distribuidores son empresas que poseen una concesión para distribuir energía eléctrica a los consumidores, con el deber principal de suministrar toda la demanda de electricidad en su área de concesión exclusiva, a un precio (tarifa) y en virtud de condiciones establecidas en la normativa. Los contratos de concesión incluyen multas en caso de falta de suministro. Las tres compañías de distribución que se desprendieron de SEGBA (EDENOR, EDESUR y EDELAP) representan más del 45% del mercado de energía eléctrica en la Argentina. Sólo unas pocas compañías de distribución (Empresa Provincial de Energía de Córdoba, Empresa de Energía de Santa Fe, Energía de Misiones, etc.) permanecen en manos de gobiernos provinciales y cooperativas.

Cada distribuidor suministra electricidad y opera la red de distribución de una zona geográfica concreta en virtud de una concesión. En cada concesión se establece, entre otras cosas, el área de concesión, la calidad del servicio requerido, las tarifas que pagan los consumidores y el alcance de la obligación para satisfacer la demanda. El ENRE supervisa el cumplimiento de los distribuidores a nivel federal, y proporciona un mecanismo de audiencias públicas en las que las quejas contra los distribuidores pueden ser escuchadas y resueltas. A su vez, los organismos reguladores provinciales controlan el cumplimiento de distribuidores locales con sus respectivas concesiones y con los marcos normativos locales.

El ENRE y las autoridades provinciales controlan los contratos de concesión y los términos de prestación de los servicios públicos en las provincias. Muchos gobiernos provinciales que han lanzado reformas en el sector eléctrico han seguido los términos y condiciones de la concesión general utilizada para la distribución de servicios públicos en el ámbito nacional.<sup>48</sup>

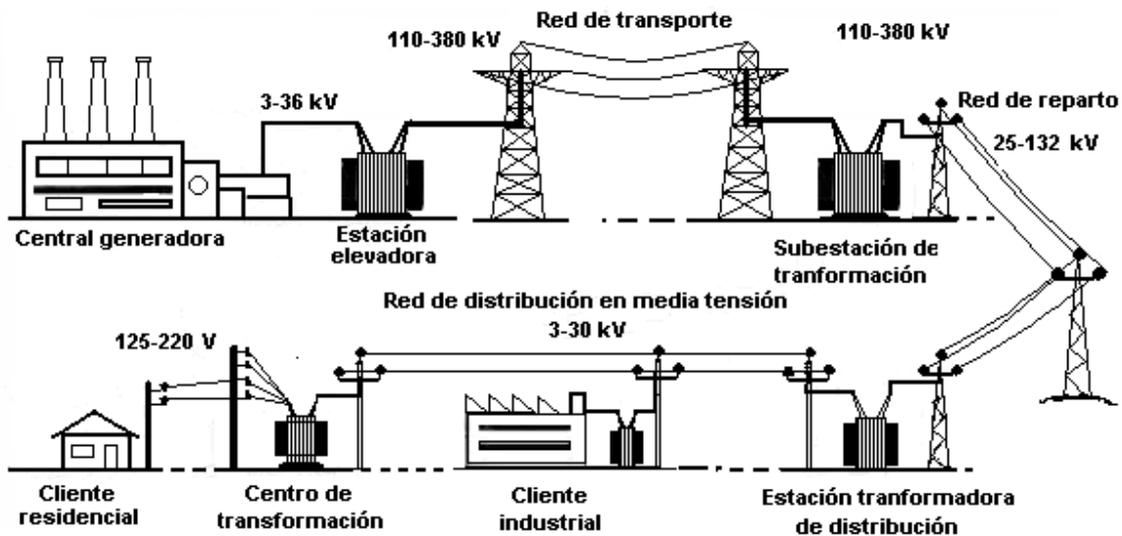
El mercado mayorista de electricidad clasifica los grandes usuarios de energía en tres categorías: (1) Grandes Usuarios Mayores (“GUMAs”), (2) Grandes Usuarios Menores (“GUMEs”) y (3) Grandes Usuarios Particulares (“GUPAs”).

Cada una de estas categorías de usuarios tiene diferentes necesidades en lo que respecta a las compras de su demanda de energía. Por ejemplo, GUMAs están obligados a comprar el 50% de su demanda a través de contratos de suministro y el resto en el Mercado Spot, mientras que GUMEs y GUPAs están obligados a comprar la totalidad de su demanda a través de contratos de suministro.

Los grandes usuarios del mercado eléctrico mayorista participan de la dirección de CAMMESA eligiendo dos directores titulares y dos suplentes a través de la *Asociación de Grandes Usuarios de Energía Eléctrica de la República Argentina* (“AGUEERA”).

---

<sup>48</sup> Fuente: Pampa Energía



Las transacciones entre los diferentes participantes en la industria de la electricidad se realizan a través del Mercado Eléctrico Mayorista, o MEM, que fue constituido simultáneamente con el proceso de privatización como un mercado competitivo en el cual los generadores, distribuidores y ciertos grandes usuarios de electricidad pueden comprar y vender electricidad a precios determinados por la oferta y la demanda, y se encuentran autorizados a celebrar contratos de suministro de electricidad de largo plazo.

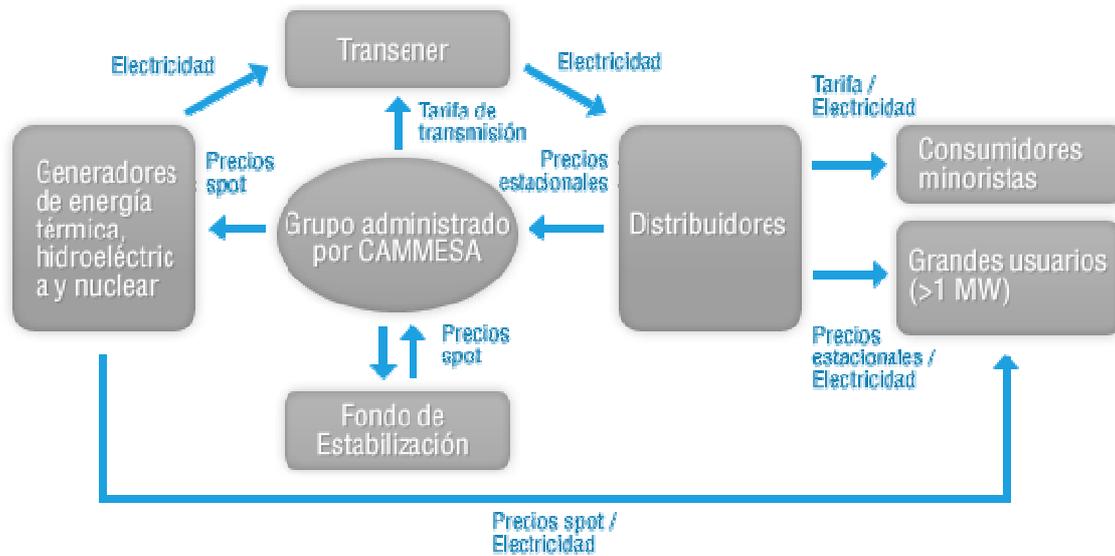
El MEM consiste de:

- el Mercado a Término, donde las cantidades, precios y condiciones contractuales se encuentran consensuadas directamente entre vendedores y compradores; y
- el Mercado Spot, en el cual los precios se encuentran establecidos sobre una base horaria como una función del costo económico de producción; y
- un sistema de precio estabilizado de precios spot (el "Precio Estacional") establecido en una base semestral y diseñado para mitigar la volatilidad de los precios spot para la compra de electricidad por los distribuidores.<sup>49</sup>

La creación del MEM generó la necesidad de crear una entidad a cargo de su administración y el despacho de cargas del Sistema Argentino de Interconexión ("SADI"). Las obligaciones fueron encomendadas a CAMMESA, una compañía privada creada a tales efectos.

<sup>49</sup> Fuente: Pampa Energía

Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella



Actores del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM)

CAMMESA se encarga de:

- despachar la generación en el SADI, maximizando la seguridad del SADI y la calidad de suministro de energía y minimizando los precios mayoristas en el Mercado Spot.
- planificar necesidades de capacidad de energía y optimizar el uso de energía conforme las reglas establecidas periódicamente por la Secretaría de Energía.
- monitorear la operación del Mercado a Término y administrar el despacho de electricidad conforme a los contratos de dicho mercado.
- actuar como agente de varios agentes del MEM y desempeñar las funciones encomendadas en relación con la industria de la electricidad, facturar y recolectar pagos por transacciones entre los agentes del MEM.
- administrar importaciones y exportaciones de energía eléctrica de o a otros países.
- proveer asesoramiento y otros servicios relacionados.

Existen cinco grupos de entidades que poseen, cada una, el 20% del capital social de CAMMESA, incluyendo al Gobierno Argentino y las asociaciones que representan a los generadores, transportistas, distribuidores y grandes usuarios. CAMMESA es administrada por un Directorio formado por representantes de sus accionistas. El directorio de CAMMESA se encuentra compuesto de diez directores titulares y diez directores suplentes. Cada una de las asociaciones que representan las generadoras, las transportistas, distribuidores y grandes usuarios se encuentra facultada para designar dos directores titulares y dos directores suplentes de CAMMESA. Los demás directores de CAMMESA son la Secretaría de Energía, que actúa como presidente del Directorio, y un miembro independiente, que actúa como vicepresidente. Las decisiones adoptadas por el Directorio requieren el voto afirmativo del presidente del mismo. Los costos

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

operativos de CAMMESA son financiados a través de contribuciones obligatorias de agentes del MEM.<sup>50</sup>

Potencia Instalada en Argentina al 2009.



Fuente: Cámara Argentina de Energías Renovables

<sup>50</sup> Fuente: Pampa Energía

## **EL POR QUÉ DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES**

En los últimos años, con el propósito de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la seguridad energética, un creciente número de países ha establecido objetivos para las energías renovables. Estos son expresados ya sea en términos de capacidad instalada o como porcentaje del consumo energético. Estos objetivos han servido como importantes catalizadores del aumento de la participación de la energía renovable en todo el mundo.<sup>51</sup>

Greenpeace presentó en su trabajo [r]evolución energética, publicado a fines del 2011 cuáles son los cambios de política necesarios para fomentar la transición a fuentes renovables:

1. Eliminar todos los subsidios para combustibles fósiles y energía nuclear.
2. Internalizar los costos externos (sociales y ambientales) de la producción de energía a través del comercio de emisiones de “tope y comercio”.
3. Exigir normas estrictas de eficiencia para todos los aparatos de consumo, edificios y vehículos.
4. Establecer compromisos vinculantes para energías renovables y generación combinada de calor y electricidad.
5. Reformar los mercados de electricidad garantizando un acceso prioritario a la red para los generadores de energía renovable.
6. Proporcionar beneficios definidos y estables a los inversores, por ejemplo a través de programas de primas.
7. Implementar mejores mecanismos de etiquetado y divulgación para proporcionar más información ambiental sobre los productos.
8. Aumentar los presupuestos de investigación y desarrollo para la energía renovable y la eficiencia energética.

---

<sup>51</sup> Greenpeace. [r]evolución energética.

## TIPOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS



## ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos. Estos módulos son dispositivos de celdas fotovoltaicas formadas por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos; de este modo, convierten la energía luminosa en energía eléctrica. Estas celdas están formadas por células elaboradas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperes, a un voltaje de 0,46 a 0,48V, utilizando como materia prima la radiación solar.

Los componentes de una sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considera (conectada o no a la red) y de las características de la instalación.<sup>52</sup>

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

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

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

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

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

**Inversor:** Transforma la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas fotovoltaicas y acumulada en las baterías a corriente alterna (a 230 V y 50 Hz).<sup>53</sup>

---

<sup>52</sup> Secretaría de Energía – Energías Renovables 2008 – Energía Solar

<sup>53</sup> Secretaría de Energía – Energías Renovables 2008 – Energía Solar



*Esquema básico de una instalación de Energía Solar Fotovoltaica.*

La radiación solar disponible alrededor del mundo es más que suficiente para satisfacer una demanda mucho mayor de sistemas energéticos solares. La luz solar que alcanza la superficie de la Tierra es suficiente para proporcionar 2.850 veces la energía que utilizamos anualmente en todo el planeta. En un promedio global, cada metro cuadrado de tierra está expuesto a la luz solar suficiente para producir 1.700 kWh de energía cada año. Sin embargo, la irradiación promedio en Europa es de aproximadamente 1.000 kWh por metro cuadrado, en comparación con los 1.800 kWh en el Medio Oriente.<sup>54</sup>

El mayor costo de la instalación está formado por los paneles de celdas fotovoltaicas y es por ello que se realizan en todo el mundo grandes inversiones en investigación y desarrollo para mejorar la performance y disminuir la inversión.

Algunas de las tecnologías disponibles son:

- 💡 Silicio Cristalino: las celdas de silicio cristalino están hechas a partir de rodajas finas cortadas de un solo cristal de silicio (monocristalino) o de un bloque de cristales de silicio (policristalino o multicristalino). Esta es la tecnología más común que representa alrededor del 80% del mercado actual. Además, esta tecnología también existe en forma de cintas.
- 💡 Película fina: los módulos de película fina se construyen depositando capas extremadamente finas de materiales fotosensibles sobre un sustrato, por ejemplo, vidrio, acero inoxidable o plástico flexible. Éste último abre una gama de aplicaciones, especialmente para ser integrado en la construcción (tejas) y para propósitos de consumidores finales. Actualmente se encuentran disponibles comercialmente cuatro tipos de módulos de película fina: celdas de Silicio Amorfo, de Teluro de Cadmio, de Diselenurio / Disulfuro de cobre e Indio / Galio y celdas multiunión.

<sup>54</sup> Greenpeace Argentina.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

🔦 Otras tecnologías emergentes (en fase de desarrollo o comercial temprana) incluyen la Fotovoltaica Concentrada, que consiste en celdas integradas en colectores de concentración que utilizan una lente para enfocar la luz solar concentrada sobre las celdas y las Celdas Solares Orgánicas, en las cuales el material activo consiste en un tinte orgánico, moléculas orgánicas pequeñas y volátiles o polímeros.<sup>54</sup>



## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La tecnología solar térmica convierte la energía radiactiva en calor. Su principal componente es el captador, por el cual circula un fluido que absorbe la energía irradiada del sol. De acuerdo a la temperatura de aprovechamiento se puede clasificar el aprovechamiento según sus temperaturas:

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

Los sistemas solares térmicos de alta temperatura hacen referencia a grandes instalaciones donde el principal elemento es una torre paraboloide, o un campo de helióstatos que concentran la radiación solar en una torre central, que puede alcanzar temperaturas superiores a los 4000°C; normalmente se tratan de sistemas con una caldera central de la que se obtiene vapor a alta temperatura para usos térmicos o producción de electricidad.<sup>55</sup>

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

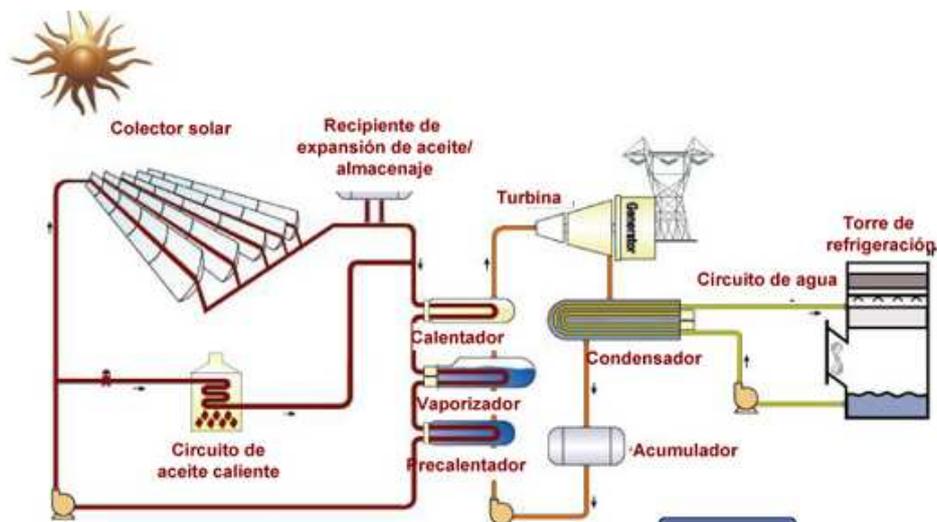
El principal parámetro que caracteriza la eficiencia de cualquier captador solar es la curva de rendimiento. En general se define el rendimiento de un captador como la relación entre el flujo energético que llega a la superficie de éste y la energía útil que se transmite al fluido; de esta forma, el rendimiento instantáneo de un captador varía en función de la radiación, la temperatura del agua que entra al captador, la temperatura ambiente, la temperatura de la placa y los materiales empleados en la construcción.<sup>55</sup>

Las centrales solares de concentración (CSP), también llamadas centrales termosolares, producen electricidad de un modo muy similar a las centrales eléctricas convencionales. Obtienen su energía de entrada mediante la concentración de la radiación solar y la convierten en vapor o gas de alta temperatura para impulsar una turbina o un motor. Grandes espejos concentran la luz solar en una sola línea o punto. El calor creado allí es utilizado para generar vapor. Ese vapor caliente altamente presurizado es utilizado para accionar turbinas que generan electricidad. En regiones bañadas por el sol, las centrales CSP pueden garantizar una gran proporción de la producción de electricidad.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Secretaría de Energía. Energías Renovables: Energía Solar. 2008.

<sup>56</sup> Greenpeace. [r]evolución energética. Septiembre 2011.

Esquema de una central de Energía Termosolar<sup>57</sup>

Se necesitan cuatro elementos principales: un concentrador, un receptor, algún tipo de medio de transmisión o almacenamiento y la conversión de la energía. Hay muchos tipos diferentes de sistemas posibles, incluyendo combinaciones con otras tecnologías renovables y no renovables, pero hay cuatro grupos principales de tecnologías termosolares:<sup>56</sup>

💡 **Colectores cilindra-parabólicos:** las centrales de colectores cilindra-parabólicos utilizan las filas de colectores de canal parabólico, cada una de las cuales refleja la radiación solar dentro de un tubo absorbente. Por los tubos circula aceite sintético, que se calienta hasta 400°C. Luego, este calor es utilizado para generar electricidad. Algunas de las centrales en construcción han sido diseñadas para producir energía, permitiendo a la central producir un adicional de 7,5 horas de potencia nominal después del ocaso, lo que mejora drásticamente su integración a la red. Las sales fundidas son utilizadas normalmente como fluido de almacenamiento en dos tanques, uno frío y otro caliente. Centrales operativas en Europa: Andasol 1 y 2 (50 MW + 7,5 horas de almacenamiento cada una); Puertollano (50 MW); Alvarado (50 MW) y Extresol (50 MW + 7,5 horas de almacenamiento).

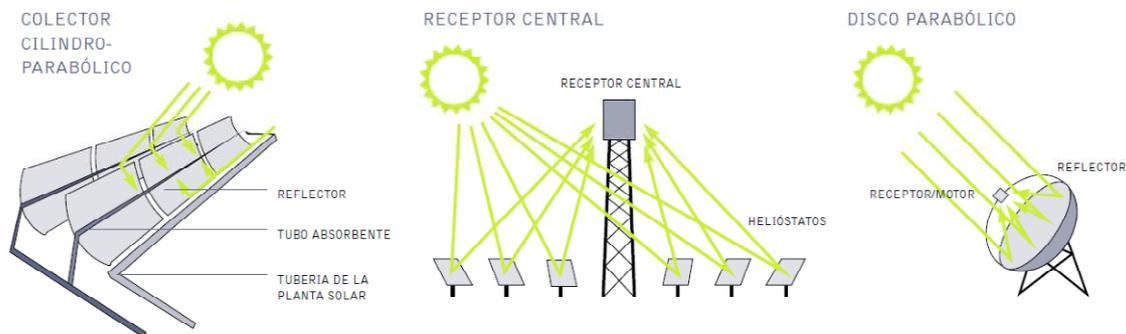
💡 **Receptor central o torre solar:** Una formación circular de helióstatos (grandes espejos de seguimiento solar individual) es utilizada para concentrar la luz solar en un receptor central montado en la parte superior de una torre. Un medio de transferencia de calor absorbe la radiación altamente concentrada reflejada por los helióstatos y la convierte en energía térmica para su utilización en la posterior generación de vapor sobrecalentado para el funcionamiento de la turbina. A la fecha, los medios de transferencia de calor demostrados incluyen agua/vapor, sales fundidas, sodio líquido y aire. Si el gas o aire presurizado es utilizado a temperaturas muy elevadas de alrededor de 1000°C o más como medio de transferencia de calor, incluso puede ser utilizado para reemplazar directamente el

<sup>57</sup> Revista La Carolina. Artículo sobre las empresas Solel de Israel y Valoriza Energía de España. 2008

gas natural en una turbina de gas, aprovechando así la excelente eficiencia (60% o más) de los ciclos combinados de gas y vapor modernos.

💡 **Disco parabólico:** un reflector en forma de disco es utilizado para concentrar la luz solar en un receptor situado en su punto focal. El haz concentrado de radiación es absorbido en el receptor para calentar un fluido o gas hasta aproximadamente 750°C. Esto luego es utilizado para generar electricidad en un pequeño pistón, un motor Stirling o una microturbina conectada al receptor. El potencial de los discos parabólicos reside principalmente en el suministro energético descentralizado y sistemas eléctricos independientes y remotos. Actualmente se están planificando proyectos en Estados Unidos, Australia y Europa.

💡 **Sistemas lineales de Fresnel:** los colectores se asemejan a colectores cilindro-parabólicos, con una tecnología de generación de energía similar, utilizando un campo de franjas de espejos planos montados horizontalmente, siguiendo el sol en forma colectiva o individual. Existe una planta actualmente en funcionamiento en Europa: Puerto Errado (2 MW).<sup>56</sup>



Los sistemas de colectores solares térmicos se basan en un principio centenario: el sol calienta el agua contenida en un recipiente oscuro. Las tecnologías termosolares que se encuentran en el mercado son eficientes y altamente confiables, proporcionando energía para un amplio espectro de aplicaciones, desde el agua caliente doméstica y la calefacción en edificios residenciales o comerciales hasta la calefacción de piscinas, la refrigeración solar asistida, el calor para procesos industriales y la desalinización del agua potable.

Aunque existen productos maduros para proporcionar agua caliente y calefacción doméstica utilizando energía solar, en la mayoría de los países aún no son la norma. La integración de las tecnologías termosolares en edificios en la etapa de diseño o cuando el sistema de calefacción (y refrigeración) está siendo reemplazado es crucial, ya que reduciría los costos de instalación. Además, el potencial sin explotar en el sector no residencial se abrirá a medida que nuevas tecnologías se vuelvan comercialmente viables.<sup>56</sup>

La producción de agua caliente para uso doméstico es la aplicación más común. Dependiendo de las condiciones y configuración del sistema, la mayor parte de los requerimientos de agua caliente de un edificio pueden ser proporcionados por la energía solar. Sistemas más grandes puede, además, cubrir una parte sustancial de la energía necesaria para calefacción. Existen dos tipos principales de tecnología:<sup>58</sup>

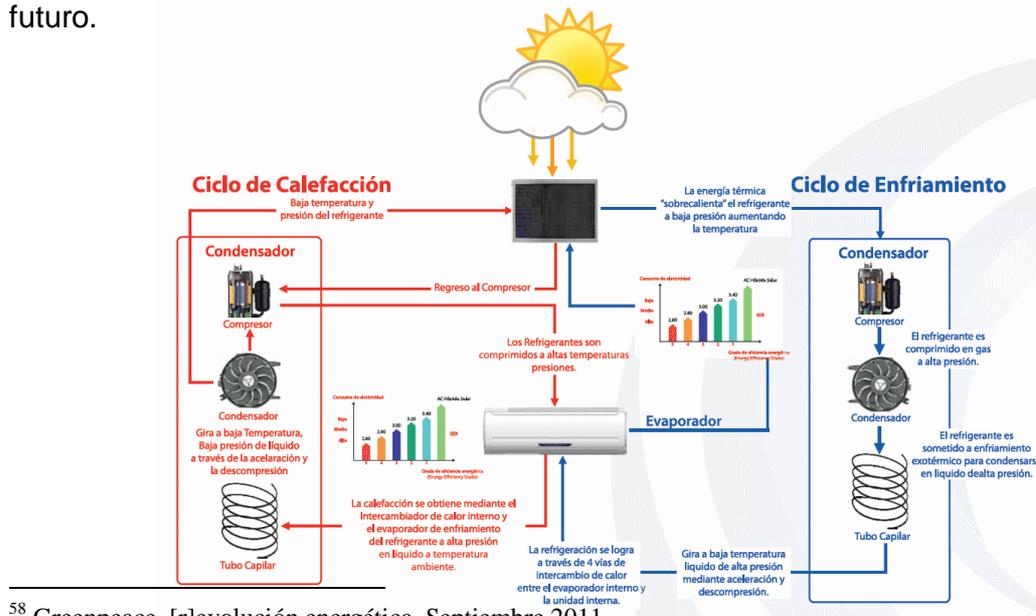
💡 **Tubos de Vacío:** el absorbente en el interior del tubo de vacío absorbe radiación del sol y calienta el fluido en su interior. Se capta radiación adicional desde el reflector detrás de los tubos. Cualquiera sea el ángulo del sol, la forma circular del tubo de vacío le permite alcanzar el absorbente. Incluso en un día nublado, cuando la luz proviene de muchos ángulos a la vez, el colector del tubo de vacío todavía puede ser efectivo.



💡 **Paneles Planos:** éstos son, básicamente, una caja con una tapa de vidrio que se ubica en el techo como un tragaluz. En el interior hay una serie de tubos de cobre con aletas de cobre adjuntas. Toda la estructura está recubierta por una sustancia negra diseñada para capturar los rayos del sol. Estos rayos calientan una mezcla de agua y anticongelante que circula desde el colector hasta la caldera del edificio.



Otra aplicación es la **refrigeración asistida con energía solar**. Los refrigeradores solares utilizan la energía térmica para producir frío y/o deshumidificar el aire de un modo similar a una heladera o aire acondicionado convencional. Esta aplicación se adapta bien a la energía termosolar, ya que la demanda de refrigeración es más elevada cuando más luz solar hay. La refrigeración solar ha sido exitosamente demostrada y se puede esperar su uso a gran escala en el futuro.



<sup>58</sup> Greenpeace. [r]evolución energética. Septiembre 2011.

## ENERGÍA EÓLICA

Como la mayoría de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol. Éste es el responsable de que se produzca el viento, el recurso energético utilizado por esta fuente de energía. La atmósfera de la Tierra absorbe la radiación solar de forma irregular debido a diversos factores (diferencias entre la superficie marina y la continental, elevación del suelo, alternancia del día y la noche, nubosidad, etc.) y esa irregularidad hace que haya masas de aire con diferentes temperaturas y, en consecuencia, presiones. A su vez, las diferentes presiones provocan que el aire tienda a desplazarse desde las zonas de alta presión hacia las de baja presión, generando el movimiento del aire, es decir, el viento.



Se calcula que entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. Si se excluyen las áreas de gran valor ambiental, esto supone un potencial de energía eólica de 53 TWh/año en el mundo, cinco veces más que el actual consumo eléctrico en todo el planeta. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.

En la práctica, la tecnología actual permite aprovechar, casi exclusivamente, los vientos horizontales. Son los que soplan paralelos y próximos al suelo y siempre que su velocidad esté comprendida entre determinados límites (a partir de unos 3 m/s y por debajo de los 25 m/s).<sup>59</sup>

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Se colocan sobre una columna o torre debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al suelo. Además, se procura situarlos lejos de obstáculos (árboles, edificios, etc.) que creen turbulencias en el aire y en lugares donde el viento sopla con una intensidad parecida todo el tiempo, a fin de optimizar su rendimiento.

Los primeros aerogeneradores tenían rendimientos escasos, del orden del 10%, pero los actuales cuentan con sofisticados sistemas de control que les permiten alcanzar rendimientos próximos al 50%. Un porcentaje muy alto si tenemos en cuenta que la fracción máxima de la energía del viento que puede capturar un aerogenerador es del 59%, según demostró el físico alemán Albert Betz en 1919.

La inmensa mayoría de los aerogeneradores modernos son tri-palas y de eje horizontal. Se ha demostrado científicamente que este número de palas es el idóneo ya que cuanto mayor es el número de palas, el rendimiento es menor porque cada pala "choca" con las turbulencias dejadas por la pala anterior, lo que frena su movimiento.<sup>59</sup>

Los componentes de un aerogenerador típico son:

---

<sup>59</sup> Energías Renovables. Pepa Mosquera. IBERDROLA.

✂ **Torre:** soporta la góndola y el rotor. Puede ser tubular o de celosía (estas últimas aunque más baratas, están en desuso ya que las tubulares son mucho más seguras). El grosor y la altura de la torre varían en función de las características de la turbina. Por ejemplo, una turbina de 2.000 kW (la mayoría de las que se instalan ahora en España) tendrá una torre entre 60 y 100 metros (la altura de un edificio de unas 20 plantas).

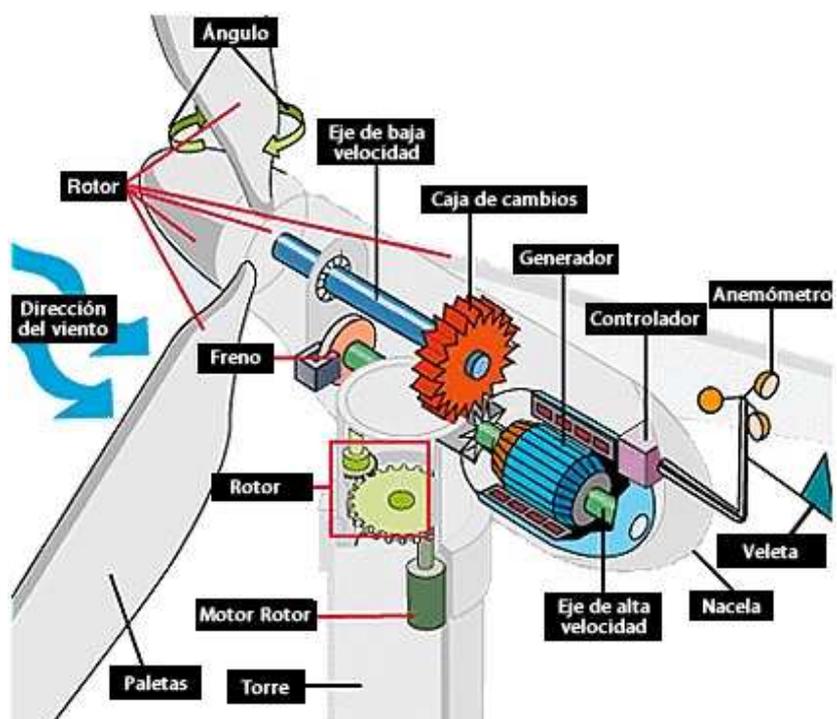
✂ **Rotor:** es el conjunto formado por las palas y el eje al que van unidas, a través de una pieza llamada buje. Las palas capturan el viento de manera perpendicular a su dirección, gracias a un sistema que coloca automáticamente el rotor en esa posición, y transmiten su potencia hacia el buje. El buje está conectado, a su vez, mediante otro eje al multiplicador, incluido dentro de la góndola.

✂ **Las palas** se parecen mucho a las alas de un avión (de hecho, los diseñadores usan a menudo perfiles clásicos de alas de avión como sección transversal de la parte más exterior de la pala). Sin embargo, los perfiles gruesos de la parte más interior de la pala suelen estar específicamente diseñados para turbinas eólicas. La mayoría están fabricadas con poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio.

✂ **Góndola:** contiene, entre otros componentes, el generador eléctrico, el multiplicador y los sistemas hidráulicos del control, orientación y freno. El multiplicador funciona de manera similar a la caja de cambios de un coche, multiplicando unas 60 veces, mediante un sistema de engranajes, la velocidad del eje del rotor. Así se consigue comunicar al eje del alternador una velocidad de 1.500 revoluciones por minuto, lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico, cuyo cometido es convertir la energía mecánica del giro de su eje en energía eléctrica.

✂ La **veleta** y el **anemómetro**, situados en la parte posterior de la góndola, miden la dirección y la velocidad del viento en cada instante y mandan órdenes a los sistemas de control que accionan el aparato para que el rotor y las aspas se sitúen en la posición óptima contra el viento.

✂ La góndola incluye, además, un sistema de “**cambio de paso**”, que hace girar la posición de las palas de manera que recojan el viento de la forma óptima en cada momento. Este sistema también se utiliza para frenar el rotor cuando es necesario.



✂ En cuanto a la electricidad producida en el generador, ésta baja por unos cables a un **convertidor**, donde es transformada y enviada a la red eléctrica en forma óptima, sin fluctuaciones.<sup>60</sup>

Los modelos que se instalan en la actualidad son, por lo general, tri-pala, de paso variable (este sistema permite una producción óptima con vientos bajos y una reducción de cargas con vientos altos). De alta calidad en el suministro eléctrico y bajo mantenimiento. Preparadas para optimizar los recursos eólicos de un emplazamiento determinado, la vida útil de estas máquinas es, como mínimo, de 20 años (si se compara con un motor de un automóvil ordinario, éste sólo funcionará durante unas 5.000 horas). Los modernos aerogeneradores tienen, además, un factor de disponibilidad de alrededor del 98%. Es decir, están operativos y preparados para funcionar durante una media superior al 98% de las horas del año, y sólo necesitan una revisión de mantenimiento cada seis meses.

Antes de poner en marcha un parque eólico, los instaladores se aseguran que el lugar tiene las condiciones adecuadas. Para ello, estudian previamente múltiples aspectos, aunque el más importante es, lógicamente, la velocidad del viento, ya que va a determinar la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad. Esta cifra dependerá de la densidad del aire (masa por unidad de volumen), de manera que cuanto “más pesado” sea el aire más energía recibirá la turbina. A modo de referencia: con una velocidad de viento media de 6,75 m/s a la altura del buje, obtendrá alrededor de 1,5 millones de kW/h de energía anuales.

También es de vital importancia conocer las turbulencias del aire (que se producen, sobre todo en áreas muy accidentadas), ya que disminuyen la posibilidad de utilizar eficazmente la energía del viento y provocan mayores roturas y desgastes en la turbina.

Los parques eólicos deben pasar, además, un examen previo de carácter medioambiental, en el que se analizan multitud de factores – estudios geohidrológicos de la zona, impacto de las obras y de los tendidos eléctricos, afectaciones a la fauna y flora y a los valores culturales e históricos del enclave, impacto visual, etc – que determinan si el lugar elegido para situarlo es adecuado y las medidas correctoras que se deben realizar (restauración de la cubierta vegetal, utilización de materiales autóctonos en la construcción de edificaciones, enterramiento de tendidos, etc.).<sup>60</sup>

## Beneficios de la Energía Eólica

### Ambientales

- ✂ La energía eólica no deja ningún tipo de residuos ni de emisiones dañinas para el medio ambiente.
- ✂ Cada kWh producido con energía eólica tiene 26 veces menos impactos que el producido con lignito,



<sup>60</sup> Energías Renovables. Pepa Mosquera. IBERDROLA.

21 veces menos que el producido con petróleo, 10 veces menos que el producido con energía nuclear y 5 veces menos que el producido por gas (fuente: estudio CIEMAT/IDEA/APPA).

- ✂ El actual parque eólico español (al 2007) evita la emisión de 18 millones de toneladas al año de CO<sub>2</sub> y supone un ahorro anual de 50 millones de toneladas de combustibles convencionales (fuente: AEE).
- ✂ Los modernos aerogeneradores recuperan rápidamente toda la energía gastada en su fabricación, instalación, mantenimiento y desmantelamiento. Bajo condiciones de viento normales, a una turbina le cuesta entre dos y tres meses recuperar esa energía (fuente: Asociación Danesa de la Industria Eólica).
- ✂ Los parques eólicos son compatibles con otros usos y son instalaciones que, tras su clausura y desmantelamiento, no dejan huella y el suelo recupera su apariencia original.<sup>61</sup>

### **Socioeconómicos**

- ✂ La energía eólica representa ya (año de referencia: 2007) alrededor de un 10% del total de la generación eléctrica de España. Es la tecnología renovable que más empleo ha creado hasta ese momento, alcanzando los 45.000 empleos en 2007. La generación directa de empleo (operación y mantenimiento de los parques, fabricación, montaje, I+D) se estima en más de 18.000 puestos de trabajo, el resto corresponde al empleo indirecto (ligado, sobre todo, al suministro de componentes). El Worldwatch Institute estima que para una misma unidad energética producida, la energía eólica emplea 542 trabajadores, la térmica 116 y 100 la nuclear.
- ✂ El crecimiento de la energía eólica en España está propiciando, además, desarrollo tecnológico y nuevas oportunidades de negocio para la industria. El total de las inversiones en España ligadas a este sector representó 5.000 millones de euros en 2007.
- ✂ Los aerogeneradores no requieren un suministro de combustible posterior. Por lo tanto, son idóneos para los países en vías de desarrollo, contribuyendo a su crecimiento y a luchar contra la pobreza.<sup>61</sup>



---

<sup>61</sup> Energías Renovables. Pepa Mosquera. IBERDROLA.

## Tipos de Aerogeneradores Según el Eje del Rotor

**Eje vertical:** Sus principales ventajas son que no necesita un sistema de orientación al ser omnidireccional y que el generador, multiplicador, etc., son instalados a ras de suelo, lo que facilita su mantenimiento y disminuyen sus costes de montaje. Sus desventajas frente a otro tipo de aerogeneradores son sus menores eficiencias, la necesidad de sistemas exteriores de arranque en algunos modelos, y que el desmontaje del rotor por tareas de mantenimiento hace necesaria que toda la maquinaria del aerogenerador sea desmontada.<sup>62</sup>



**Aerogenerador con rotor Savonius:** Es el modelo más simple de rotor, consiste en cilindros huecos desplazados respecto su eje, de forma que ofrecen la parte cóncava al empuje del viento, ofreciendo su parte convexa una menor resistencia al giro. Se suele mejorar su diseño dejando un espacio entre ambas caras para evitar la sobre presión en el interior de la parte cóncava. Pueden construirse superponiendo varios elementos sobre el eje de giro.

No son útiles para la generación de electricidad debido a su elevada resistencia al aire. Su bajo coste y fácil construcción les hace útiles para aplicaciones mecánicas.

**Aerogenerador con rotor Darrieus:** Patentado por G.J.M. Darrieus en 1931, es el modelo de los aerogeneradores de eje vertical de más éxito comercial. Consiste en un eje vertical asentado sobre el rotor, con dos o más finas palas en curva unidas al eje por los dos extremos, el diseño de las palas es simétrico y similar a las alas de un avión, el modelo de curva utilizado para la unión de las palas entre los extremos del rotor es el de Troposkien, aunque puede utilizarse también catenarias. Evita la necesidad de diseños complejos en las palas como los necesarios en los generadores de eje horizontal, permite mayores velocidades que las del rotor Savonius, aunque sin alcanzar las generadas por los modelos de eje horizontal, pero necesita de un sistema externo de arranque.



**Aerogenerador con rotor Giromill:** Este tipo de generadores también fueron patentados por G.J.M. Darrieus. Consisten en palas verticales unidas al eje por unos brazos horizontales, que pueden salir por los extremos del aspa e incluso desde su parte central. Las palas verticales cambian su orientación a medida que se produce el giro del rotor para un mayor aprovechamiento de la fuerza del viento.

<sup>62</sup> OPEX Energy. España.

**Aerogenerador con rotor Windside:** Es un sistema similar al rotor Savonius, en vez de la estructura cilíndrica para aprovechamiento del viento, consiste en un perfil alabeado con torsión que asciende por el eje vertical. La principal diferencia frente a otros sistemas de eje vertical es el aprovechamiento del concepto aerodinámico, que le acerca a las eficiencias de los aerogeneradores de eje horizontal.



**Eje horizontal:** En la actualidad la gran mayoría de los aerogeneradores que se construyen conectados a red son tripalas de eje horizontal. Los aerogeneradores horizontales tienen una mayor eficiencia energética y alcanzan mayores velocidades de rotación por lo que necesitan caja de engranajes con menor relación de multiplicación de giro, además debido a la construcción elevada sobre torre aprovechan en mayor medida el aumento de la velocidad del viento con la altura. Los modelos de eje horizontal puede subdividirse a su vez por el número de palas empleado, por la orientación respecto a la dirección dominante del viento y por el tipo de torre utilizada:

**Tripala:** Es el más empleado en la actualidad, consta de 3 palas colocadas formando  $120^\circ$  entre si. Un mayor número de palas aumenta el peso y coste del aerogenerador, por lo que no se emplean diseños de mayor número de palas para fines generadores de energía de forma comercial, aunque si para fines mecánicos como bombeo de agua etc.



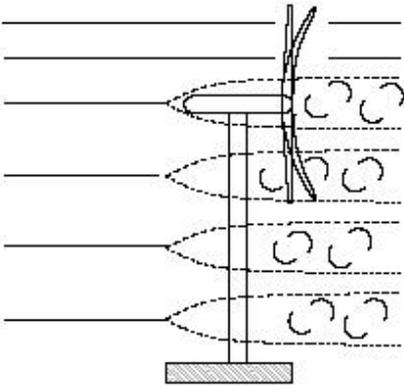
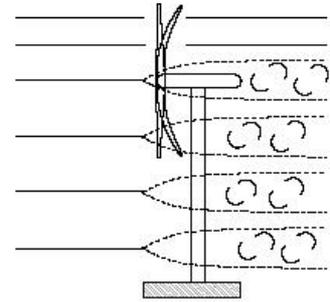
**Bipala:** Ahorra el peso y coste de una de las palas respecto a los aerogeneradores tripala, pero necesitan mayores velocidades de giro para producir la misma energía que aquellos. Para evitar el efecto desestabilizador necesitan de un diseño mucho más complejo, con un rotor basculante y amortiguadores que eviten el choque de las palas contra la torre

**Monopala:** Tienen, en mayor medida, los mismos inconvenientes que los bipala, necesitan un contrapeso en el lado opuesto de la pala, por lo que el ahorro en peso no es tan

significativo.



Orientadas a barlovento: Cuando el rotor se encuentra enfocado de frente a la dirección del viento dominante, consigue un mayor aprovechamiento de la fuerza del viento que en la opción contraria o sotavento, pero necesita un mecanismo de orientación hacia el viento. Es el caso inmensamente preferido para el diseño actual de aerogeneradores.



Orientadas a sotavento:

Cuando el rotor se encuentra enfocado en sentido contrario a la dirección del viento dominante, la estructura de la torre y la góndola disminuye el aprovechamiento del viento por el rotor, en este caso el viento es el que orienta con su propia fuerza a la góndola, por lo que no son necesarios elementos de reorientación automatizada en la teoría, aunque si suelen utilizarse como elemento de seguridad. Las palas y la góndola son construidos con una mayor flexibilidad que en el

caso de orientadas a barlovento.

Torres de celosía: Son las construidas mediante perfiles de acero unidos mediante tornillería. Son muy baratas y fáciles de construir pero necesitan de verificaciones periódicas de la correcta sujeción de los segmentos de acero entre si. Necesitan un emplazamiento extra para la instalación de los equipos de suelo como sistemas de control o equipos eléctricos, el acceso a la góndola se realiza por escalerillas exteriores de baja protección frente a fuertes vientos y condiciones climáticas adversas. No se utilizan en zonas geográficas septentrionales o para aerogeneradores de gran potencia.



Torres tubulares: Consisten en grandes tubos de acero de forma tubular o cónica que ofrecen en su interior espacio para los equipos de suelo y para el acceso a resguardo hacia la góndola. Necesitan de una instalación más laboriosa y cara, pero ofrecen una mayor resistencia y menos mantenimiento necesario que las torres de celosía. Son las más empleadas en equipos de generación de energía.

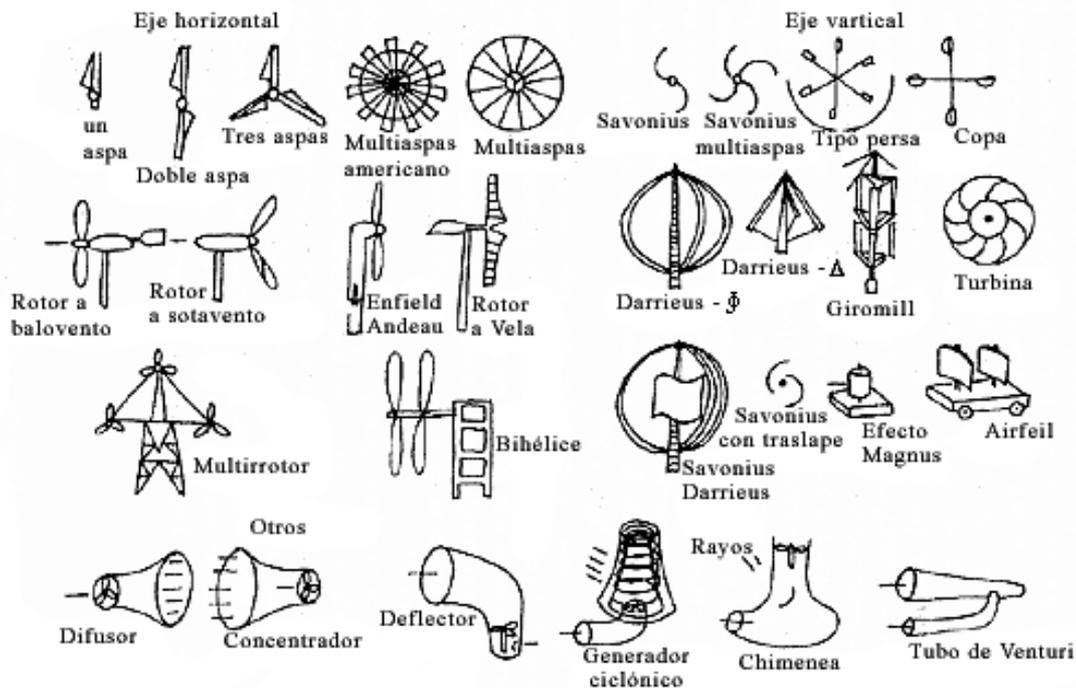
**Según Potencia Suministrada**

**Equipos de baja potencia:** Históricamente son los asociados a utilización mecánica como bombeo del agua, proporcionan potencias alrededor del rango de 50 KW, aunque pueden utilizarse varios equipos adyacentes para aumentar la potencia total suministrada. Hoy en día siguen utilizándose como fuente de energía para sistemas mecánicos o como suministro de energía en equipos aislados.

También se utilizan en grupo y junto con sistemas de respaldo como motores de gasolina para suministro de energía de zonas rurales o edificios, ya sea conectándose a red o con baterías para almacenar la energía producida y garantizar la continuidad de la cobertura energética.

**Equipos de media potencia:** Son los que se encuentran en el rango de producción de energía de 150 KW. Son utilizados de forma similar a los equipos de baja potencia pero para mayores requerimientos energéticos. No suelen estar conectados a baterías de almacenamiento, por lo que se utilizan conectados a red o junto con sistemas de respaldo.

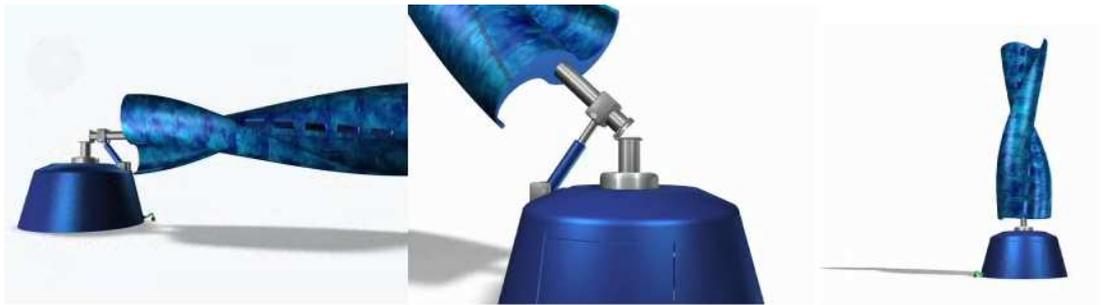
**Equipos de alta potencia:** Son los utilizados para producción de energía de forma comercial, aparecen conectados a red y en grupos conformando centrales eolieléctricas, ya sea en tierra como en entorno marino (offshore). Su producción llega hasta el orden del gigavatio. El diseño elegido mayoritariamente para estos equipos son los aerogeneradores de eje horizontal tripalas, orientados a barlovento y con torre tubular.<sup>63</sup>



Energía Solar-Eólica con turbinas helicoidales

<sup>63</sup> OPEX Energy. España.

Los progresos en desarrollo de **energías renovables** son fascinantes. En poco tiempo dos de las energías con más potencial podrían fusionarse. El uso de energía solar y eólica de una forma combinada se está abriendo paso en el mercado con innovaciones tan increíbles como la “**SolarWind turbine**” de la empresa americana Bluenergy. Se trata de un generador de viento helicoidal cuya superficie está cubierta de células fotovoltaicas.

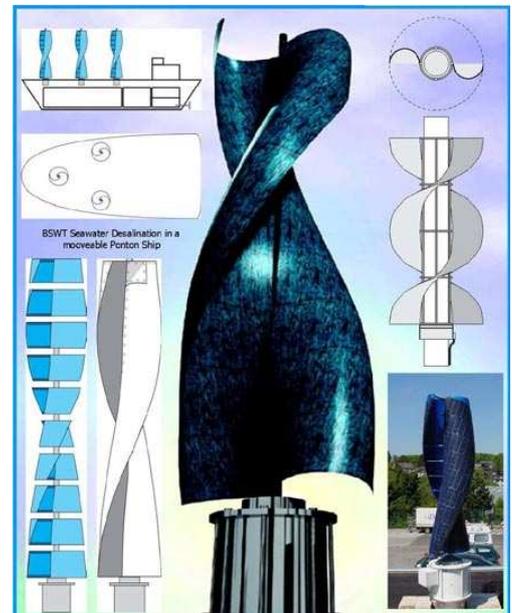


Las turbinas eólicas **helicoidales** no son nada nuevo, pero el gran diseño estético y su eficacia hacen que sea una turbina especial: cuando luce el sol acumula la energía y cuando sopla el viento (de hasta 144 km por hora) también recoge energía.

El problema de la energía solar era la poca eficiencia en los días no solares, lo mismo sucedía con la energía eólica, si no hacía viento, no se generaba energía limpia. Ahora, gracias a la **combinación de ambos tipos de generación**, la turbina es capaz de funcionar a pleno rendimiento en condiciones de poco viento y baja insolación.

Además de todo esto, las células solares están recubiertas de un fluoropolímero transparente que permite la **captura de la luz solar desde cualquier ángulo** mientras gira. Estas células tampoco necesitan refrigeración ni limpieza, ya la brisa del mismo viento se encarga de ello. Al mismo tiempo, el diseño tan futurista permite a la turbina aprovecharse de los **vientos multi-direccionales**, aumentando su eficacia en más de un 50% frente a las turbinas de hélice convencionales.

Otra gran ventaja adicional de este tipo de turbinas helicoidales es que pueden ser instaladas en zonas residenciales ya que no presentan peligro para personas o animales, incluso en tejados de casas minimizando el impacto visual ya que parecen extractores de humo. Además, **nulo impacto sonoro**, pues el sistema es completamente silencioso gracias a la forma de espiral.<sup>64</sup>



<sup>64</sup> Ecología Verde. Mayo del 2010.

## ENERGÍA HIDRÁULICA

Energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior provocando el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el coste de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales centra la atención en estas fuentes de energía renovables.<sup>65</sup>

Los antiguos romanos y griegos aprovechaban ya la energía del agua; utilizaban ruedas hidráulicas para moler trigo. Sin embargo, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga retrasó su aplicación generalizada hasta el siglo XII. Durante la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de cincuenta caballos. La energía hidroeléctrica debe su mayor desarrollo al ingeniero civil británico John Smeaton, que construyó por vez primera grandes ruedas hidráulicas de hierro colado. La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textil y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible. La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América hasta la construcción de canales a mediados del siglo XIX, que proporcionaron carbón a bajo precio.

Las presas y los canales eran necesarios para la instalación de ruedas hidráulicas sucesivas cuando el desnivel era mayor de cinco metros. La construcción de grandes presas de contención todavía no era posible; el bajo caudal de agua durante el verano y el otoño, unido a las heladas en invierno, obligaron a sustituir las ruedas hidráulicas por máquinas de vapor en cuanto se pudo disponer de carbón.<sup>65</sup>

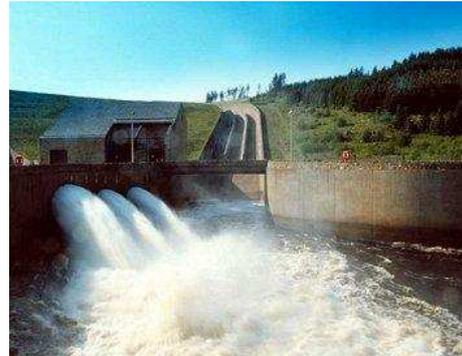


---

<sup>65</sup> Estructplan. Impacto Ambiental.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

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



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

Además de las centrales situadas en presas de contención, que dependen del embalse de grandes cantidades de agua, existen algunas centrales que se basan en la caída natural del agua, cuando el caudal es uniforme. Estas instalaciones se llaman de agua fluente. Una de ellas es la de las Cataratas del Niágara, situada en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de hidroelectricidad eran Canadá y Estados Unidos. Canadá obtiene un 60% de su electricidad de centrales hidráulicas. En todo el mundo, la hidroelectricidad representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países en los que constituye fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), Zaire (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná, está situada entre Brasil y Paraguay; se inauguró en 1982 y tenía, al momento de su fundación, la mayor capacidad generadora del mundo, hoy en día es la segunda central hidroeléctrica del mundo en capacidad de generación, luego de la Three Gorges de China.

En algunos países se han instalado centrales pequeñas, con capacidad para generar entre un kilovatio y un megavatio. En muchas regiones de China, por ejemplo, estas pequeñas presas son la principal fuente de electricidad. Otras naciones en vías de desarrollo están utilizando este sistema con buenos resultados.<sup>66</sup>

El principio fundamental de esta forma de aprovechamiento hidráulico de los ríos se basa en el hecho de que la velocidad del flujo de estos es básicamente constante a lo largo de su cauce, el cual siempre es descendente. Este hecho revela que la energía potencial no es íntegramente convertida en cinética como

---

<sup>66</sup> Estructplan. Impacto Ambiental.

sucede en el caso de una masa en caída libre, la cual se acelera, sino que ésta es invertida en las llamadas pérdidas, es decir, la energía potencial se "pierde" en vencer las fuerzas de fricción con el suelo, en el transporte de partículas, en formar remolinos, etc.. Entonces esta energía potencial podría ser aprovechada si se pueden evitar las llamadas pérdidas y hacer pasar al agua a través de una turbina. El conjunto de obras que permiten el aprovechamiento de la energía anteriormente mencionada reciben el nombre de central hidroeléctrica o Hidráulica.

Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

La potencia, que está en función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo turbinable, además de las características de las turbinas y de los generadores usados en la transformación.

La energía garantizada en un lapso de tiempo determinado, generalmente un año, que está en función del volumen útil del embalse, y de la potencia instalada.

La potencia de una central puede variar desde unos pocos MW (megavatios), como en el caso de las minicentrales hidroeléctricas, hasta 14.000 MW como en Paraguay y Brasil donde se encuentra la segunda mayor central hidroeléctrica del mundo (la mayor es la Presa de las Tres Gargantas, en China, con una potencia de 22.500 MW), la Itaipú que tiene 20 turbinas de 700 MW cada una.

Las centrales hidroeléctricas y las centrales térmicas (que usan combustibles fósiles) producen la energía eléctrica de una manera muy similar. En ambos casos la fuerza de energía es usada para impulsar una turbina que hace girar un generador eléctrico, que es el que produce la electricidad. Una Central térmica usa calor para, a partir de agua, producir el vapor que acciona las paletas de la turbina, en contraste con la planta hidroeléctrica, la cual usa la fuerza del agua directamente para accionar la turbina.<sup>67</sup>

## **Tipos de centrales hidroeléctricas**

### ***Según su concepción arquitectónica***

Centrales al aire libre, al pie de la presa, o relativamente alejadas de esta. Están conectadas por medio de una tubería en presión.

Centrales en caverna, generalmente conectadas al embalse por medio de túneles, tuberías en presión, o por la combinación de ambas.

### ***Según su régimen de flujo***

Centrales de agua fluyente: También denominadas centrales de filo de agua o de pasada, utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica. Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse. Turbinan el agua disponible en el momento, limitadamente a la capacidad instalada. En estos casos las turbinas pueden ser de eje vertical,

---

<sup>67</sup> Apuntes UTN. Ingeniería Industrial.

Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella

cuando el río tiene una pendiente fuerte u horizontal cuando la pendiente del río es baja.

**Centrales de embalse:** Es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. Es posible generar energía durante todo el año si se dispone de reservas suficientes. Requieren una inversión mayor.

**Centrales de regulación:** Almacenamiento del agua que fluye del río capaz de cubrir horas de consumo.

**Centrales de bombeo o reversibles:** Una central hidroeléctrica reversible es una central hidroeléctrica que además de poder transformar la energía potencial del agua en electricidad, tiene la capacidad de hacerlo a la inversa, es decir, aumentar la energía potencial del agua (por ejemplo subiéndola a un embalse) consumiendo para ello energía eléctrica. De esta manera puede utilizarse como un método de almacenamiento de energía (una especie de batería gigante).

Están concebidas para satisfacer la demanda energética en horas pico y almacenar energía en horas valle.

Aunque lo habitual es que estas centrales turbinen/bomben el agua entre dos embalses a distinta altura, existe un caso particular llamado **centrales de bombeo puro** donde el embalse superior se sustituye por un gran depósito cuya única aportación de agua es la que se bombea del embalse inferior.<sup>68</sup>

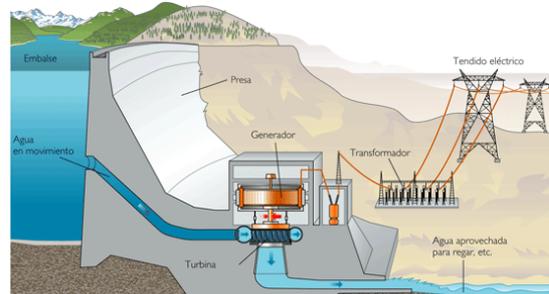
### Según su altura de caída del agua

**Centrales de alta presión:** Que corresponden con el *high head*, y que son las centrales de más de 200 m de caída del agua, por lo que solía corresponder con centrales con *turbinas Pelton*.

**Centrales de media presión:** Son las centrales con caída del agua de 20 a 200 m, siendo dominante el uso de *turbinas Francis*, aunque también se puedan usar *Kaplan*.

**Centrales de baja presión:** Que corresponden con el *low head*, son centrales con desniveles de agua de menos de 20 m, siendo usadas las turbinas *Kaplan*.

**Centrales de muy baja presión:** Son centrales correspondientes con nuevas tecnologías, pues llega un momento en el cuál las turbinas *Kaplan* no son aptas para tan poco desnivel. Serían en inglés las *very low head*, y suelen situarse por debajo de los 4m..



<sup>68</sup> Apuntes UTN. Ingeniería Industrial.

**Ventajas**<sup>69</sup>

- Es renovable.
- No se consume. Se toma el agua en un punto y se devuelve a otro a una cota inferior. Es un recurso inagotable, en tanto en cuanto el ciclo del agua perdure.
- Es autóctona y, por consiguiente, evita importaciones del exterior.
- Es completamente segura para personas, animales o bienes.
- No genera calor ni emisiones contaminantes. No emite gases "invernadero" ni provoca lluvia ácida, es decir, no contamina la atmósfera, por lo que no hay que emplear costosos métodos que limpien las emisiones de gases.
- No hay que emplear sistemas de refrigeración o calderas, que consumen energía y, en muchos casos, contaminan, por lo que es más rentable en este aspecto.
- Almacenamiento de agua para regaderos.
- Permite realizar actividades de recreo (remo, baño, etc.)
- Evita inundaciones debido a la regulación del caudal.
- Genera puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación.
- Requiere inversiones muy cuantiosas que se realizan normalmente en comarcas de montaña muy deprimidas económicamente.
- Genera experiencia y tecnología exportables a países en vías de desarrollo.

**Desventajas**<sup>69</sup>

- Altera el normal desenvolvimiento en la vida biológica (animal y vegetal) del río.
- Contaminación del aire y del agua como resultado de la construcción y de la eliminación de los desperdicios, erosión del suelo, destrucción de la vegetación, destrucción de saneamiento y salud en los campamentos de salud.
- Degradación de la calidad del agua del reservorio.
- Sedimentación del reservorio y pérdida de su capacidad de almacenamiento.
- Las centrales de embalse tienen el problema de la evaporación de agua: En la zona donde se construye aumenta la humedad relativa del ambiente como consecuencia de la evaporación del agua contenida en el embalse.
- Aumento de humedad y neblina, localmente, creando un hábitat favorable para los vectores insectos de las enfermedades (mosquitos, tse-tsé). En el caso de las centrales de embalse construidas en regiones tropicales, estudios realizados han demostrado que generan, como consecuencia del estancamiento de las aguas, grandes focos infecciosos de bacterias y enfermedades. En Brasil el brote de *dengue* fue asociado con las represas construidas a lo largo del río Paraná.
- Dislocación de la gente que vive en la zona inundada.
- Pérdida de terreno (agrícola, bosques, pastos, humedales) a causa de su inundación para formar el reservorio.
- Proliferación de las hierbas acuáticas en el reservorios y aguas abajo, impidiendo la descarga de la represa, los sistema de riego, la navegación y la pesca, y mayores pérdidas de agua por transpiración.
- Interrupción de la pesca en el río, debido a los cambios en el flujo, el bloqueo de la migración de los peces, y el cambio en la calidad y limnología del agua.
- Degradación ecológica debido al aumento de presión sobre la tierra.

---

<sup>69</sup> Recopilación de distintos trabajos presentados en UTN y en UCA.

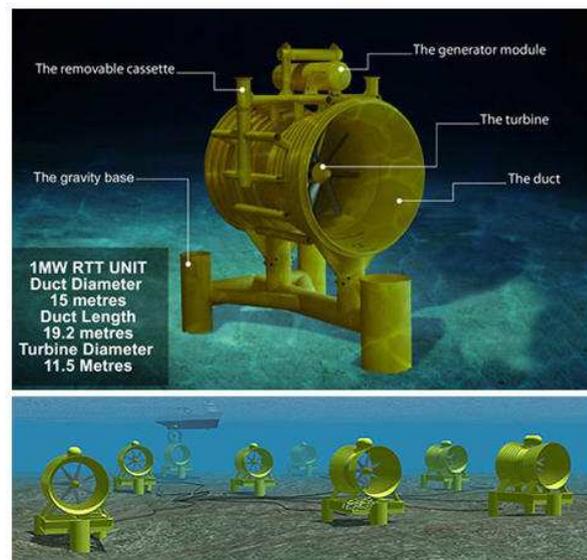
## ENERGÍA MARINA O MAREOMOTRIZ

La energía mareomotriz puede aprovecharse mediante la construcción de un dique o represa a través de un estuario o bahía con una amplitud de marea de, al menos, cinco metros. Los ortones en la represa permiten que la marea entrante se acumule en la cuenca detrás del paredón. Luego, estos portones se cierran de modo que cuando la marea se retire, el agua pueda ser canalizada a través de turbinas para generar electricidad. Se han construido barreras de marea a través de estuarios en Francia, Canadá y China pero una combinación de proyecciones de altos costos junto con objeciones ambientales a los efectos producidos sobre los hábitat de los estuarios ha limitado una mayor expansión de esta tecnología.

En la generación de energía de las olas una estructura interactúa con las olas entrantes, convirtiendo esta energía en electricidad a través de un sistema hidráulico, mecánico o neumático de despegue. Se mantiene la estructura en posición mediante un sistema de amarre o colocándola directamente sobre el fondo del mar/costa. La energía se transmite al lecho marino por un cable flexible eléctrico sumergido y a la costa por un cable submarino.

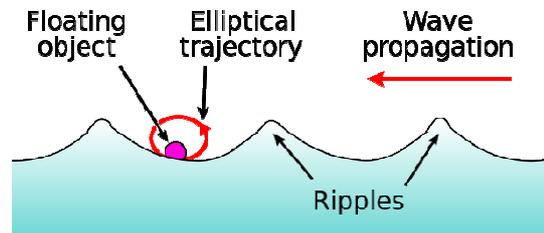
En la generación de **corrientes marinas**, una máquina similar al rotor de una turbina eólica es colocada bajo el agua, instalada en una columna fija al fondo marino; a continuación el rotor gira para generar electricidad a partir de las corrientes de movimiento rápido. Prototipos de 300kW se encuentran en operación en el Reino Unido.

Los convertidores de energía oceánica pueden estar compuestos por grupos conectados de unidades generadoras más pequeñas, de 100 a 500 kW; o varios módulos interconectados mecánica o hidráulicamente, pueden suministrar a una sola turbina generadora más grande de 2 a 20 MW. Las olas grandes necesarias para hacer más rentable la tecnología suelen encontrarse a grandes distancias de la orilla, sin embargo, requieren costosos cables submarinos para transmitir la energía. Los convertidores por sí solos también ocupan grandes cantidades de espacio. La energía oceánica tiene la ventaja de proporcionar un suministro más predecible que la energía eólica y puede situarse en el océano sin mucha intrusión visual. No existe tecnología comercial líder en la conversión de energía oceánica en la actualidad. Diferentes sistemas están siendo desarrollados en el mar para realizar pruebas de prototipo. El sistema más grande instalado y conectado a la red hasta el momento es el Pelamis, de 2,25 MW, con secciones cilíndricas semi-sumergidas



*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

vinculadas operando frente a la costa de Portugal. La mayoría del trabajo de desarrollo se ha llevado a cabo en el Reino Unido.<sup>70</sup>



Los sistemas de energía oceánica pueden dividirse en tres grupos:

**Dispositivos de línea costera (shoreline).** Se fijan a la costa o se incrustan en la línea costera, con la ventaja de una instalación y mantenimiento más fácil. Asimismo, no requieren amarres en aguas profundas o grandes longitudes de cable eléctrico submarino. La desventaja es que experimentan un régimen de olas con mucha menor potencia. El tipo de dispositivo de línea costera más avanzado es la columna de agua oscilante (OWC, según sus siglas en inglés). Un ejemplo es la central de Pico, una OWC costera de 400 Kw nominales equipada con una turbina Wells construida en la década de 1990. Otro sistema que puede ser integrado en un rompeolas es el convertidor Seawave Slot-Cone.

**Dispositivos cerca de la costa (near shore).** Son desplegados en aguas de profundidad moderada (~20 a 25 m) a distancias de hasta ~500m de la costa. Poseen las mismas ventajas que los dispositivos de línea costera pero están expuestos a olas más fuertes y productivas. Estos incluyen los “sistemas absorbedores puntuales”.

**Dispositivos de alta mar (offshore).**

Explotan las olas de regímenes más potentes disponibles en aguas profundas (>25 m de profundidad). Los diseños más recientes de dispositivos de alta mar se concentran en pequeños dispositivos modulares, obteniendo una salida de alta potencia cuando se despliega en formaciones. Un ejemplo es el sistema AquaBuOY, un sistema de absorbedor puntual de flotación libre que reacciona contra un tubo sumergido



lleno de agua. Otro ejemplo es el Wave Dragon, que utiliza un diseño reflector de olas para enfocar la ola hacia una rampa y llenar un depósito elevado.

<sup>70</sup> Greenpeace. [r]evolución energética. 2da edición 2011.

## ENERGÍA GEOTÉRMICA

En muchos lugares de la Tierra se producen fenómenos geotérmicos que pueden ser aprovechados para generar energía útil para el consumo. Estas fuerzas se desarrollan en el interior de la corteza terrestre, normalmente a profundidades de 50 km, en una franja llamada *sima* o *sial*; algunas de sus manifestaciones sobre la superficie son los volcanes activos.

Conforme descendemos hacia el interior de la corteza terrestre se produce un aumento gradual de temperatura, estimado en 1 grado cada 37 metros de profundidad. Sin embargo, en determinadas zonas de nuestro planeta, por ejemplo en algunas islas volcánicas de Canarias, las altas temperaturas se encuentran a nivel de la superficie. En estos casos, es cuando una instalación geotérmica resulta más rentable.

Para aprovechar la energía geotérmica se recurre a sistemas similares a los empleados en energía solar con turbina, es decir, calentamiento de un líquido que puede tener distintas aplicaciones, pero que habitualmente se destina a producir vapor con el que se da impulso a la turbina, que a su vez mueve un generador eléctrico.

Los sistemas geotérmicos producen un rendimiento mayor con respecto a otros sistemas, y además tienen un costo de mantenimiento menor. De hecho, la única pieza móvil de una central geotérmica es el sistema de turbina-generador, y por tanto todo el conjunto tiene una vida útil más larga. Además, la energía utilizada está siempre presente, lo cual apenas implica variaciones, como sucedería en otros sistemas que dependen, por ejemplo, del caudal de un río o del nivel de radiación solar.

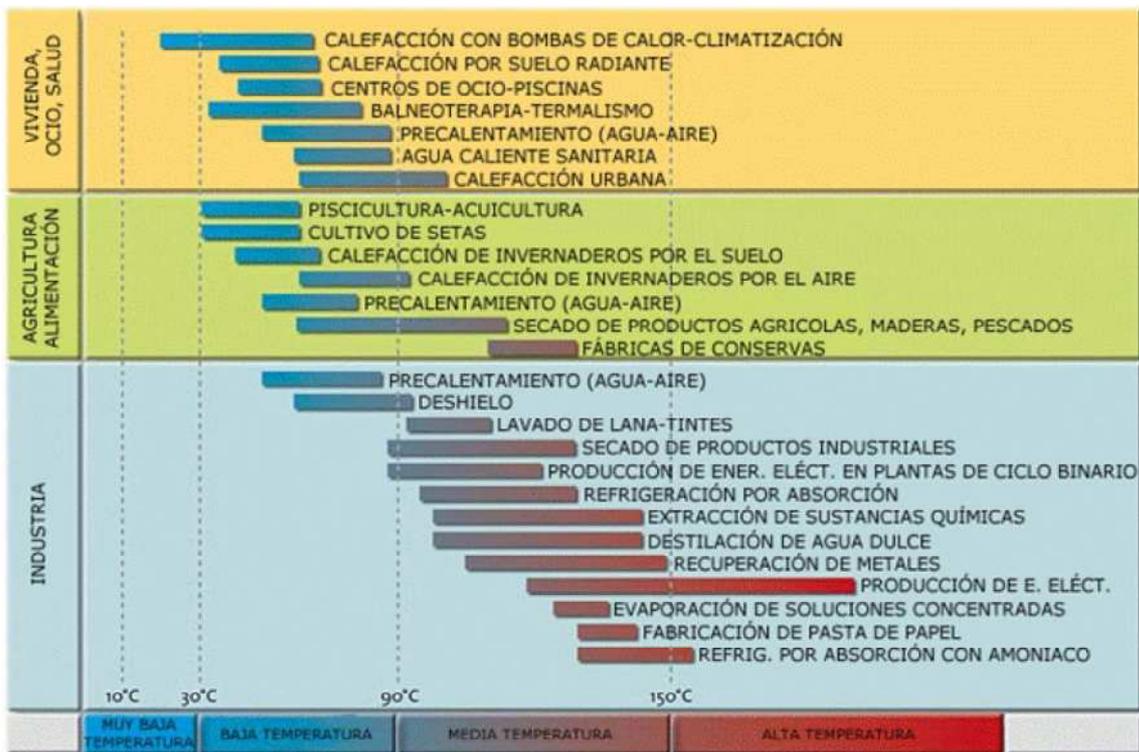
El funcionamiento de una central geotérmica es bastante simple: consta de una perforación practicada a gran profundidad sobre la corteza terrestre (unos 5 km), con objeto de obtener una temperatura mínima de 150° C, y en la cual se han introducido dos tubos en circuito cerrado en contacto directo con la fuente de calor.

### Ventajas

- los recursos geotérmicos en el mundo, son mayores que los del el carbón, petróleo, gas natural y uranio, aun combinados.
- No contamina con ningún tipo de ruido en el exterior.
- Todo el sistema que se utiliza es muy económico y ahorrativo.
- Es verdad que produce residuos, pero comparados con el carbón o el petróleo son mínimos.
- Por su gran abundancia, evitara la dependencia energética del exterior.
- No está sujeto a precios internacionales, sus costos siempre serán locales o nacionales.
- No requiere una gran construcción como presas, ni talar árboles, ni la construcción de tanques de almacenamiento de combustible.

**Desventajas**

- Esta energía está disponible solo para lugares determinados.
- Deteriora el paisaje y contamina las aguas próximas con sustancias como el arenisco y amoniaco.
- Cuando hay una gran emisión de ácido sulfhídrico no se percibe y es letal.
- La emisión de CO<sub>2</sub>, con aumento de efecto invernadero, es inferior al que se emitiría para obtener la misma energía por combustión.



## BIOMASA

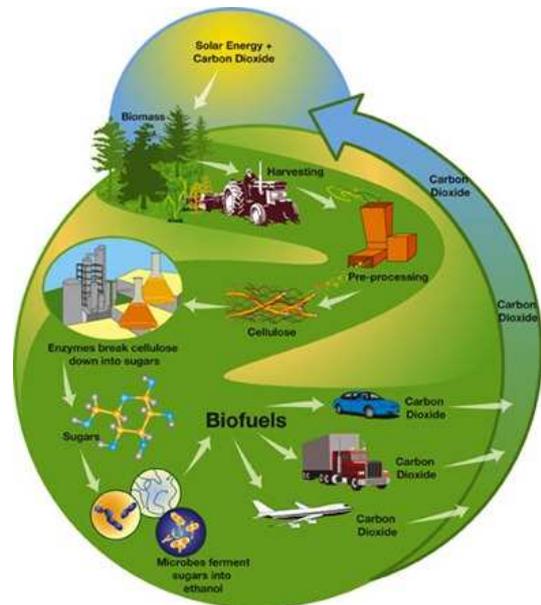
Para la mayoría de la población mundial, las formas más familiares de energía renovable son las que provienen del sol y del viento. Sin embargo existen otras fuentes de biomasa, como leña, carbón de leño, cascarilla de arroz, que proveen un alto porcentaje de la energía consumida en el mundo y tienen potencial para suplir mayores volúmenes.

El término **biomasa** se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuáles son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termo-químico y el bio-químico.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente.<sup>71</sup>

Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del aire y el agua del



<sup>71</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen. De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar. Entonces, se produce en forma sostenida o sea - en el mismo nivel en que se consume – esa batería durará indefinidamente.



### Fuentes de biomasa

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes: los residuos de la industria forestal y la agricultura, los desechos urbanos y las plantaciones energéticas, se usan, generalmente, para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de combustibles fósiles. En los países en vías de desarrollo y a usos primarios en pequeña escala; por ejemplo, la cocción de alimentos o las pequeñas actividades productivas como panaderías, caleras, secado de granos, etc.

### Plantaciones energéticas

Estas son grandes plantaciones de árboles o plantas cultivadas con el fin específico de producir energía. Para ello se seleccionan árboles o plantas de crecimiento rápido y bajo mantenimiento, las cuales usualmente se cultivan en tierras de bajo valor productivo. Su período de cosecha varía entre los tres y los diez años. También se utilizan arbustos que pueden ser podados varias veces durante su crecimiento, para extender la capacidad de cosecha de la plantación. Existen también muchos cultivos agrícolas que pueden ser utilizados para la generación de energía: caña de azúcar, maíz, sorgo y trigo. Igualmente, se pueden usar plantas oleaginosas como palma de aceite, girasol o soya y algunas plantas acuáticas como jacinto de agua o las algas, para producir combustibles líquidos como el etanol y el biodiesel. Adicionalmente, este tipo de cultivos sirve para controlar la erosión y la degradación de los suelos; además puede proveer otros beneficios a los agricultores. Una granja típica, usualmente, sólo genera uno

o dos productos de mayor valor comercial como maíz, café, leche o carne. El ingreso neto de ello es, a menudo, vulnerable a las fluctuaciones del mercado, al aumento del costo en los insumos, a las variaciones climáticas y a otros factores. Dado que las plantas de generación de energía requieren un suministro estable de combustible, los cultivos asociados a ellas pueden proveer un ingreso permanente a los granjeros que decidan diversificar su producción.

La principal limitante para este tipo de plantaciones está en la escala, pues se requieren grandes extensiones de tierra para lograr una producción de energía rentable. Por esta razón, son factibles cuando se desarrollan con algún tipo de producción agrícola paralela, como por ejemplo, el maíz, la caña de azúcar y la palma de aceite.<sup>72</sup>

### Residuos forestales

Los residuos de procesos forestales son una importante fuente de biomasa que actualmente es poco explotada. Se considera que, de cada árbol extraído para la producción maderera, sólo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 20%. Se estima que un 40% es dejado en el campo, en las ramas y raíces, a pesar de que el potencial energético es mucho mayor y otro 40% en el proceso de aserrío, en forma de astillas, corteza y aserrín. La mayoría de los desechos de aserrío son aprovechados para generación de calor, en sistemas de combustión directa; en algunas industrias se utilizan para la generación de vapor. Los desechos de campo, en algunos casos, son usados como fuente de energía por comunidades aledañas, pero la mayor parte no es aprovechada por el alto costo del transporte.<sup>72</sup>

### Desechos agrícolas

La agricultura genera cantidades considerables de desechos: se estima que, en cuanto a desechos de campo, el porcentaje es más del 60%, y en desechos de proceso, entre 20% y 40%. Al igual que en la industria forestal, muchos residuos de la agroindustria son dejados en el campo. Aunque es necesario reciclar un porcentaje de la biomasa para proteger el suelo de la erosión y mantener el nivel de nutrientes orgánicos, una cantidad importante puede ser recolectada para la producción de energía. Ejemplos comunes de este tipo de residuos son el arroz, el café y la caña de azúcar. Los campos agrícolas también son una fuente importante de leña para uso doméstico: más del 50% del volumen total consumido.

Por otro lado, las granjas producen un elevado volumen de “residuos húmedos” en forma de estiércol de animales. La forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivo, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficio de su valor nutritivo. Esta práctica puede provocar una sobrefertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas.<sup>72</sup>

### Desechos industriales

La industria alimenticia genera una gran cantidad de residuos y subproductos, que pueden ser usados como fuentes de energía, los provenientes de todo tipo de

---

<sup>72</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

carnes (avícola, vacuna, porcina) y vegetales (cáscaras, pulpa) cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son sólidos y líquidos con un alto contenido de azúcares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos.

### Desechos urbanos

Los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras. La mayoría de los países carecen de adecuados sistemas para su procesamiento, lo cual genera grandes problemas de contaminación de suelos y cuencas; sobre todo por la inadecuada disposición de la basura y por sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación.<sup>73</sup>

Por otro lado, la basura orgánica en descomposición produce compuestos volátiles (metano, dióxido de carbono, entre otros) que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Estos compuestos tienen un considerable valor energético que puede ser utilizado para la generación de energía "limpia". En el corto y mediano plazo, la planificación urbana deberá incluir sistemas de tratamiento de desechos que disminuyan eficazmente las emanaciones nocivas de los desechos al ambiente, dándoles un valor de retorno por medio del aprovechamiento de su contenido energético, pues aproximadamente el 80% de toda la basura orgánica urbana puede ser convertida en energía.



1

<sup>73</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

### Procesos de conversión

Antes de que la biomasa pueda ser usada para fines energéticos, tiene que ser convertida en una forma más conveniente para su transporte y utilización. A menudo, la biomasa es convertida en formas derivadas tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad.

Las tecnologías de conversión incluyen desde procesos simples y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra; hasta procesos de alta eficiencia como la dendro-energía y la cogeneración.<sup>74</sup>

A continuación se presentan los procesos de conversión de biomasa más relevantes, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- Procesos de combustión directa.
- Procesos termo-químicos.
- Procesos bio-químicos.

#### Procesos de combustión directa

Esta es la forma más antigua y más común, hasta hoy, para extraer la energía de la biomasa. Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, como por ejemplo, para la cocción de alimentos o para el secado de productos agrícolas. Además, éste se puede aprovechar en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad. Las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples, como estufas, hornos y calderas, hasta otros más avanzados como combustión de lecho fluidizado.

Los procesos tradicionales de este tipo, generalmente, son muy ineficientes porque mucha de la energía liberada se desperdicia y pueden causar contaminación cuando no se realizan bajo condiciones controladas. Estos resultados se podrían disminuir considerablemente con prácticas mejoradas de operación y un diseño adecuado del equipo. Por ejemplo, secar la biomasa antes de utilizarla reduce la cantidad de energía perdida por la evaporación del agua y para procesos industriales, usar pequeños pedazos de leña y atender continuamente el fuego supliendo pequeñas cantidades resulta en una combustión más completa y, en consecuencia, en mayor eficiencia. Asimismo, equipos como los hornos se pueden mejorar con la regulación de la entrada del aire para lograr una combustión más completa y con aislamiento para minimizar las pérdidas de calor.

#### *Densificación*

Esta se refiere al proceso de compactar la biomasa en "briquetas", para facilitar su utilización, almacenamiento y transporte. Las briquetas son para usos domésticos, comerciales e industriales. La materia prima puede ser aserrín, desechos agrícolas y partículas de carbón vegetal, el cual se compacta bajo presión alta.



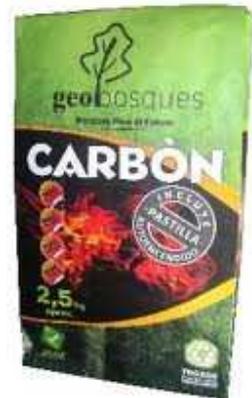
<sup>74</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

### Procesos termo-químicos

Estos procesos transforman la biomasa en un producto de más alto valor, con una densidad y un valor calorífico mayor, los cuales hacen más conveniente su utilización y transporte.<sup>75</sup>

Cuando la biomasa es quemada bajo condiciones controladas, sin hacerlo completamente, su estructura se rompe en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos que pueden ser usados como combustible para generar calor y electricidad. Dependiendo de la tecnología, el producto final es un combustible sólido, gaseoso, o combustible líquido. El proceso básico se llama pirólisis o carbonización e incluye:

*Producción de carbón vegetal:* este proceso es la forma más común de la conversión termo-química de temperatura mediana. La biomasa se quema con una disponibilidad restringida de aire, lo cual impide que la combustión sea completa. El residuo sólido se usa como carbón vegetal, el cual tiene mayor densidad energética que la biomasa original, no produce humo y es ideal para uso doméstico. Usualmente, este carbón es producido de la madera, pero también se usan otras fuentes como cáscara de coco y algunos residuos agrícolas. La forma más antigua, y probablemente aún la más empleada para producirlo, son los hornos de tierra y los de mampostería. El primero es una excavación en el terreno en la que se coloca la biomasa, la cual es luego cubierta con tierra y vegetación para prevenir la combustión completa. Los segundos son construidos de tierra, arcilla y ladrillo. Los hornos modernos son conocidos como retortas y fabricados en acero; conllevan cierta complejidad por su diseño y operación, lo que incrementa considerablemente los costos de inversión en comparación con los tradicionales, pero eleva su eficiencia y capacidad de producción, así como la calidad del producto.



*Gasificación:* tipo de pirólisis en la que se utiliza una mayor proporción de oxígeno a mayores temperaturas, con el objetivo de optimizar la producción del llamado “gas pobre”, constituido por una mezcla de monóxido de carbono, hidrógeno y metano, con proporciones menores de dióxido de carbono y nitrógeno.

Este se puede utilizar para generar calor y electricidad, y se puede aplicar en equipos convencionales, como los motores de diesel. La composición y el valor calorífico del gas dependen de la biomasa utilizada, como por ejemplo: madera, cascarilla de arroz, o cáscara de coco. Existen diferentes tecnologías de gasificación y su aplicación depende de la materia prima y de la escala del sistema.

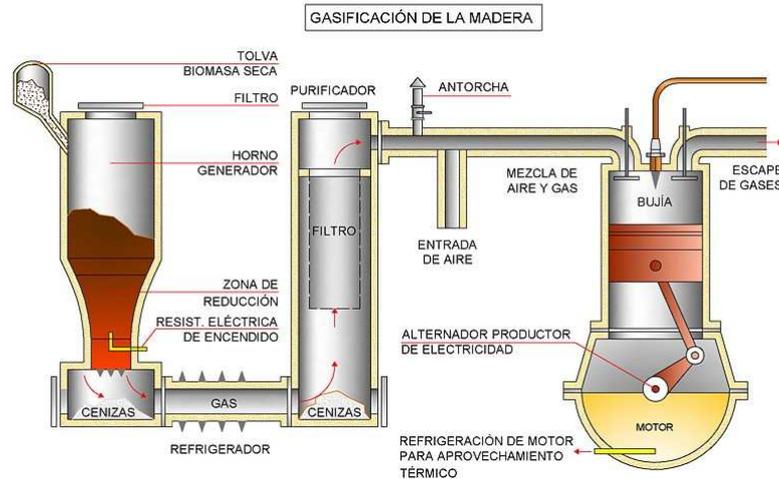
La gasificación tiene ciertas ventajas con respecto a la biomasa original:

- el gas producido es más versátil y se puede usar para los mismos propósitos que el gas natural;

<sup>75</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

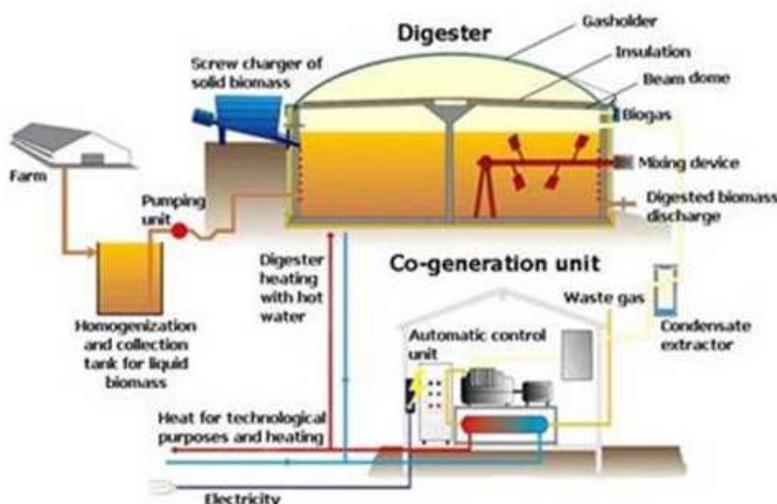
- puede quemarse para producir calor y vapor y puede alimentar motores de combustión interna y turbinas de gas para generar electricidad;
- produce un combustible relativamente libre de impurezas y causa menores problemas de contaminación al quemarse. Sin embargo, la operación de gasificación es más complicada. En principio, un gasificador simple puede ser construido en talleres metalmecánicos convencionales, pero se requiere experiencia y un prolongado período de ajuste para llevar el sistema a sus condiciones óptimas de operación.



### Procesos bio-químicos

Estos procesos utilizan las características bio-químicas de la biomasa y la acción metabólica de organismos microbiales para producir combustibles gaseosos y líquidos. Son más apropiados para la conversión de biomasa húmeda que los procesos termo-químicos. Los más importantes son:<sup>76</sup>

*Digestión anaeróbica:* la digestión de biomasa humedecida por bacterias en un ambiente sin oxígeno (anaeróbico) produce un gas combustible llamado biogás. En el proceso, se coloca la biomasa (generalmente desechos de animales) en un contenedor cerrado (el digester) y allí se deja fermentar; después de unos días, dependiendo de la temperatura del ambiente, se habrá producido un gas, que es una mezcla de metano y dióxido de carbono. La materia remanente dentro del



<sup>76</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

digestor es un buen fertilizante orgánico. Los digestores han sido promovidos fuertemente en China e India para usos domésticos en sustitución de la leña. También se pueden utilizar aguas negras y mieles como materia prima, lo cual sirve, además, para tratar el agua.

**Combustibles alcohólicos:** de la biomasa se pueden producir combustibles líquidos como etanol y metanol. El primero se produce por medio de la fermentación de azúcares y, el segundo por la destilación destructiva de madera. Esta tecnología se ha utilizado durante siglos para la producción de licores y, más recientemente, para generar sustitutos de combustibles fósiles para transporte, particularmente en Brasil. Estos combustibles se pueden utilizar en forma pura o mezclados con otros, para transporte o para la propulsión de máquinas.<sup>77</sup>

**Biodiesel:** a diferencia del etanol, que es un alcohol, el biodiesel se compone de ácidos grasos y ésteres alcalinos, obtenidos de aceites vegetales, grasa animal y grasas recicladas. A partir de un proceso llamado “transesterificación”, los aceites derivados orgánicamente se combinan con alcohol (etanol o metanol) y se alteran químicamente para formar ésteres grasos como el etil o metilo éster. Estos pueden ser mezclados con diesel o usados directamente como combustibles en motores comunes. El biodiesel es utilizado, típicamente, como aditivo del diesel en proporción del 20%, aunque otras cantidades también sirven, dependiendo del costo del combustible base y de los beneficios esperados. Su gran ventaja es reducir considerablemente las emisiones, el humo negro y el olor.<sup>77</sup>

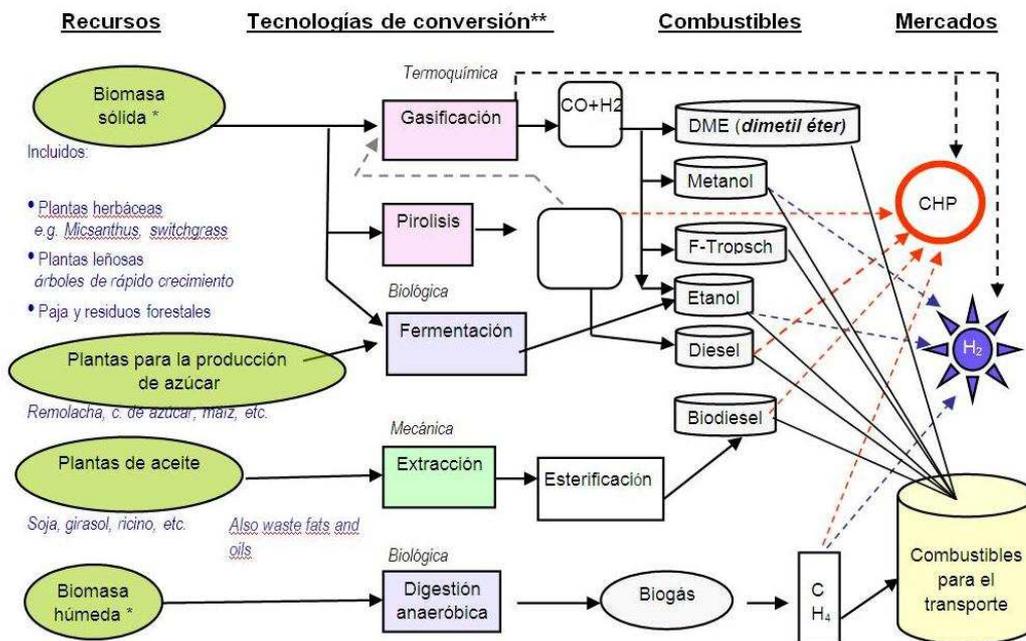


**Gas de rellenos sanitarios:** se puede producir un gas combustible de la fermentación de los desechos sólidos urbanos en los rellenos sanitarios. Este es una mezcla de metano y dióxido de carbono. La fermentación de los desechos y la producción de gas es un proceso natural y común en los rellenos sanitarios; sin embargo, generalmente este gas no es aprovechado. Además de producir

<sup>77</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

energía, su exploración y utilización reduce la contaminación y el riesgo de explosiones en estos lugares y disminuye la cantidad de gases de efecto invernadero. Actualmente, la combustión directa es el proceso más aplicado para usos energéticos de la biomasa. Procesos más avanzados como la gasificación y la digestión anaeróbica han sido desarrollados como alternativas más eficientes y convenientes, y para facilitar el uso de la biomasa con equipos modernos. Sin embargo, hasta la fecha, la aplicación de estos últimos no es tan común por tener un costo más alto y la complejidad de su aplicación.<sup>78</sup>

### Rutas de conversión de la biomasa



Fuente: revisada por la DG TREN

#### Notas:

- \*\*Combustión no indicada
- \* Incluidos desechos municipales
- CHP = Cogeneración (calor y electricidad)

### Ventajas

La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye a acelerar el calentamiento global; de hecho, permite reducir los niveles de dióxido de carbono y los residuos de los procesos de conversión, aumentando los contenidos de carbono de la biosfera.

La captura del metano de los desechos agrícolas y los rellenos sanitarios, y la sustitución de derivados del petróleo, ayudan a mitigar el efecto invernadero y la contaminación de los acuíferos.

Los combustibles biomásicos contienen niveles insignificantes de sulfuro y no contribuyen a las emanaciones que provocan "lluvia ácida".

La combustión de biomasa produce menos ceniza que la de carbón mineral y puede usarse como insumo orgánico en los suelos.

<sup>78</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

La conversión de los residuos forestales, agrícolas y urbanos para la generación de energía reduce significativamente los problemas que trae el manejo de estos desechos.

La biomasa es un recurso local que no está sujeto a las fluctuaciones de precios de la energía, provocadas por las variaciones en el mercado internacional de las importaciones de combustibles. En países en desarrollo, su uso reduciría la presión económica que impone la importación de los derivados del petróleo.

El uso de los recursos de biomasa puede incentivar las economías rurales, creando más opciones de trabajo y reduciendo las presiones económicas sobre la producción agropecuaria y forestal.

Las plantaciones energéticas pueden reducir la contaminación del agua y la erosión de los suelos; así como a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad.<sup>79</sup>

### **Desventajas**

Por su naturaleza, la biomasa tiene una baja densidad relativa de energía; es decir, se requiere su disponibilidad en grandes volúmenes para producir potencia, en comparación con los combustibles fósiles, por lo que el transporte y manejo se encarecen y se reduce la producción neta de energía. La clave para este problema es ubicar el proceso de conversión cerca de las fuentes de producción de biomasa, como aserraderos, ingenios azucareros y granjas, donde los desechos de aserrío, el bagazo de caña y las excretas de animales están presentes.

Su combustión incompleta produce materia orgánica, monóxido de carbono (CO) y otros gases. Si se usa combustión a altas temperaturas, también se producen óxidos de nitrógeno. A escala doméstica, el impacto de estas emanaciones sobre la salud familiar es importante.

La producción y el procesamiento de la biomasa pueden requerir importantes insumos, como combustible para vehículos y fertilizantes, lo que da como resultado un balance energético reducido en el proceso de conversión. Es necesario minimizar el uso de estos insumos y maximizar los procesos de recuperación de energía.<sup>79</sup>

Aún no existe una plataforma económica y política generalizada para facilitar el desarrollo de las tecnologías de biomasa, en cuanto a impuestos, subsidios y políticas que cubren, por lo general, el uso de hidrocarburos. Los precios de la energía no compensan los beneficios ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.

El potencial calórico de la biomasa es muy dependiente de las variaciones en el contenido de humedad, clima y la densidad de la materia prima.

---

<sup>79</sup> Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER.

## **ENERGÍAS RENOVABLES EN ARGENTINA**

A partir de mayo del 2004 entró en vigencia en nuestro país el Programa de Uso Racional de la Energía,<sup>80</sup> según la Resolución Nro. 415/2004, publicada en el Boletín Oficial Nro 30.390 el 29 de Abril de 2004. Su objetivo era incentivar el ahorro de energía (eléctrica y gas) con el fin de generar excedentes para utilización industrial.

En Diciembre de 2004, la CADGE (Cámara Argentina de Generadores Eólicos), con el apoyo de Greenpeace, el Centro Regional de Energía Eólica de Chubut y el Taller Ecologista, presentó una propuesta para instalar 300MW en Energía Eólica a ser incorporado hasta el 2007.<sup>81</sup> Ya no hay información sobre la existencia de ésta cámara pero su propuesta era similar a la que muchas otras organizaciones no gubernamentales impulsan en nuestro país hace varios años: plantear la necesidad y oportunidad de ponerse una meta a corto plazo de instalación de energía eólica en nuestro país.

Como reclamaba este proyecto, “[...] la energía eólica es una forma limpia, inagotable, confiable y que aportará a la matriz energética nacional diversificación, descentralización y ahorro de recursos no renovables, como petróleo y gas, al mismo tiempo que ofrecerá condiciones locales para una industria que ya tiene un enorme crecimiento mundial y en la que se prevé un extraordinario desarrollo durante las próximas décadas. [...]”.

### **ARGENTINA DISPONDRÁ DE UN 8% DE ENERGÍAS RENOVABLES EN 2016**

El Gobierno nacional avanza con las obras necesarias para que en 2016 el 8% de la energía consumida en el país provenga de fuentes renovables, y en el tendido de líneas de alta tensión para interconectar a todo el país. El desarrollo de energías a partir de fuentes renovables requiere de la disponibilidad de líneas de transporte para un eficiente aprovechamiento de la energía eléctrica generada.

En 2003 el país contaba con 9.083 kilómetros de Líneas de Alta Tensión, merced al Plan Energético éstos pasaron a 11.712 kilómetros en 2010, es decir 28,9 por ciento más, y llegarán a fin de este año con 14.091, es decir 55,1% más. La construcción de la línea de transporte eléctrico de alta tensión Pico Truncado-

---

<sup>80</sup> Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios – Secretaría de Energía. Año 2004. (<http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/90000-94999/94573/norma.htm>)

<sup>81</sup> Energía Eólica - Programa de Desarrollo 2005-2007 – 300 MW – C.A.D.G.E. Cámara Argentina de Generadores Eólicos – Diciembre 2004

Río Gallegos-Río Turbio, licitada en marzo del año pasado, interconecta, de una vez por todas, a la Patagonia con el resto del país.

La ley 26.190 estableció el régimen de fomento para el uso de fuentes renovables de energía destinadas a la generación eléctrica, y determina que en diez años el 8 por ciento del consumo eléctrico del país sea de ese origen.

La producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables y la integración de todo el país al Sistema Interconectado Nacional (SIN) han sido prioridades para el Ministerio de Planificación.

En pos de ese objetivo, a través de ENARSA, en 2009 licitó y obtuvo 22 ofertas para la ejecución de 49 proyectos, que generarían en conjunto unos 1.461 megawatts, el equivalente a 6,67 por ciento de la capacidad instalada del país. Esta oferta superó ampliamente el objetivo inicial de 1.015 MW que había sido fijado por el Gobierno para esa licitación de generación eléctrica a partir de fuentes renovables (GEN REN). Más del 80 por ciento de esa energía licitada correspondió a proyectos eólicos, con 17 proyectos para generar 744 megavatios. La Argentina, reconocida internacionalmente como uno de los países con mayor potencial de desarrollo eólico, cuenta sólo con 30MW instalados.

El resto fue para Centrales Térmicas a Biocombustibles, con 4 proyectos (110,4MW); Energía Solar Fotovoltaica, 6 proyectos (20 MW); pequeños aprovechamientos hídricos, con 5 ofertas (10,6MW), y 2 proyectos para energía a partir de Biogas (15MW). La fuerte contaminación de los combustibles fósiles, su condición de finitos y sus volátiles precios, sensibles a cualquier convulsión política o fenómeno climatológico llevan al mundo a incrementar la disponibilidad de energías a partir de recursos renovables.

En la Argentina la fuerte participación de esos combustibles, en la matriz energética -casi 70%- llevaron al Gobierno a promocionar y facilitar el desarrollo de energías alternativas, a partir de recursos renovables, que además son menos contaminantes.

Uno de los ejes de la política que lleva adelante Planificación fue la implementación de procesos competitivos en los que se licitaron Contratos de Abastecimiento eléctrico entre la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.

A. (CAMMESA) y Energía Argentina S.A. (ENARSA) a través de la presentación de propuestas por parte de empresas privadas. Así se concretaron desde ENARSA, distintos procesos licitatorios, por los cuales ya se encuentran en ejecución 80 MW (megavatios) de origen eólico en los Parques Eólicos Rawson I y Rawson II, en la localidad homónima en la provincia de Chubut.

También se avanza con un parque de generación de energía solar fotovoltaica de 20 MW en la localidad de Cañada Honda, provincia de San Juan. ENARSA también firmó Contratos de Abastecimiento adicionales por 674 MW en energía eólica, 110,4 MW en centrales térmicas que utilizan biocombustibles y 10,6 MW en pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, próximos a iniciarse. Adicionalmente a los procesos licitatorios llevados adelante por la empresa estatal de energía, ya se ejecutaron en el país 29 MW de energía eólica que corresponden principalmente a los 25,2 MW del Parque Eólico Arauco con lo que se duplicó la potencia instalada en el país con esta tecnología.

Además se cuenta con 16 MW de energía eléctrica proveniente de biomasa generados en la Central de Cogeneración del Ingenio Santa Bárbara, 7,5 MW en la Pequeña Central Hidroeléctrica Salto Andersen y 1,2 MW en la Planta Solar San Juan I.

Asimismo están en ejecución -en ingenios azucareros del NOA-, 149 MW de energía eléctrica proveniente de biomasa, 32 MW de los cuales estarán disponibles en el corto plazo por parte del Ingenio San Martín de Tabacal. En otro orden, la generación eléctrica con biocombustibles permite seguir posicionando al país como uno de los principales productores y exportadores mundiales de este combustible.

Otra alternativa de renovables es el hidrógeno, para cuya obtención ya se construye en Pico Truncado -Departamento de Deseado, en la provincia de Santa Cruz- la primera Planta Industrial de Hidrógeno del país.

El mix de tecnologías sobre el que se trabajó en estos últimos siete años ha permitido la participación de todas las regiones del país, diversificando el origen de los recursos y potenciando el desarrollo de las economías regionales y la utilización intensiva de mano de obra.<sup>82</sup>

---

<sup>82</sup> Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios. Noticias de Energía. Marzo 2011

## PERMER

El proyecto más importante que se encuentra en ejecución por la Secretaría de Energía de la Nación es el PERMER (Energía Renovable en Mercados Rurales Dispersos). El monto total del proyecto se conformó a través de un préstamo del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento –BIRF– (U\$S 30 millones), una donación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial –GEF– (U\$S 10 millones), Fondos Provinciales que incluyen fundamentalmente el Fondo Especial para el Desarrollo Eléctrico del Interior –FEDEI–, aportes del Ministerio de Educación para la electrificación de escuelas rurales, los concesionarios y de los clientes.



En una primera etapa, se prevé proveer servicio a unos 87.000 usuarios y a 2.000 instituciones públicas especialmente para iluminación y comunicación social. Comprende la utilización de sistemas fotovoltaicos, eólicos, celdas de combustible, microturbinas hidráulicas y, eventualmente, generadores diesel. Se subsidia la instalación de los equipos como una forma de incentivar a los usuarios y de hacer posible la inversión de los prestadores privados.

El proyecto se implementa a través de acuerdos entre el Estado Nacional y los gobiernos provinciales. A su vez, las provincias que tienen interés en participar en el PERMER deben tener la posibilidad legal de otorgar concesión a empresas privadas o públicas que comprendan las áreas de su mercado rural disperso y disponibilidad para afectar recursos de los Fondos Eléctricos para ser aplicados como contrapartida local del financiamiento.

A través del Proyecto, se han efectuado diferentes estudios de mercado (usos residenciales, potencialidades productivas) en las provincias de Santa Fe, Jujuy, Salta, Buenos Aires, Chaco, Tucumán, Neuquén, San Juan, La Pampa, Misiones, Tierra del Fuego, Corrientes, Chubut, Mendoza y Formosa. Se está avanzando en la posibilidad de desarrollo de nuevos proyectos en Santa Cruz, San Luis, Entre Ríos y Santa Fe.

En ejecución se encuentran proyectos de celdas fotovoltaicas de diferente porte, que en total alcanzan aproximadamente otro MWp. También se están implementando sistemas solares térmicos (cocinas y hornos solares).

## ENERGÍA SOLAR EN ARGENTINA

Se tiene un razonable conocimiento de la energía solar disponible y de su distribución geográfica aunque hay regiones del país que deberían ser estudiadas con mayor detalle, por lo que se requiere continuar la medición del recurso mejorando la cobertura espacial y la instrumentación utilizada. De todas maneras, se considera que las cartas existentes responden adecuadamente a los datos disponibles en Argentina.<sup>83</sup>

Actualmente la Red Solarimétrica Nacional opera sólo 3 estaciones de medición. Se está estructurando una red Universitaria que adicionará 20 estaciones más. En los mapas siguientes, de radiación solar de la Secretaría de Energía preparados para el PAEPRA, puede apreciarse que 11 de las 23 provincias del país presentan valores medios anuales por encima de 5 kWh/m<sup>2</sup>-día, lo cual lo muestra como apto para la instalación de paneles fotovoltaicos. Estas provincias son las que se encuentran al norte del Río Colorado (Catamarca, Corrientes, Chaco, Formosa, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Mendoza, San Juan, San Luis y Santa Fe). Por su parte, las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego presentan valores medios anuales muy por debajo de los 5 kWh/m<sup>2</sup>-día y una gran variación entre invierno y verano, lo que no permitiría obtener, para una misma potencia instalada, iguales niveles de generación que en las provincias del Norte.<sup>83</sup>

Por otra parte, la cantidad de provincias con calidad del recurso adecuada para usos solares térmicos, es mayor que aquellas que disponen el recurso para usos eléctricos y abarcan gran parte del territorio nacional. Existe entonces, un importante potencial para la sustitución de GLP, GN y leña en usos térmicos (calentamiento de agua, cocción, acondicionamiento de ambientes) en gran parte de la Argentina, incluyendo áreas urbanas y zonas frías.

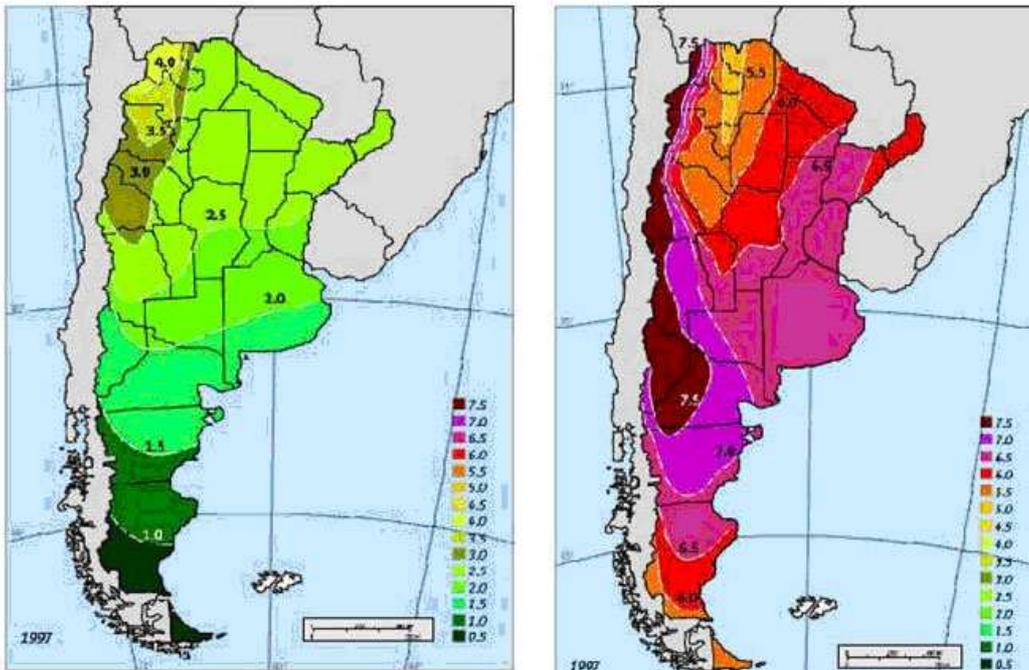
Las instalaciones fotovoltaicas realizadas en el marco del PERMER y en etapa de licitación o adjudicadas totalizan alrededor de 1MWp (residencial, escuelas y servicios públicos). Se estima una potencia acumulada en instalaciones fotovoltaicas cercana a 10 MWp al año 2007. Para ese año se calculó una generación aproximada de 17 GWh. Estos valores representan el 0.038% de la potencia instalada y el 0.016% de la energía eléctrica generada en el país.

Entre los proyectos fuera del PERMER que contribuyen a la potencia instalada se encuentran entre otros: la electrificación de escuelas rurales en la provincia de Buenos Aires, la provisión de Energía Eléctrica residencial y para servicios públicos en Neuquén, y experiencias de bombeo de agua en Catamarca.

---

<sup>83</sup> Energías Renovables. Diagnóstico, Barreras y Propuestas. Junio 2009. Secretaría de Energía.

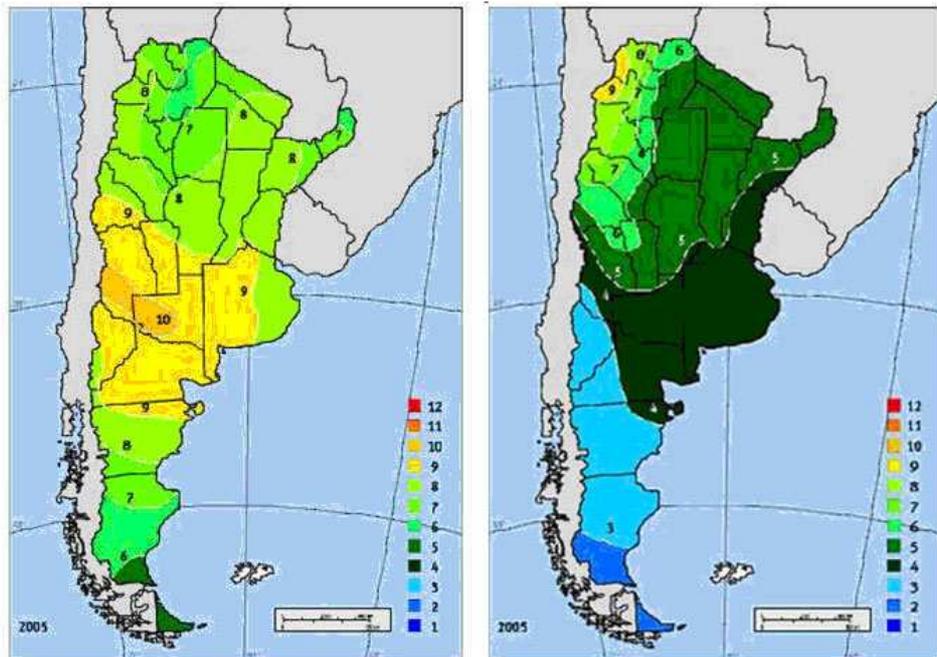
Por su parte, la provincia de San Juan a mediados de 2009 convocó a una licitación internacional para crear un parque de energía solar con paneles fotovoltaicos, que tendrá alrededor de 1,2 MW. Adicionalmente, en el marco del programa GENREN 6, se licitarían 10 MW de generación de EE fotovoltaica y 25 MW con generación eléctrica solar termoeléctrica.



*Cartas de Distribución Espacial del valor medio de la Irradiación solar diaria recibida sobre una superficie horizontal en los meses de Enero y Julio.<sup>84</sup>*

En relación a la utilización de la energía solar con fines térmicos, si bien las instalaciones para calentamiento de agua no han sido cuantificadas, se estima que tienen una difusión limitada a ciertos nichos de alto poder adquisitivo y algunos comercios y servicios que utilizan GLP. Otras tecnologías destinadas a la cocción, secado y potabilización también tienen una difusión restringida a los programas de extensión de unidades académicas y al accionar de algunas ONGs. Existe una importante actividad de investigación y proyectos demostrativos en arquitectura bioclimática (escuelas, centros de salud, instituciones académicas), aunque con escaso nivel de difusión en relación a su potencial.

<sup>84</sup> Cámara Argentina de Energías Renovables.



*Cartas de Distribución Espacial de las horas de insolación promedio en los meses de Enero y Julio.*

Desde 1974 el Grupo Energía Solar de la CNEA viene trabajando en diferentes desarrollos, formación de recursos humanos y difusión sobre Energía Solar. Entre otros proyectos, a partir de 1998 se comenzó a trabajar en colaboración con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en celdas solares y paneles para uso espacial. En este marco, se pusieron en órbita celdas solares a bordo del satélite SAC-A. Entre 2008 y 2009 se integraron por primera vez en el país los paneles para la misión espacial argentina Aquarius/SAC-D; y en la actualidad se está trabajando en los paneles para el satélite argentino SAOCOM-1A de CONAE.

En el Centro Atómico Constituyentes el Grupo de Energía Solar (GES) investiga y desarrolla aplicaciones de una de las principales fuentes de energía renovable: la energía solar. Las celdas solares fotovoltaicas nacieron ante la necesidad de proveer de energía a los primeros satélites. Si bien son muy parecidas a las de uso terrestre, estas deben estar preparadas para soportar las inclemencias del ambiente espacial como el bombardeo de protones, electrones, radiación ultravioleta, y otros tipos de partículas. Además, su peso tiene que ser menor porque los elementos puestos en órbita deben ser lo más livianos posibles. La primera aplicación mundial de este tipo se hizo en el satélite estadounidense Vanguard I, puesto en órbita el 17 de marzo de 1958. En Argentina, fue hacia fines de los '90, cuando desde el GES la CNEA elaboró 2 pequeños paneles con 7 celdas c/u y los sensores de posición SAC - A que fue puesto en órbita en por el Transbordador Espacial "Endeavour" de la NASA en el año 1998.<sup>85</sup>

<sup>85</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica.

## Planta Solar Fotovoltaica San Juan I

**Título del Proyecto:** Proceso Integral para el Desarrollo de Tecnología Fotovoltaica y Producción e Inserción de Paneles Fotovoltaicos para la Generación de Energía Eléctrica Sustentable en el Mercado Argentino.

**Objetivo General:** Establecer en San Juan, Argentina las condiciones para la formación de un proceso integral que permita el desarrollo de la tecnología fotovoltaica en todos sus tópicos.<sup>86</sup>

### Beneficios:

- movilización económica regional
- desarrollo de tecnología local
- creación de empleos de alto nivel
- generación de energía eléctrica
- mejora del medio ambiente

Es la primera planta fotovoltaica en su tipo en Argentina y Latinoamérica conectada a la red. Fue financiada en un 100% por el Gobierno de la Provincia de San Juan. El gobierno provincial también se encargó de definir las especificaciones, armar los pliegos de licitación, adjudicación y control de obra.

### Especificación:

Ubicación: ULLUM – SAN JUAN – ARGENTINA

Tipo de Paneles: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo

Nro. De paneles: 4836

Seguidores: fijos (con 2 posiciones), con 1 y 2 movimientos

Potencia: 1208 kWp

Energía Anual: Aprox 2200 MWh

Costo: USD 10,5 M

### Pasos seguidos:

- 1) Definición de requerimientos y dimensión de la planta piloto (2008)
- 2) Diseño preliminar de la planta y equipamientos (01 al 04/2009)
- 3) Armado de pliegos de licitación (05 al 08/2009)
- 4) Llamado a licitación pública internacional (08 al 10/2009)
- 5) Revisión del proceso licitatorio (10 al 12/2009)
- 6) Adjudicación a consorcio español COMSA (12/2009)
- 7) Firma del contrato (03/2010)
- 8) Comienzo de construcción (03/2010)
- 9) Plazo de terminación (1 año – 02/2011)
- 10) Inauguración (04/2009)
- 11) Operación inicial y pruebas varias por parte de COMSA (hasta 12/2011)
- 12) Operación por parte de empresa provincial EPSE (desde 01/2012)



Planta Fotovoltaica San Juan I

<sup>86</sup> Notas propias tomadas en la Jornada BIEL Light + Building Noviembre de 2011. Presentación del Ing. Nicolás Paredes y el Ing. Federico Torres de la Distribuidora Eléctrica de Cauce S.A. – División Solar – Gobierno de San Juan

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN ARGENTINA

En nuestro país ya contamos con algunos proyectos y algunos emprendimientos encaminados con energía solar térmica.

Este es el caso del proyecto “**10 Casas + energía**” realizado por el FOVISEE (Foro de Vivienda Social y Eficiencia Energética) con la participación de Edenor, el INTI y la Municipalidad, en el barrio La Perla de Moreno, Provincia de Buenos Aires. En su página web explica el origen del proyecto:

Como respuesta a la cifra de déficit habitacional de 595.000 viviendas, arrojada por La Subsecretaría de la Nación en 2007, el *Plan Federal de Vivienda* entregó en julio de 2010, 116 casas al *Municipio de Moreno para el Barrio La Perla*. La intervención de FOVISEE y las instituciones que respaldan este proyecto en el plano de la sustentabilidad, apuntan a una experiencia piloto que trasciende la problemática de la vivienda social y ambiciona con mejorar la situación ambiental y socio-económica consecuente del uso en exceso de energías no renovables, sobre todo en barrios de bajos recursos.<sup>87</sup>



De la asociación conformada por FOVISEE, Edenor, INTI, CIHE-FADU-UBA, fabricantes de calefones solares, y el Municipio de Moreno, se llevó a cabo un proyecto concreto de adaptación para la eficiencia energética de una muestra de 10 casas de las 116 construidas en el barrio de La Perla en 2010. El recorrido para la correcta aplicación del plan, en función de su finalidad experimental, abarcó diversas áreas e instancias de trabajo acorde a los resultados buscados.<sup>87</sup>

Como primeros resultados, a 6 meses de funcionamiento del proyecto se demostró:

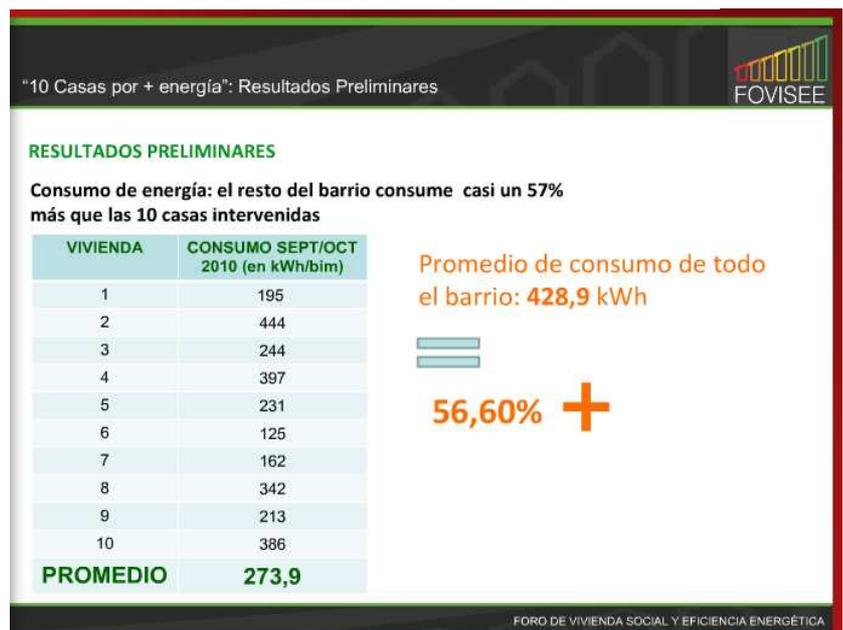
- 💡 El potencial de ahorro en una vivienda social ya construida (del 50% de la energía).
- 💡 Las deficiencias de las viviendas sociales actuales en cuanto a la eficiencia energética y el gran potencial de trabajo sobre el diseño, los materiales y las tecnologías en la vivienda social para la eficiencia energética.
- 💡 La importancia del diagnóstico social previo a la implementación de un proyecto de campo.

<sup>87</sup> FOVISEE. Fondo de Vivienda Social y Eficiencia Energética. <http://fovisee.com/foro/>

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

- 💡 La importancia de una selección de las familias que participarán del proyecto, llevada a cabo por profesionales con experiencia en la temática, a partir de las características y necesidades del proyecto.
- 💡 La importancia de considerar a las familias que participan de un proyecto aplicado de eficiencia energética como socios fundamentales del proyecto.
- 💡 La importancia de la capacitación y acompañamiento social de las familias para la apropiación de las tecnologías testeadas.
- 💡 La importancia de la evaluación constante de las experiencias tanto desde el aspecto social como técnico.
- 💡 La deficiencia en la información disponible tanto en el público general como en el público específico vinculado con la vivienda social (funcionarios responsables de dichas áreas, profesionales, etc.) en cuanto a la importancia y las maneras de generar eficiencia energética en la vivienda social.
- 💡 La factibilidad de la alianza y trabajo en conjunto entre distintas instituciones y organizaciones públicas (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Universidad de Buenos Aires, Municipalidad), privadas (empresa Edenor, empresas fabricantes de sistemas solares térmicos) y de la sociedad civil (familias participantes, organizaciones vecinales, profesionales independientes, FOVISEE).
- 💡 La importancia de la difusión de la relevancia de la eficiencia energética en la vivienda social, así como del actual potencial de ahorro de energía en dicho sector.

Este proyecto aún se encuentra en proceso de evaluación y análisis de la información obtenida en los estudios que el FOVISEE realiza en cuanto a los aspectos sociales y técnicos. Los primeros resultados indican que las familias que habitan en las 10 viviendas del proyecto gastan un 50% menos de energía que las familias que no participan del proyecto (del mismo barrio y con viviendas idénticas pero sin incorporaciones para la eficiencia). Se seguirán



*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

registrando y comparando dichos consumos energéticos durante dos años.

Otro proyecto significativo realizado en nuestro país fue liderado por el Ing. Carlos Mauri, Supervisor Técnico Comercial en Argentina para Transsen Aquecedor Solar Ltda., empresa brasilera dedicada a la fabricación de equipos solares y cuyo representante zonal en Misiones es la empresa Fibroplastica.

La obra es el **Hotel Maitei Posadas Resort & Spa**, ubicado en la ciudad de Posadas, Misiones, propiedad de la Gobierno Provincial y construido por la empresa ECIM SRL.

El Hotel es un complejo de categoría 4 estrellas con 8 cabañas, 1 spa y 99 habitaciones para huéspedes.

La instalación consta de 160 colectores solares y una provisión de 25.000 litros de agua caliente sanitaria.



La Provincia de Misiones es una de las primeras en sancionar una ley de apoyo al uso de las Energías Renovables, la Ley 4439 / 2008; declarando de interés provincial la investigación, desarrollo, generación y el uso sustentable de energías alternativas, blandas o no convencionales a partir de la utilización de las fuentes renovables en todo el territorio de la provincia e instituyendo un Régimen de Promoción del aprovechamiento, producción, investigación procesamiento y uso sustentable de energías alternativas renovables, biocombustibles y aplicación de la tecnología del hidrógeno como combustible [...].<sup>88</sup>

Según el Ing. Carlos Mauri, “esto pone de manifiesto, que es fundamental el compromiso de las instituciones públicas para la aplicación de las energías no convencionales, y no sólo pregonar en palabras y publicaciones bien intencionadas, sino con un fin práctico.”<sup>89</sup>

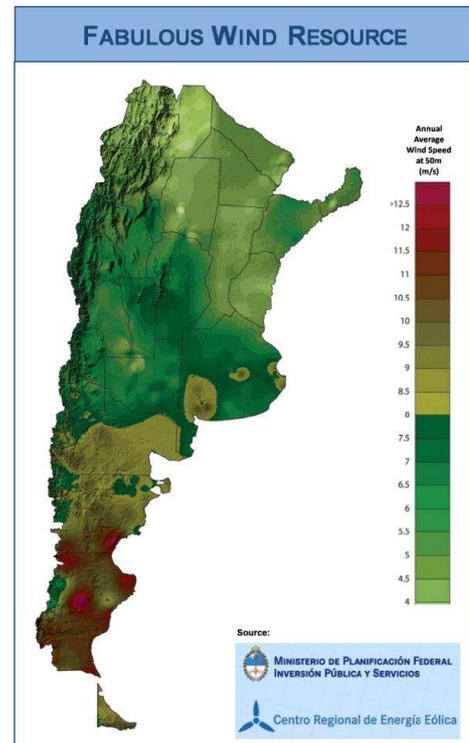
<sup>88</sup> Ley 4439 / 2008. Energías Limpias en Misiones. Cámara de Representantes de la Provincia de Misiones. [http://www.energialimpiamisiones.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=21](http://www.energialimpiamisiones.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=21)

<sup>89</sup> Arquimaster. [http://www.arquimaster.com.ar/notas/nota\\_instalacion\\_solar\\_termica.htm](http://www.arquimaster.com.ar/notas/nota_instalacion_solar_termica.htm)

## ENERGÍA EÓLICA EN ARGENTINA

El potencial de desarrollo de la energía eólica en la Argentina es tremendo. No sólo en la Patagonia, sino también en otras regiones del país como Comahue, Córdoba, La Rioja y la provincia de Buenos Aires.

La Patagonia es conocida por tener algunos de los vientos más fuertes y probablemente más atractivos del mundo. Aunque las granjas en Argentina han utilizado los molinos de viento multi-aspas para bombeo de agua durante décadas, las instalaciones medianas y grandes para generación de energía suman unos modestos 30MW comprende sólo 45 turbinas. Durante los últimos 6 años, la energía eólica en Argentina ha carecido de un conjunto adecuado de incentivos. Lo mismo puede decirse de otras fuentes de generación de energía, debido a controles discrecionales de intervención de precios de mercado y subsidios. Sin embargo, el magnífico e inexplorado potencial del recurso eólico en Argentina sugiere una tierra de oportunidades para la inversión. Al mismo tiempo, la mano de obra local está altamente calificada y el país alberga tres compañías en diferentes etapas de desarrollo de su propia tecnología de turbinas del tamaño del MW.



La República Argentina cuenta con características técnicas inigualables en cuanto a recurso eólico aprovechable. El país cuenta con cerca del 70% de su territorio cubierto con vientos cuya velocidad media anual, medida a 50 metros sobre el nivel del suelo, supera los 6m/s. En particular, las zonas centro y sur de la Patagonia cuentan con velocidades que van desde los 9m/s a los 12m/s. Es posible destacar que el territorio argentino continental tiene una superficie aproximada de 2,8 millones de km<sup>2</sup>, lo que equivale al 90% de la superficie de la UE-15 (el 65% de Europa-27), sin embargo la densidad de la población de Argentina es 10 veces menor.<sup>90</sup>

Las estimaciones de la generación de electricidad eólica utilizando curvas de potencia de los aerogeneradores disponibles en el mercado, producen resultados sorprendentes: la mayoría de las áreas de la Patagonia experimenta un promedio anual de los factores de capacidad por encima del 45%. Sin embargo, no sólo se puede utilizar el viento en la Patagonia, en algunas zonas de las provincias centrales de Córdoba, San Luis, San Juan y La Rioja, así como el centro y las regiones del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (en las proximidades de las mayores cargas de la demanda) con rendimientos de capacidad entre 35% y 40%.

<sup>90</sup> Traducción del trabajo presentado por Mauro Soares (Tecpetrol) y Humberto Fernández (Tecgas) en el AWEA WindPower 2009 Conference en Chicago.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*



(ver infografía del país con zona destacada en amarillo con factor de carga mayor al 35%).

La instalación de 2GW de nuevos parques eólicos podrían satisfacer el 7% del total de la necesidad de electricidad con energía limpia. Esto evitaría la quema de 2.2 millones de toneladas equivalentes de petróleo, reduciendo así las emisiones en 5,6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> o el 4% del total de la nación. El valor monetario del ahorro de combustibles fósiles dependerá de los precios de mercado de estos combustibles.<sup>90</sup>

La experiencia mundial indica que con vientos medios superiores a 5 m/s es factible el uso del recurso eólico para la generación eléctrica. La Argentina tiene en cerca del 70% de su territorio vientos cuya velocidad media anual, medida a 50 metros de altura sobre el nivel del suelo, supera los 6 m/s.<sup>91</sup>

Argentina es el único país de Latinoamérica en el que hay fabricantes locales de aerogeneradores, y no hay uno solo, sino que hay al menos tres desarrolladores de aerogeneradores de potencia. Las tres empresas son:

-  **IMPSA Wind**, empresa de proyección mundial reconocida desde hace muchos años por sus turbinas hidráulicas y por sus grúas para containers, ya tiene producción local de turbinas eólicas de capacidades superiores al MW, de diseño propio, contando con la homologación internacional requerida, al tiempo que ha instalado una planta en Brasil para la producción de aerogeneradores. IMPSA Wind participa en la totalidad de la cadena de valor del negocio de la energía eólica: I+D, fabricación, construcción de granjas eólicas y generación de energía eólica.
-  **INVAP** tiene un diseño propio, también con potencia superior al MW, ya homologado internacionalmente y a la espera de financiación para su producción. INVAP ya está produciendo en serie un exitoso generador de 4 kW y comenzando la producción de otro de 10 kW.
-  **NRG Patagonia** también cuenta con un prototipo en la escala del MW con homologación, y ya ha instalado su primer equipo NRG 1.500, ubicado en la zona de El Tordillo, el cual comenzará próximamente su período de prueba, en el marco de las previsiones contempladas por el Programa Vientos de la Patagonia I.

Se está desarrollando en este momento toda la cadena de proveedores de la industria eólica, teniendo en cuenta el importante impulso que le ha dado la reciente licitación y adjudicación de 764 MW de energía eólica. La industria eólica

<sup>91</sup> Asociación Argentina de Energía Eólica. Ing. Enrico Spinadel.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

es altamente creadora de fuentes de trabajo, teniendo en cuenta las siguientes estadísticas de la Asociación Europea de Energía Eólica:<sup>92</sup>

-  Por cada MW instalado en países desarrollados se crean 15,1 puestos de trabajo directos
-  Por cada MW instalado se crean 0,4 puestos de trabajo por operación y mantenimiento
-  Cada gran fabricante de turbinas crea una cadena de proveedores que cuadruplica o quintuplica los puestos de trabajo de sus propias instalaciones

Argentina cuenta con sólo 55 MW instalados, principalmente por cooperativas eléctricas entre 1994 y 2002. Aunque este valor ha crecido en los últimos años, está muy por debajo de los valores que se manejan en otros países.

En Argentina hay 15 parques eólicos operando. Casi todos abastecen a una red local cautiva de usuarios clientes de la cooperativa, como distribuidora local y vuelcan excedentes a la red. Además, hay un parque con una parte finalizada y otra en construcción (parque Arauco), que vuelca su energía directamente a la red.<sup>92</sup>

Algunos de los parques instalados en nuestro país:<sup>93</sup>

	Parque	Ubicación	Puesta en Servicio	Potencia (kW)	Marca	Velocidad Media Anual (m/s)	Operador
1	Río Mayo	Chubut	02/90	120	Aeroman 30 kW	8,2	
2	Comodoro Rivadavia	Chubut	01/94	500	MICON M530	9,4	PECORSA
3	Cutral-Có	Neuquen	10/94	400	MICON M750-400/100	7,2	COPELCO
4	Pehuen-Có	Buenos Aires	02/95	400	MICON 750-400/100	7,3	Coop. Eléctrica de Punta Alta
5	Pico Truncado	Santa Cruz	05/95	1.000	VENTIS 20-100	9,6	Municipalidad de Pico Truncado
6	Tandil	Buenos Aires	05/95	800	MICON M750-400/100	7,2	CRETAL Coop.
7	Rada Tilly	Chubut	03/96	400	MICON M750-400/100	10,2	COAGUA Coop.

<sup>92</sup> Asociación Argentina de Energía Eólica. Ing. Enrico Spinadel.

<sup>93</sup> Asociación Argentina de Energía Eólica.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

8	Comodoro Rivadavia	Chubut	09/97	6.000	NEG-MICON NM750/44	9,4	SCPL Com.Riv.
9	Mayor Buratovich	Buenos Aires	10/97	1.200	AR BONUS 600 / 44	7,4	Coop. Elect. M. Buratovich
10	Darregueira	Buenos Aires	09/97	750	NEG-MICON NM750/44	7,3	CELDA Coop.
11	Punta Alta	Buenos Aires	12/98		AN BONUS 600 / 44	7,8	Coop. Elect. Punta Alta
12	Claromecó	Buenos Aires	12/98	750	NEG-MICON NM740/48	7,3	Coop. Elect. Claromecó
13	Pico Truncado	Santa Cruz	03/01	2.400	ENERCON E-40	10,3	Municipalidad Pico Truncado
14	Comodoro Rivadavia	Chubut	10/01	10.560	CAMESA G47	9,4	SCPL Com. Riv.
15	General Acha	La Pampa	11/02	1.800	NEG-MICON NM900/52	7,2	COSEGA
16	Parque Arauco	La Rioja	10/10	25.200	IMPISA		90% La Rioja 10% IMPISA
17	Vientos del Secano			50.000			
18	Vientos de la Patagonia 1			60.000			
19	Diadema			6.300			
20	Vientos de la Patagonia 2			N/D			
21	Megaproyecto Santacruceño			Entre 600.000 y 900.000			

El 30 de junio de 2010 se adjudicaron los proyectos de la licitación GENREN. El total de oferentes fueron 21 empresas, presentando 51 proyectos. La potencia ofertada fue de 1.436,6 MW (40% superior a la licitada). Se adjudicaron 895 MW. Los MW restantes para llegar a los 1.000 originariamente licitados será re-licitados próximamente.<sup>94</sup>

<sup>94</sup> Asociación Argentina de Energía Eólica.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

Propuestas Adjudicadas:

Eólica			
Central	Proponente	Potencia MW	
1	Malaspina I	IMPSA	50,0
2	Pto. Madryn Oeste	Energías Sustentables S.A.	20,0
3	Malaspina II	IMPSA	30,0
4	Pto. Madryn II	Emgasud Renovables S.A.	50,0
5	Pto. Madryn I	Emgasud Renovables S.A.	50,0
6	Rawson I	Emgasud Renovables S.A.	50,0
7	Rawson II	Emgasud Renovables S.A.	30,0
8	Pto. Madryn Sur	Patagonia Wind Energy S.A.	50,0
9	Pto. Madryn Norte	International New Energies S.A.	50,0
10	KOLUEL KAIKE I	IMPSA	50,0
11	KOLUEL KAIKE II	IMPSA	25,0
12	Loma Blanca I	Isolux S.A.	50,0
13	Loma Blanca II	Isolux S.A.	50,0
14	Loma Blanca III	Isolux S.A.	50,0
15	Loma Blanca IV	Isolux S.A.	50,0
16	Tres Picos I Básica	Sogestic S.A.	49,5
17	Tres Picos II Básica	Sogestic S.A.	49,5

## ENERGÍA HIDRÁULICA EN ARGENTINA



Hay muchos proyectos hidroeléctricos que se desarrollaron en nuestro país en los últimos 30 o 40 años. En la actualidad hay nuevos proyectos en desarrollo, especialmente de micro-hidráulica para pequeños abastecimientos locales. Mencionaremos algunas de las Centrales Hidroeléctricas más importantes de nuestro país.

### **Represa Hidroeléctrica Yacyretá, Corrientes**

La Represa Yacyretá es indudablemente uno de los mayores atractivos turísticos que ofrece la Provincia de Corrientes. Orgullo de su gente, todos los turistas que se acerquen a Corrientes pueden disfrutar de esta majestuosa obra faraónica.

Emplazada sobre las aguas del Paraná, comenzó a generar energía en septiembre de 1994, con la puesta en marcha de su primera turbina.



La **Central Hidroeléctrica Yacyretá**

tiene 20 turbinas, con una potencia instalada de 4.050 Mw. y con una capacidad energética de 19.080 GW/h, esto es el 40% de la energía consumida en la Argentina.

Es visitada anualmente por más de 30.000 turistas atraídos por la majestuosidad de esta obra. Las visitas por vía terrestre están a cargo de la **Entidad Binacional Yacyretá**.

Yacyretá se ubica en los Saltos de Apípe, en el río Paraná, a unos 20 kilómetros de la ciudad de Ituzaiingó, y próximo a la ciudad paraguaya de Ayolas. Se eligió esta locación para aprovechar la potencia de los saltos del río y la capacidad de contener las aguas a través de una presa, ubicada sobre tres grandes islas: la paraguaya Yacyretá y las argentinas Talavera y Apipé.

A partir de 1972, ya bastante antes de la firma del Tratado de Yacyretá, comenzaron una serie de negociaciones sobre el trazado de la represa. El proyecto nace cuando el Canciller Alberto Juan Vignes, comunica el 12 de septiembre de 1973, que la Argentina acepta como emplazamiento de la futura represa denominada en aquel entonces traza 2.

El paso siguiente a esa comunicación confluye al acto de firma del Tratado Binacional de Yacyretá, que suscribe en el Salón Independencia del Palacio López, sede del gobierno paraguayo. Lo firman Alfredo Stroessner, y en representación de la República Argentina, el General Juan Domingo Perón.

Una vez firmado el tratado empiezan los primeros avances, pero le continúa una crisis. Luego de un tiempo, comienzan los trabajos de la represa y lo más importante comienzan las obras de relocalización.

Para la construcción del complejo se necesitó cerrar el río, embalsarlo con una presa y de esta forma elevar el nivel de las aguas. La altura ganada, permite descargar el agua con gran fuerza a través de las turbinas, que al moverse generan energía.<sup>95</sup>

Con 67 Km. de presa, se forma un **embalse** de 1.600 km<sup>2</sup>. Este lago artificial cambia el paisaje de la zona, y bajo sus aguas quedaron las islas Talavera y un 80% de la isla Yacyretá.

---

<sup>95</sup> Gobierno de Corrientes.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

Para poder llevar adelante este complejo hubo que construir dos puentes que unieran las costas paraguaya y argentina con la isla Yacyretá. Uno, sobre el brazo Aña Cuá del río, forma parte del futuro cruce internacional, y el otro sobre el brazo principal, llamado puente de servicio, que fue demolido al finalizar la obra. Más de 8000 trabajadores paraguayos y argentinos hicieron realidad este proyecto. Se usaron poderosos camiones transportando diferentes materiales, pudiendo cargar hasta 55 toneladas y sus ruedas median más de 2 metros. Fueron importantes para el transporte de los casi 66 millones de metros cúbicos de materiales que conforman las distintas presas.

En los lugares donde hoy se asientan la Central Hidroeléctrica y la Esclusa fue necesario excavar hasta las formaciones basálticas. Muchos de los materiales que hoy conforman las diferentes presas de Yacyretá fueron obtenidos en canteras y áreas cercanas.

La esclusa permite salvar un desnivel máximo de 24m. su estructura permite el paso de embarcaciones de hasta 12 pies. Con sus 3.200 megavatios de potencia instalada, las turbinas de Yacyretá funcionando a pleno cubrirán el 40% de la demanda energética del sistema interconectado argentino.

La zona de Yacyretá se ha convertido en un dinámico polo de desarrollo económico y social para las provincias de Corrientes y Misiones y la República del Paraguay.<sup>96</sup>

### **Salto Grande, Entre Ríos**

La presa se construyó en una zona de rápidos y desniveles rocosos, en el curso medio del río Uruguay, aprovechando para la generación hidroeléctrica un desnivel natural llamado Salto Grande.

Con 69 metros de altura desde su fundación y 39 metros sobre el nivel del río, la represa está formada por una presa central de hormigón y dos presas de tierra, por eso se trata de una presa mixta.

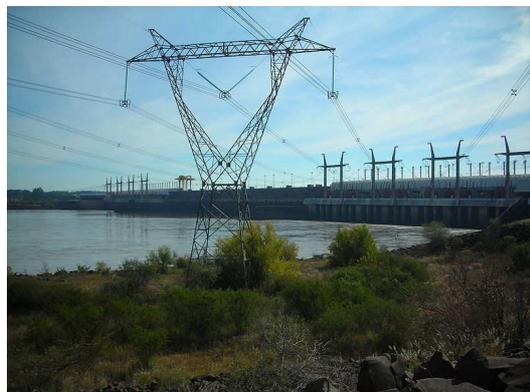
Para su construcción se utilizaron 60.000 tn de hierro y 1.500.000 m<sup>3</sup> de hormigón: tanto como para construir mil edificios de treinta pisos de altura.

La capacidad total de evacuación -cantidad máxima de agua que puede pasar por la estructura de la represa- es de 61.560 m<sup>3</sup>/seg. Por el vertedero, solamente pasan 58.000 m<sup>3</sup>/seg.

El caudal histórico del río es de 4.700 m<sup>3</sup>/seg, siendo la capacidad de turbinado de Salto Grande de unos 8.400 m<sup>3</sup>/seg. Cuando se supera este caudal, es necesario abrir los vertederos para evacuar el excedente.

La represa cuenta además con dos escalas de peces con esclusas automáticas.

Aguas arriba, en la parte superior de la estructura -llamada coronación- se encuentra el Puente Internacional Ferroviario que une las ciudades de Salto



<sup>96</sup> Gobierno de la Provincia de Corrientes

(Departamento de Salto, Uruguay) y Concordia (Provincia de Entre Ríos, Argentina).<sup>97</sup>

Aguas arriba de la represa de Salto Grande se encuentra el Lago formado por el embalse de la obra hidroeléctrica.

Está ubicado a 13 Km de Salto, Uruguay, y a 18 Km de Concordia, Argentina.

El Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande se encuentra al norte de las capitales de ambos países, a 500 Km de Montevideo y 450 Km de Buenos Aires.

El embalsado de los ríos para la instalación de Centrales Hidroeléctricas repercute en el ambiente y las sociedades.

Los primeros signos de transformación aparecen durante la construcción de la obra, cuando el cauce fluvial es interrumpido. Se observan cambios bruscos en la velocidad del agua, aumento de materia orgánica, pérdida de vegetación y habitat costeros, entre otros.

La formación del embalse abarcó 780 Km<sup>2</sup>. Esto significó el traslado de poblaciones: Federación, del lado argentino, y Belén y Constitución, del lado uruguayo.

Con la Central en actividad, se producen períodos de ascenso y descenso en los niveles de las costas.

Las repercusiones más evidentes son las alteraciones de las costas y las afectaciones directas sobre la vida acuática.

Para mitigarlo, Salto Grande lleva adelante investigaciones sobre estos y otros temas ambientales, e interviene con acciones directas para contrarrestar el impacto.

### Complejo Hidroeléctrico La Barrancosa-Cóndor Cliff, Santa Cruz

es un emprendimiento para el aprovechamiento hidroeléctrico del río Santa Cruz (Argentina), que generará una potencia eléctrica de 1700 megavatios (equivalente al 10% de la energía generada en 2008). **La Barrancosa** estará situada a 185 kilómetros de la desembocadura del Río Santa Cruz, mientras que **Cóndor Cliff**, a 250 kilómetros del mismo sitio. Esta obra es la tercera hidroeléctrica en importancia, después de la de Yaciretá y Salto Grande.

La iniciativa es impulsada por el Gobierno argentino y demandará, según las estimaciones iniciales, un desembolso superior a los u\$s 2.000 millones.

La presidenta argentina Cristina Fernández de Kirchner encabezó el 14 de abril de 2008 el acto de la apertura de ofertas para la construcción de la represa hidroeléctrica que tendrá un plazo ejecución de obra de cuatro años y la generará 5.000 puestos de trabajo.



<sup>97</sup> Website oficial de Salto Grande

El río Santa Cruz es el cuarto más caudaloso en Argentina a razón de 790 metros cúbicos por segundo.

Las empresas que han manifestado el interés en construir las dos represas sobre el río más importante de la cuenca hidrográfica provincial. Estas son los consorcios: Isolux-Corsan-Andrade Gutierrez S.A; Techint SACEI-Benito Roggio S.A-Esuco S.A-Supercemento SAIC; Electroingeniería S.A-Iecsa S.A-José Cartellone S.A; Aluar SAIC-Hidroeléctrica Futaleufú S.A-Odebrecht S.A; Impsa-Camargo Correa-Corporación Americana S.A y Panedile Argentina S.A.. Uno de estos, en una asociación mixta con el estado provincial, será quien accederá a la construcción y posterior explotación del complejo hidroeléctrico, que generará a partir de su puesta en marcha, estimada en fines del 2012, 5.100 GWh/año.

El objetivo planteado por el gobierno provincial para el procedimiento de selección de un consorcio de empresas fue lograr obtener un grupo empresario que construya, financie y conforme posteriormente una sociedad mixta, cuya cabeza es el Estado provincial, que operará el complejo y explotará el recurso natural, bajo la figura de concesión.

Según el proyecto, la capacidad de potencia a generar por la represa **Cóndor Cliff**, será de 1.140 MW (6 grupos turbina/generador de 190 MW cada uno), y **La Barrancosa** de 600 MW (5 grupos turbina/generador de 120 MW cada uno), y así alrededor de 5.100 GWh/año se incorporarán al Sistema Interconectado Eléctrico Nacional.<sup>98</sup>

El proyecto incluye la construcción de la siguiente infraestructura complementaria:

- Presas de materiales sueltos con pantalla impermeable de hormigón.
- Vertederos de crecidas
- Obras de Toma para las Centrales Hidroeléctricas
- Descargadores de fondo
- Obras de Desvío del Río durante la construcción
- Centrales Hidroeléctricas
- Playa de Maniobras
- Caminos de Acceso sobre ambas márgenes

### **Embalse Piedra del Águila, Río Negro – Neuquen**

Piedra del Águila es el segundo de cinco embalses sobre el río Limay al noroeste de la región del Comahue, entre las provincias de Río Negro y del Neuquén en Argentina.

El complejo se encuentra a 240 km de San Carlos de Bariloche y a 230 km de la ciudad de Neuquén, y el embalse se haya aproximadamente en las coordenadas: 40°00'41"S 69°59'23"O-40.01139, -69.98972, y a 590 msnm, aguas abajo de la confluencia del Limay y el río Collón Curá. Fue inaugurado en 1993.

Se trata de la mayor central construida exclusivamente en territorio argentino; consta de una presa de hormigón de gravedad con una altura de 173 m, y un

---

<sup>98</sup> VI Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. Neuquen. Noviembre 2010.cc

aliviadero para soportar hasta 10.000 m<sup>3</sup>/s para evacuar las grandes crecidas del río Limay.<sup>99</sup>

En marzo de 1985 comienzan los trabajos de construcción de la obra civil de este complejo, siendo el mayor emprendimiento iniciado por la estatal HIDRONOR. En enero de 1987 se desvía el río Limay por un canal contiguo al actual aliviadero.

La central posee 4 turbinas Francis, sus generadores, un banco de transformadores por cada generador y equipos de maniobra, control y auxiliares. Las turbinas son de reacción de eje vertical tipo Francis con cámara espiral de chapa de acero y tubo de aspiración acodado.

Los generadores, de 350 MW cada uno, asociados a bancos de tres transformadores monofásicos con interruptores a un sistema de doble barra blindado y aislado. Se ha previsto una futura ampliación de la Central instalando dos máquinas adicionales en la margen oeste en el canal resultante de las obras de desvío inicial del río.

La descarga de la central se efectúa por un canal de restitución, revestido y en contrapendiente de 100 m de largo y 112 m de ancho.

La potencia instalada es de 1.400 MW, generando anualmente 5.000 GWh; el transporte de energía se efectúa con un electroducto de 500 kV



### **Represa el Chocón, Neuquén – Río Negro**

El Complejo Hidroeléctrico que comprende las centrales El Chocón y Arroyito, está ubicado en la región denominada Comahue, formada por las provincias argentinas de Río Negro, Neuquén y la parte de sur de las provincias de Buenos Aires y La Pampa. El Chocón se encuentra sobre el Río Limay a unos 80 Km aguas arriba de su confluencia con el Río Neuquén.

Las obras del Aprovechamiento El Chocón se compone de una Central Hidroeléctrica, una Presa de material granular y núcleo impermeable, un Vertedero con 4 compuertas radicales, una Obra de Tomas y Tuberías Forzadas.

La energía eléctrica es producida por seis generadores de 200.000 KW cada uno, con una capacidad máxima total de evacuación de 2.400 m<sup>3</sup>/s. La generación media anual de proyecto es de 3.350 millones de Kwh.

<sup>99</sup> Organismo Regulador de Seguridad de Presas.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

El embalse ocupa una superficie aproximada del valle del río Limay de 830 Km<sup>2</sup> y contiene un volumen total de agua de 20.000 Hm<sup>3</sup>.

La longitud máxima del embalse es de 68 Km y el ancho máximo de 20 Km, la profundidad máxima de 64 m, la media de 24 m y la longitud de costa de aproximadamente 565 Km. La variación estacional del nivel de embalse es de 3.5 a 4 m.

La capacidad de evacuación máxima es de 8.000 m<sup>3</sup>/s, a través de 4 compuertas radiales de 15.5 m de altura, 16.5 m de ancho y 80 t de peso, accionadas por cadenas motoreductores sobre sistema de eje eléctrico.

Se ha previsto una protección en el lecho del río en la descarga del Vertedero, mediante un espigón y una cantidad importante de losas de hormigón.

La estructura de la Obra de Toma fue construida en su mayor parte de Hormigón armado in situ, aunque se utilizó premoldeados como vigas y losas del muro de protección aguas arriba sobre el nivel 363.50 y en las losas de la parte superior de la estructura de toma.

Las tuberías Forzadas incluyen seis tomas de agua que se comunican con las turbinas mediante sendos túneles. Cada una de las aberturas de toma está provista de rejas y compuertas tipo vagón con rodadura de oruga, con la función de compuerta de emergencia. La operación de dichas compuertas es automática cuando se presentan problemas mecánicos urgentes en los turbogrupos.

Las compuertas de emergencia se encuentran vinculadas a servomotores oleohidráulicos comandados con un sistema de control que permite una adecuada vigilancia de la tubería.

Ubicada en la margen izquierda del río inmediatamente aguas debajo de la Presa, cuenta con seis grupos - generadores de una potencia Total de 1.200.000 KW. Las turbinas son tipo Francis de eje vertical.

Dispone de 3 bancos de transformadores monofásicos de 540.000 KVA cada uno que elevan la tensión de generación de 16 KV a 500 KV, siendo ésta la tensión del Sistema de Transmisión de Energía.

El edificio de la Central está cimentado sobre arenisca y las fundaciones son de hormigón armado incluyendo las turbinas, túneles de entrada y tubos de aspiración.

En el extremo norte y sur se dispone de dos amplias playas destinadas a la descarga, montaje y mantenimiento de equipos dentro de la zona de operación de los puentes grúas de la central.

Aguas arriba de la sala máquinas y a la intemperie se ubican los tres Bancos Monofásicos de Transformadores Principales y los pórticos de salida de las líneas de transmisión de 500 KV que vinculan la central con el Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

Aguas debajo de la sala de máquinas se sitúan la galería de refrigeración de máquinas, tableros de 13,2 KV y 0,380 KV y en un nivel superior la Sala de

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

Supervisión con el equipamiento necesario para la operación de las unidades generadoras de la Central El Chocón y el telecomando de las unidades generadoras de la Central Arroyito.

La central Hidráulica está equipada con seis turbinas de 278.000 CV de potencia nominal, cada una, con un salto nominal de 58,4 m

El agua proveniente de la obra de toma a través de la tubería forzada, ingresa a la cámara espiral de cada máquina. Las turbinas son del tipo Francis de eje vertical, giran a 88.3 rpm en sentido horario y cuentan con dos cojinetes: uno superior de empuje y guía ubicado debajo del generador y otro de guía inferior próximo al rodete.

El tubo de aspiración que completa el circuito hidráulico de la turbina, posee blindajes en zona inferior próxima al rodete para protección contra erosión.

Los generadores acoplados a las turbinas son del tipo polos salientes, generan en 16 KV y esta tensión es elevada a 500 KV en los transformadores principales.



## ENERGÍA GEOTÉRMICA EN ARGENTINA

La región occidental de la República Argentina corresponde, a lo largo de la cordillera de los Andes, a una zona de colisión de placas litosféricas donde se desarrolla un borde de subducción, constituyendo un margen continental activo. Este proceso, como es sabido, origina cuerpos magmáticos que se emplazan en los niveles superiores de la corteza generando áreas con anomalías térmicas de alta temperatura. A su vez, en las regiones extra andinas existen numerosas áreas con anomalías térmicas de temperaturas intermedias a bajas debido a causas preferentemente mecánicas. Estas características generales confieren al país grandes posibilidades para la investigación y eventual aprovechamiento del recurso geotérmico.

Los estudios que se vienen realizando en los sectores andino y extra andino de la Argentina han permitido el reconocimiento de numerosas áreas con manifestaciones termales y el avance en el reconocimiento de algunos campos geotérmicos importantes. El Departamento de Geotermia, dependiente de la Subsecretaría de Minería de la Nación, se encuentra realizando una activa acción en la evaluación y posterior transferencia a la actividad privada, del recurso geotérmico de la República Argentina.

Las líneas de investigación y desarrollo están dirigidas a concretar una satisfactoria explotación de los recursos geotérmicos. Su objetivo general apunta a la utilización de los recursos geotérmicos de alta y baja entalpía para el desarrollo de las economías regionales.<sup>100</sup>

En Agosto de 2009, el Diario de Cuyo publicaba un artículo que explicaba sobre un importante proyecto de Geotermia:

### ***Se instalará una planta de energía con aguas termales***

El gobierno de San Juan se lanzó ahora a conquistar la energía generada por las aguas subterráneas de altas temperaturas: Ayer firmó el convenio con la empresa Geotermia Argentina que permitirá instalar -entre abril y mayo del 2011- una planta generadora de electricidad geotérmica. Será en sociedad con la estatal Energía Provincial Sociedad del Estado (EPSE).<sup>101</sup>

La central estará ubicada en la zona Despoblados, en el Valle del Cura (Iglesia) a unos 370 kilómetros de la ciudad, y aportará al sistema eléctrico de la provincia de San Juan 5 megavatios en una primera etapa, con una inversión inicial de 7 millones de dólares, 2 para tareas exploratorias que arrancan ahora y 5 millones para la construcción de la central. No obstante Giorgio Stangalino, presidente de la firma, anunció que habrán ampliaciones inmediatas en una segunda etapa, hasta llegar a aumentar la generación de energía eléctrica a 150 megavatios. O sea, más que Caracoles -el nuevo dique sanjuanino- que tiene una potencia de 120 megavatios. El dique Cuesta del Viento genera unos 8 megavatios, comparables a la primera fase de la central de aguas termales.

---

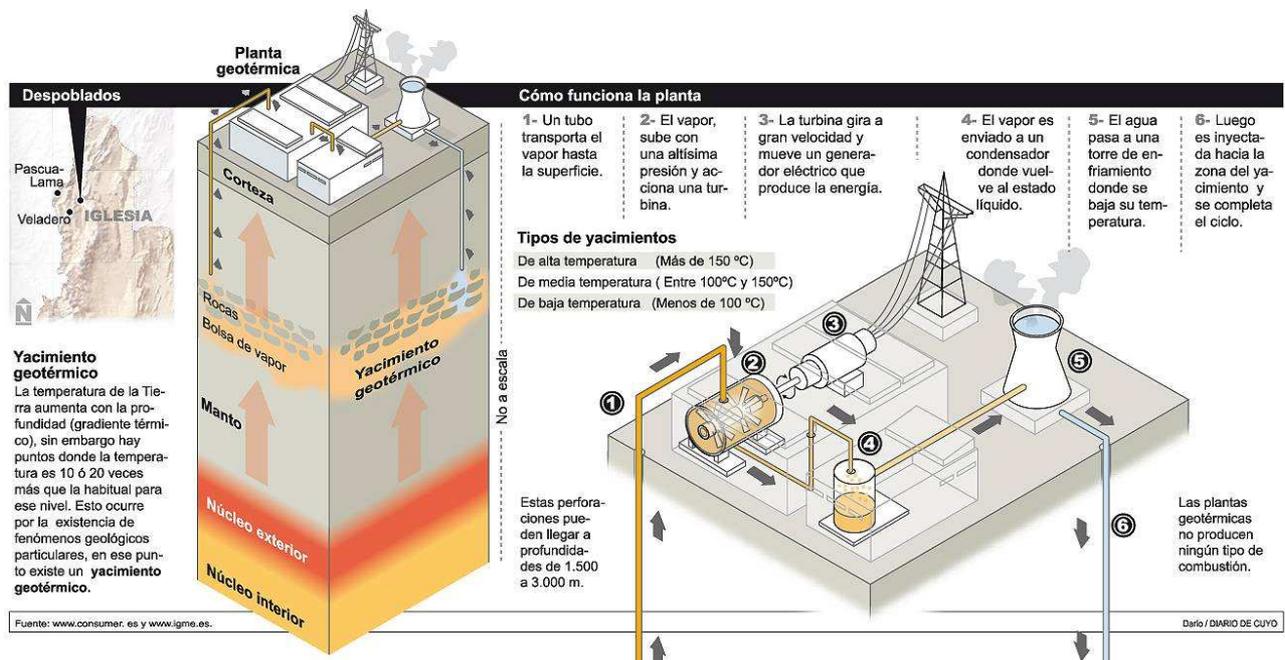
<sup>100</sup> Secretaría de Industria y Minería de la Nación Argentina.

<sup>101</sup> Diario de Cuyo.

Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella

"La planta estará ubicada en una de las seis manifestaciones de geotermia del Valle del Cura, en la denominada El Despoblado, la más voluminosa y prometedora. ¡Allí la temperatura del agua que surge llega a 90 grados a 5.000 metros de altura!. Con 90 grados y un buen caudal ya puedes producir energía eléctrica", se entusiasmó Stangalino. El optimismo de este italiano responde a un conocimiento profundo de la zona: el geólogo empezó a estudiar los yacimientos termales sanjuaninos en 1977. "Después en el 2007 esta firma con sus propios recursos avanzó en su estudio. Ahora, la factibilidad que vamos a hacer es solo una demostración, pero ya estamos seguros", dijo el italiano.

Si no se hizo una central antes allí fue por la inexistencia de tendidos eléctricos para conectar la energía a la red, escollo que hoy se ha superado gracias al desarrollo de los grandes proyectos mineros de la zona: Despoblados, donde estará la planta de geotermia, está apenas a unos 25 kilómetros de la mina de oro Veladero y la próxima gigante Pascua Lama. "Y no van a ser los únicos emprendimientos mineros de la zona", reflexionó el propio gobernador Gioja, tras cerrar el acto. Efectivamente, en el Valle del Cura hay por lo menos una docena de exploraciones en busca de metales. Incluso se le agradeció a la minera Malbex a cargo del ex Barrick, Hernán Celorrio que también estuvo presente, el haber cedido al EPSE sus derechos sobre vapores endógenos en la zona que el IPEEM les dio en concesión para explorar la existencia de oro y plata.<sup>102</sup>



El Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) ha realizado estudios de base en gran parte del territorio argentino, y de acuerdo a los resultados obtenidos, se continuó con la etapa siguiente de pre factibilidad en algunas zonas

<sup>102</sup> Diario de Cuyo

de alta entalpía, en las áreas volcánicas de: Tuzgle (Jujuy), Domuyo, Copahue-Caviahue (Neuquén) y Valle del Cura (San Juan).

Neuquén: A fines de la década del ochenta en el campo geotérmico Copahue-Caviahue se instala una planta geo-termoeléctrica demostrativa (es una planta-piloto binaria de 0.67 Mwe - boca de pozo). Luego de varios años de producción piloto, durante el 2012, el gobierno provincial estará en condiciones de llamar a licitación para desarrollar un proyecto de energía geotérmica en Copahue por alrededor de 60.000.000 de dólares. La planta proyectada permitiría generar con una potencia de al menos 30 megavatios (MW), con el beneficio adicional de que, al ser considerada una forma renovable de energía limpia, la provincia podría reclamar los “bonos verdes”.

Jujuy: El campo geotérmico Tuzgle-Tocomar está ubicado en la Puna Central, departamento de Susques. Las investigaciones en la actualidad transitan la etapa final de pre factibilidad, en la que ha sido estudiada en detalle un área de aproximadamente 900 km cuadrados. Esta región ha sido extensamente estudiada desde los años 90, y recientemente la empresa G4G ha entablado relaciones con Geotermia Andina, quien actualmente posee los derechos mineros en el área, con vistas a un futuro acuerdo económico. En Tocomar, en la zona de las manifestaciones termales se detectó agua y gas proveniente de un reservorio poco profundo constituido por agua en estado líquido a 134°-143°C con un muy bajo contenido de gases disueltos. Se estima la posibilidad de una explotación comercial del recurso en mediana escala, en tanto estudios preliminares indican que en Tuzgle habría un reservorio de características similares.<sup>103</sup>

Argentina, y en particular la provincia de Mendoza, posee decenas de fuentes de aguas termales conocidas, con temperaturas variables, que corresponderían a “probables fuentes geotermales en profundidad”. Justamente, el objetivo del gobierno provincial, a través de la Declaración de estas 14 áreas de reserva, es el de promover todos los estudios tendientes a definir, e inventariar y cuantificar el potencial real de generación energética a partir de este tipo de fuentes, hasta hoy desconocido, con el fin último de un aprovechamiento racional y sustentable de este tipo de recurso.

Además, es importante recalcar que ya está probado que existen tecnologías eficientes para producir energía eléctrica desde recursos geotermales como lo demuestran los más de 8.000 MW instalados en el mundo. Pero no debemos olvidar, que al igual que lo que ocurre con cualquier otro recurso mineral, el mayor riesgo está en la exploración del recurso geotermal.

Si consideramos que esta es una fuente de energía ligada a la presencia de volcanes y zonas tectónicamente activas o con actividad geológica reciente, en términos generales, la geología nos indica que las provincias cordilleranas son las más beneficiadas en cuanto a la posibilidad de disponer de fuentes geotermales de media y alta entalpía. Sin embargo, no debemos dejar de mencionar el gran

---

<sup>103</sup> Prensa Energética

número de aprovechamientos termales que existen en provincias como Entre Ríos y Buenos Aires, donde los usos directos se están diversificando continuamente a partir de fuentes geotermales mayoritariamente de baja entalpía (<90°C).<sup>104</sup>

### Cuenca Termal Bahía Blanca - Pedro Luro<sup>105</sup>

En el extremo sudoeste de la Provincia de Buenos Aires se encuentra una gran cuenca sedimentaria denominada de Bahía Blanca-Pedro Luro o del Colorado, que en el área continental abarca más de 37.000 Km<sup>2</sup>, y se caracteriza por presentar capas acuíferas surgentes de baja termalidad (55° a 85° C).

En el sector continental, la cuenca está formada por un conjunto de bloques de basamento constituido por rocas graníticas paleozoicas, sobre las cuales se adapta un relleno sedimentario normal que constituye la cobertura Cretácica - Cenozoica, originado, principalmente, a partir de la erosión del zócalo aflorante. La potencia de esta cobertura es de aproximadamente 2000 m en Bahía Blanca. En niveles superiores los sedimentos llevan intercaladas capas de agua a distintas profundidades (entre 530 y 570 m), con temperaturas entre 55° y 60° C, mientras que en los niveles inferiores se encuentra contenido el acuífero más importante de la región que se localiza a profundidades de entre 660 y 886 m, con una temperatura que varía entre 65° y 85° C.

El subsuelo de Bahía Blanca posee recursos hídricos, cuyas características tanto en calidad y cantidad son muy buenas. La temperatura absoluta, depende de la profundidad de captación del agua, de esta manera los pozos menos profundos son los que poseen menor temperatura (50° C), mientras los que alcanzan profundidades, todavía mayores (1000 m) arrojan valores superiores a los 85° C. Se observa también, que en general, la temperatura del agua crece hacia el sur en la dirección del buzamiento de las capas acuíferas. Con respecto a mediciones de caudales en los diferentes pozos se obtuvieron valores que oscilan entre los 30 y 50 m<sup>3</sup>/h. El cuadro de condiciones estudiado (incluyendo estudios geofísicos, isotópicos, etc.) permite elaborar un modelo hidrológico sencillo para el área en cuestión. Los excedentes hídricos producidos en el sector occidental periserrano del Sistema de Ventania (Sierras australes, límite norte de la cuenca) se infiltran y alimentan a los niveles permeables profundos. De este modo se establece un flujo subterráneo constante y en régimen permanente a una velocidad de circulación baja a través del acuífero, con vías de circulación preferenciales (paleo cauces). Conforme la inclinación general de las capas en dirección sur, se establece la descarga en el sector costero Atlántico. A través de esta circulación el agua equilibra su temperatura con la anomalía térmica debida al adelgazamiento cortical ligado a la formación de la cuenca como consecuencia del rift que originó el océano Atlántico.



<sup>104</sup> Prensa Energética

<sup>105</sup> Segemar – Servicio Geológico Minero Argentino

En la actualidad se están evaluando las características que ofrece para utilizar los recursos geotérmicos en la cría de camarones, así como también para el calefaccionamiento de viviendas e invernaderos.<sup>106</sup>

### **Termas de Río Valdez**

En el extremo sur del continente americano se encuentra la Isla Grande de Tierra del Fuego. A lo largo de esta isla se desarrolla la Cordillera Fueguina, continuación natural de los Andes Patagónicos. En su sector centro norte, aproximadamente entre los 67° de longitud oeste y 54° de latitud sur, se localiza el campo termal de baja entalpía "Río Valdez".

En el sector de mayor interés geotérmico con posibilidades de aprovechamiento económico, prevalecen las riolitas y tobas cristalinas con un bajo grado de metamorfismo. Están intensamente deformadas en una faja de dirección noreste-sudoeste y en ellas se desarrolla una fábrica compuesta tipo S-C, resultado de un esfuerzo de cizalla.

El análisis estructural realizado permitió constatar que las manifestaciones termales estarían asociadas con la reactivación de antiguas estructuras. El área de las termas, que se caracteriza por ser un nudo tectónico, se encuentra dislocado por un conjunto de estructuras subparalelas (N 20-30° E) que se corresponden a fallas directas de alto ángulo. Este conjunto de estructuras profundas estarían asociadas a juegos de planos de rumbo N 60° W y N 45° W y, serían estos juegos de fallas, las que abrían originado los caminos de ascenso de los fluidos termales.

Las manifestaciones comprenden fuentes de aguas termales y emanaciones gaseosas que se localizan en 13 vertientes. Presentan la misma composición química, incluso aquellas de menor temperatura. Se trata de aguas bicarbonatadas sódicas, con pH que varía entre 7,8 y 8,2 y conductividad entre 613 y 658 u.s./cm. Las temperaturas medidas en superficie varían entre 31° y 40° C, con un promedio general de 38,5°C y un caudal aproximado total de 65.213 l/h.

Los fluidos del reservorio, que se encuentran a temperaturas entre 88° y 98° C, se formaron por el descenso lento de las aguas subterráneas meteóricas, las cuales son calentadas por efecto de la conductividad térmica. Se infiere un modelo de reservorio que siga las estructuras, diaclasas y grietas y sus intersecciones entre



<sup>106</sup> Segemar – Servicio Geológico Minero Argentino

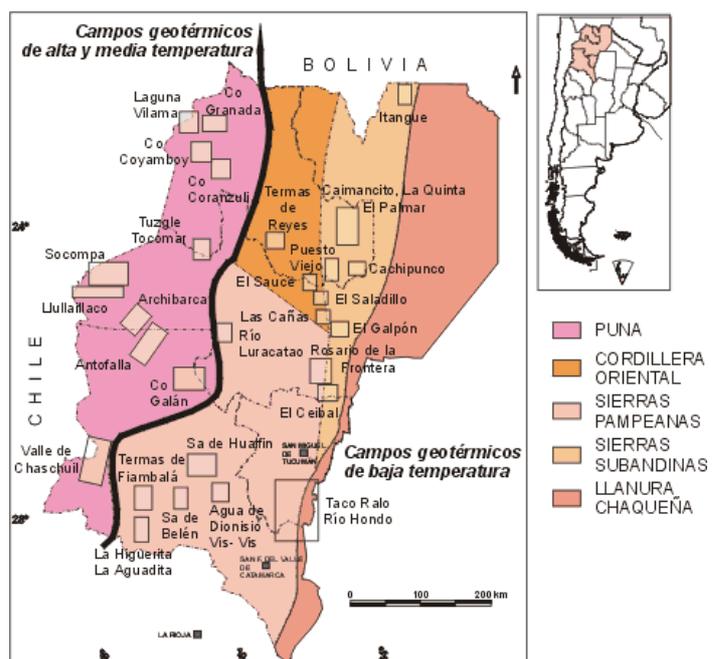
los diferentes sistemas estructurales dentro de las metamorfitas, por lo tanto las dimensiones mayores estarían en la dirección vertical.<sup>107</sup>

### Cuencas del Noroeste

En función de la presentación del recurso geotérmico en la naturaleza, en el Noroeste de Argentina se pueden diferenciar dos grandes regiones. Una en la que el recurso se encuentra relacionado con el volcanismo reciente (Campos Termales de mediana o alta temperatura) y la otra, en donde el recurso se vincula a zonas con anomalías de calor o zonas con movimientos de aguas meteóricas a grandes profundidades donde existe un gradiente geotérmico normal (de origen no volcánico). Las anomalías de calor pueden estar relacionadas con un adelgazamiento cortical o con zonas de fracturas profundas que facilitan el incremento del gradiente geotérmico (yacimientos asociados a tectonismo en cuencas intracratónica), en cualquiera de los casos el Campo Termal será de baja temperatura.

La primera región tiene su límite natural en la Puna, en ésta, los distintos estudios de reconocimiento han diferenciado trece áreas en las cuales se considera que se debería continuar con las investigaciones termales. Estas son: Cerro Granada, Laguna Vilama, Cerro Coyambo, Cerro Coranzuli y Cerro Tuzgle (Aquater, 1979), Socompa, Lulliallaco, Archibarca, Antofalla y Cerro Galán (UNSa, 1982) y Valle de Chaschuil, Ojo del Salado y Laguna Verde (Ingeoma et al., 1984). Se continuaron con las investigaciones en el Área Termal Tuzgle-Tocomar donde se llegó hasta la etapa final de la prefactibilidad (Hidroproyectos, 1985; Coira, 1995)

La segunda región comprende la Cordillera Oriental, Sierras Pampeanas, Sierras Subandinas y Llanura Chaqueña. En esta región se destaca por su importancia dos zonas, dieciocho áreas y diversas manifestaciones termales. Las zonas son: "El Ramal" (Aquater, 1979, Moreno Espeleta et al., 1981a; Pesce, 1994, 1995) en la provincia de Jujuy y "Taco Ralo - Río Hondo" (Jurio et al, 1975; Tsuneshi, 1986 y Sierra y Pedro, 1988) en las provincias de Tucumán y Santiago del Estero. Las áreas que potencialmente presentan características geotérmicas de importancia son: Itangue (Arias y Chávez, 1988); La Quinta, El Palmar y Caimancito, (Pesce et al., 1996a y 1996b), Cachipunco (Arias et al., 1980); Puesto Viejo (Arias et al., 1987a); Termas de Reyes (Moreno



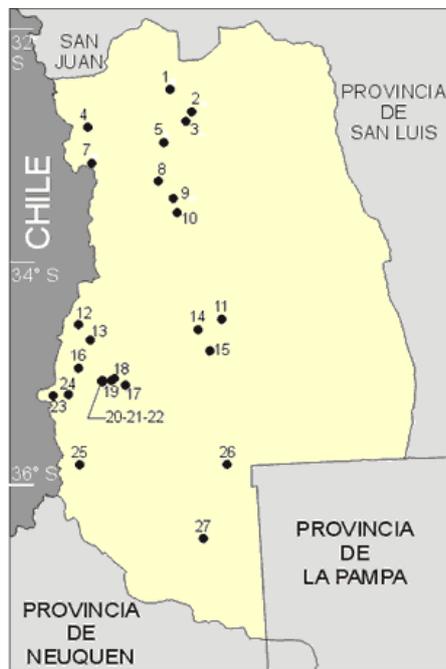
<sup>107</sup> Segemar – Servicio Geológico Minero Argentino

Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella

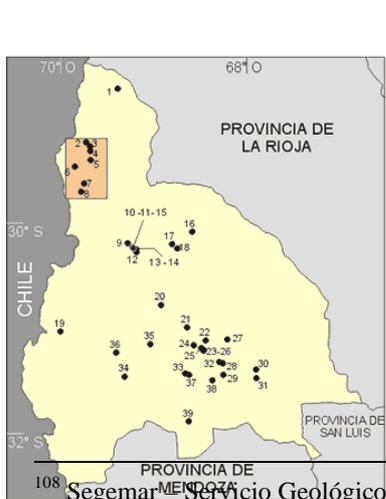
Espelta et al., 1978b), El Sauce (Moreno Espelta et al., 1978a); El Saladillo (Chavez et el., 1993a); Las Cañas (Chávez et al., 1993b); El Galpón (Arias et al., 1987b); Rio Luracatao (Chávez et al., 1987); Rosario de la Frontera (Rassmuss, 1925; Moreno Espelta et al., 1975); El Ceibal (Moreno et al., 1981b); Fiambalá-Tinogasta, La Higuera, (CREGEN, 1987); Sierra de Hualfín, Sierra de Belén y Agua de Dionisio-Vis Vis (ESIN, 1983). Las manifestaciones termales mas destacadas son: Suriyaco, Rio San Francisco, Las Mauricias, Pozo Siete Aguas o Laguna la Brea, El Moralito y Palma Sola.<sup>108</sup>

**Resto del país**

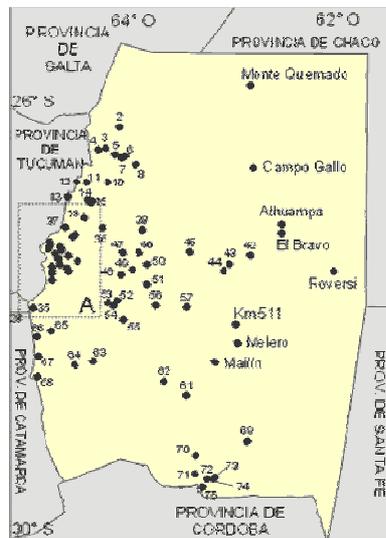
Existen otras provincias con zonas exploradas y en algunos casos con pequeñas explotaciones turísticas como Santiago del Estero, Córdoba, Mendoza, San Juan, entre otras.



- 1 - Termas de Villavicencio
- 2 - Baños de Borbollón
- 3 - Baños de Zapata
- 4 - Puente del Inca
- 5 - Cacheuta
- 6 - Termas del Plomo
- 7 - Termas de Pollera
- 8 - Termas de Tupungato
- 9 - Agua de baño Alto
- 10 - Baños de Capiz
- 11 - Agua del Arroyo del Tigre
- 12 - Cerro Colorado
- 13 - El Sosneado
- 14 - Agua Poca
- 15 - Baños del Salado
- 16 - Baños del Cobre
- 17 - Agua de la Vista
- 18 - Baños del Alfalfalito
- 19 - Kiki
- 20 - Los Molles
- 21 - Lahuén-Có
- 22 - Termas Valle del Río Salado
- 23 - Peteroa
- 24 - Baños del Cura
- 25 - Cerro Campanario
- 26 - Cerro Bayo YPF
- 27 - Payún Matrú

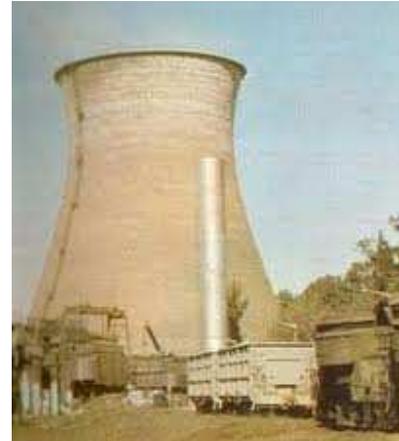


- 1 - Terma Cajón de la Brea
- 2 - Baños de San Crispín
- 3 - Bañitos de Cholay
- 4 - Bañitos El Cortadera
- 5 - Baños Casa Pintada
- 6 - Baños El Desplorado
- 7 - Baños El Gollete
- 8 - Termas Los Bañitos
- 9 - Los Horcones
- 10 - Termas de Pismanta
- 11 - Termas de Centenario
- 12 - Termas Carrizalito
- 13 - Arbolito Poblete
- 14 - Terma La Salud
- 15 - Terma Rosales
- 16 - Agua Hedionda
- 17 - Los Blasquitos de Jachal
- 18 - Agua Negra
- 19 - Termas El Cerrado
- 20 - Ciénaga de Guallán
- 21 - Fuente Talacasto
- 22 - Fuente San Bernardo
- 23 - Termas de La Laja
- 24 - El Volcán
- 25 - El Rincón
- 26 - Baños del Cura
- 27 - Guayaupa
- 28 - Piedra Pintada
- 29 - El Gato
- 30 - Nianisanga
- 31 - Corral de Piedra
- 32 - Laguna del Toro encantado
- 33 - Baños del Zonda
- 34 - Don José Inés
- 35 - Las Aguaditas de La Ramona
- 36 - La Salud
- 37 - Baño 9 de Julio
- 38 - Baño 9 de Julio
- 39 - La Cieneguilla



## BIOMASA EN ARGENTINA

En la República Argentina, al igual que en el resto del mundo, se han realizado y se realizan en la actualidad aprovechamientos energéticos de la biomasa. Uno de los aprovechamientos de mayor importancia es el dedicado a la fabricación de carbón vegetal del cual se hace uso casi exclusivo en la industria siderúrgica instalada en la provincia de Jujuy, **Altos Hornos Zapla**. El mismo se obtiene fundamentalmente a partir de plantaciones de eucaliptus realizadas con ese fin. También se utiliza en otras industrias y para uso doméstico, aunque su importancia comparativa es mucho menor.



Otro aprovechamiento significativo es la utilización de **bagazo de caña de azúcar** como combustible para las calderas de los ingenios azucareros. En algunos casos, este combustible prácticamente permite la autosuficiencia energética de estas industrias.

Relacionada con la caña azúcar podemos mencionar la **fabricación de alcohol** que, convenientemente deshidratado y dosificado, dio origen a laalconafta, utilizada en cierta época en varias provincias argentinas.<sup>109</sup>

Otros aprovechamientos los constituyen:

- El uso de leña a nivel doméstico en zonas rurales y semirurales.
- El uso de leña para calefacción (hogares).
- El uso de residuos agroindustriales (cáscara de girasol, cáscara de arroz, cáscara de maní, etc.) en calderas, para su uso térmico o eléctrico. para producir vapor de proceso.
- El uso de residuos forestoindustriales (aserrín, costaneros y viruta) para generar energía en la industria de transformación de la madera.
- La utilización de LFG (gas metano capturado en rellenos sanitarios) para generación de energía eléctrica.
- La generación de biogás en tambos (este uso en realidad está muy poco difundido).

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

---

<sup>109</sup> Coordinación de Energías Renovables. Dirección Nacional de Promoción. Subsecretaría de Energía Eléctrica. 2008.

## Estudios Recientes

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DERIVADOS DE LA INDUSTRIA ARROCERA Y DE LA FORESTOINDUSTRIA PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS.

En función a la disponibilidad y logística de los recursos estudiados, el estudio arroja la disponibilidad energética de entre 710.000/840.000 t/año de residuos forestoindustriales y 100.00 tn/año de cáscara de arroz, planteando el desarrollo de cuatro alternativas:

- Central San Salvador - 7,5 MW – cáscara de arroz – generación de energía eléctrica por medio de combustión directa en lecho fluidizado/grilla vibrante.
- Central Villaguay – 2 MW – cáscara de arroz – cogeneración por medio de combustión en grilla vibrante.
- Central Concordia – 25 MW – residuos forestoindustriales – generación de energía eléctrica por medio de gasificación y combustión.
- Central Federación – 25 MW – residuos forestoindustriales – generación de energía eléctrica por medio de gasificación y combustión.

ESTUDIO DE EVALUACION LOS RECURSOS DE BIOMASA EN LAS PROVINCIAS DE MISIONES Y CORRIENTES. LOCALIZACION Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INSTALACION DE UN PROYECTO DE GENERACION.

A partir de los resultados alcanzados, en los cuales se establecen el recurso disponible y su potencial energético, conjuntamente con las Autoridades locales y los responsables del PERMER, se identificaron y seleccionaron sitios aptos para la implementación de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de biomasa para abastecer poblaciones rurales dispersas para las que no existe suministro por red, se identificaron las opciones tecnológicas disponibles para la generación de electricidad a partir de los residuos disponibles en dichos sitios, y se procedió al diseño y estudio de factibilidad de dos proyectos de generación de energía eléctrica, a saber:

- Central en San Antonio Isla (Corrientes) – 10 Kw – generación de energía eléctrica mediante gasificación con residuos forestoindustriales.
- Central en picada Unión (Misiones) – 20 Kw - generación de energía eléctrica mediante gasificación con residuos forestoindustriales.<sup>110</sup>

---

<sup>110</sup> Coordinación de Energías Renovables. Dirección Nacional de Promoción. Subsecretaría de Energía Eléctrica. 2008.

## QUÉ SUCEDE EN OTROS PAÍSES

En Octubre del 2009, el blog de noticias Ecosistema Urbano ([ecosistemaurbano.org](http://ecosistemaurbano.org)) publicó esta nota:



El IED Barcelona (Instituto Europeo di Design) y la empresa Capmar S.L., junto con la EMT (Entitat Metropolitana del Transport), han presentado en Barcelona la **Parada Solar de Información** para los transportes públicos.

Diseñada por los alumnos Gerard Lorente, Rubén Oya, Erik Simons y Jaciel Reyes, se trata de la primera parada de bus solar informativa del territorio español totalmente autosuficiente, ya que usa únicamente sus propios recursos energéticos y no necesita cableado.

La Parada Solar de Información (PSI) es un sistema innovador y sostenible de paneles de información de los transportes públicos, que funciona íntegramente con energía solar. La PSI aumenta la calidad del servicio, ya que el usuario, al llegar a la parada, estará

informado puntualmente del tiempo de llegada de los autobuses de las diferentes líneas. La información se actualiza cada 30 segundos y también ofrece otras informaciones de interés para el usuario.<sup>111</sup>

La primer parada de autobús solar informativa de todo el territorio español es un caso representativo de proyecto ideado bajo los conceptos de diseño de producto sostenible, de eficiencia energética y respeto por el medio ambiente:

- 💡 Funcionamiento sostenible: mientras que otras paradas ecológicas emiten cantidades de unos 213,35kg de CO2 anuales, la PSI no produce ningún tipo de emisión (0,00 kg/año) y su consumo por día es de 70Wh/d, frente a los 1.228Wh/d de la parada digital.
- 💡 Bajo coste, móvil y sostenible: alimentado por energía solar, no requiere conexión a la red eléctrica.
- 💡 Diseño avanzado y duradero: antivandalismo y de instalación mantenimiento fácil.
- 💡 Diseño innovador: fácilmente reconocido como elemento del sistema de transporte, plenamente integrado al mobiliario urbano.
- 💡 Pantalla E-Ink: la tinta electrónica permite una fácil lectura de la información y un bajo consumo energético.
- 💡 Información sobre los tiempos de llegada de los autobuses: adaptada para dar información simultánea de seis líneas de autobús, actualizada cada 30 segundos.
- 💡 Panel de información estático: para los mapas de la red de transporte y los recorridos de las líneas de autobús.
- 💡 Iluminación nocturna: con leds de bajo consumo.

<sup>111</sup> Ecosistema Urbano: <http://ecosistemaurbano.org/tag/barcelona/>

## PROYECTO ETHAN 100KW

En febrero del 2011 se publicaba en todas las web-sites del rubro de Energías Renovables, la siguiente nota:



Tres jóvenes gaditanos han creado un sistema de turbina vertical que genera energía eólica suficiente para abastecer hasta 20 viviendas y que se puede ubicar, por su tamaño, en espacios urbanos como rotondas o parques.

Jacob Jimenes, Carlos Páez y José Antonio Ruiz, han denominado a su invento **Ethan 100KW** y han creado una empresa para fabricarlo y comercializarlo: *Alesia Quantum*.

Funciona con una turbina vertical pero

de aspecto bastante diferentes de los aerogeneradores de los parques eólicos. Necesita un espacio de instalación de 14 metros de diámetro y 20 de altura y sus paredes son serigrafiables, lo que permite convertirla en una gigante pantalla publicitaria.

El sistema cubre un espacio nuevo de las energías renovables eólicas porque está a medio camino de las dos opciones que existen ahora mismo: grandes parques eólicos o las pequeñas máquinas de autoconsumo. El sistema que han diseñado estos emprendedores españoles es capaz de generar 100kW, suficiente potencia como para alumbrar una gran avenida de una ciudad con luces led o para abastecer una urbanización de 20 viviendas unifamiliares. Además descarga en baja tensión, con lo que suministra energía directamente para la red del consumidor, sin necesidad de transformación. Otras dos ventajas de esta "minieólica" son su sistema de paredes, que tienen una memoria inteligente que calcula la velocidad y dirección del viento y en base a si es fuerte o débil hace rotar las paredes optimizando la generación de energía. Y que ha sido creada para que no emita ruidos por encima de los 50dB, como una máquina de aire acondicionado.

Cada turbina tiene un coste de unos 600.000 euros (la publicidad de sus paneles gigantes podría generar unos 3.000 euros mensuales) y tiene una fácil instalación en una estructura de hormigón. Para empezar a fabricar y comercializar su invento, los tres jóvenes gaditanos están a la búsqueda de un socio inversor adecuado y tienen ya propuestas de Argentina, Arabia Saudí o Alemania.<sup>112</sup>

<sup>112</sup> Fuente: [www.ewind.com](http://www.ewind.com) pero puede encontrarse en muchas publicaciones españolas o en web-sites referidos a las energías renovables de todo el mundo.



La ciudad de Hamburgo, situado a orillas del río Elba, tiene una población de alrededor de 1,8 millones y se enfrenta a numerosos desafíos metropolitanos. A pesar de ser la segunda ciudad más grande de Alemania, combina los enfoques globales, la política de compromiso y la financiación necesaria para resolver estos desafíos. En su conjunto, tiene una estrategia de planificación integrada y participativa y un fuerte compromiso hacia una visión “verde”.<sup>113</sup>

La calidad del aire local es muy bueno y hay objetivos bien definidos, resultados excelentes, planes futuros y seguimiento estructurado con respecto al cambio climático.

Hamburgo encontró respuestas a los desafíos verdes metropolitanos y tenía ideas innovadoras sobre cómo compartir sus experiencia y mejores prácticas como la **Capital Verde Europea de 2011**.

*Increíbles Ahorros Energéticos:* Cabe mencionar que Hamburgo se ha fijado ambiciosos objetivos de protección del clima, tales como la reducción de sus emisiones de CO<sub>2</sub> en un 40% en 2020 y en un 80% en el año 2050. Las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita se han reducido en un 15% en comparación con 1990, con un ahorro energético anual de alrededor de 46.000MWh, un logro importante para una gran ciudad. El Puerto de Hamburgo en el Río Elbe es el segundo más grande de Europa en número de contenedores manipulados. La creciente necesidad de mayor capacidad se cumple mediante el uso más eficiente de la tierra asignada y mediante la generación de nuevas áreas a través del llenado de dársenas móviles.

*Excelente Transporte Público:* La ciudad también ha logrado altos estándares ambientales y buenos niveles de rendimiento en términos de uso de bicicletas y mejora en los indicadores del transporte público. Casi todos los ciudadanos tienen acceso a transporte público óptimo dentro de los 300 metros de su ubicación determinada. Existe también una estructura sistemática de espacios verdes que permiten a los ciudadanos un fácil acceso.

El Tren de las Ideas: La Ciudad de Hamburgo lanzó el “Tren de las Ideas” el 15 de Abril del 2011. Este tren tiene 7 vagones, cada uno con una mirada a un aspecto distinto de la vida en una ciudad verde como movilidad, energía, protección del clima, naturaleza, economía y consumo. Hamburgo se está dirigiendo al más amplio público internacional y presentó sus propias mejores prácticas, así como ejemplos de otras ciudades, desde el punto de vista local como desde la perspectiva global. Los visitantes a esta exhibición móvil podrán ver cómo las ciudades pueden transformarse en sustentables y amigables con el medioambiente donde las personas pueden disfrutar una vida de alta calidad. El tren fue de interés para expertos y visitantes de todas las edades en un gran número de ciudades como Varsovia, Malmö, Copenhagen, Bruselas, Viena, Barcelona y Marsella.

En Marzo de 2012, la prensa española publicaba esta nota:

<sup>113</sup> Traducción del web-site de European Commission.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*



**Eólica** es un edificio que ha sido diseñado para acoger hasta 400 aerogeneradores de eje vertical e instalaciones geotérmicas y solares (térmicas y fotovoltaicas). El rascacielos es un proyecto que han desarrollado conjuntamente la Universitat Politècnica de Valencia, el Instituto Tecnológico de la Energía (dependiente de la Generalitat Valenciana) y el estudio Fran Silvestre Arquitectos.<sup>114</sup>

El Instituto Tecnológico de la Energía

(ITE) ha sido la entidad que ha desarrollado los mini aerogeneradores, que “evitan problemas de ruido y el traspaso de vibraciones al edificio” y que no requieren estar orientados en la dirección del viento (a diferencia de los aerogeneradores de eje horizontal). Según el ITE, esa especificidad da a los técnicos una mayor libertad a la hora de ubicarlos en el edificio. Además, necesitan una menor velocidad de viento para empezar a girar, lo que permite un mejor aprovechamiento de la energía disponible.

En este proyecto, el ITE se ha encargado también de la configuración de las plantas donde se instalan los aerogeneradores, para conseguir los objetivos de bajo nivel sonoro, seguridad para las personas y la fauna y reducción de las interferencias aerodinámicas en su operación para conseguir una elevada eficiencia energética. El proyecto del aerogenerador ha sido realizado con financiación del Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (organismo dependiente de la Generalitat Valenciana) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder).

Por otro lado, la Torre Eólica contará también con una instalación solar. Así, y según la UPV, las zonas rectas verticales se utilizan como soporte de placas fotovoltaicas, a modo de fachada solar. Además, la instalación geotérmica, informa el ITE, se ha desarrollado a partir de la cimentación profunda por pilotes, propia de este tipo de construcciones en altura, que aprovechan la gran diferencia de temperatura entre el exterior del edificio y la cimentación del mismo. El instituto valenciano asegura que el edificio, con un presupuesto de 7 millones de euros, está diseñado para combinar usos públicos y privados.

Según Fran Silvestre, subdirector de la Escuela Superior de Arquitectura de Valencia (ETSA) de la UPV, esta es la primera vez que un edificio se proyecta con el fin de albergar nuevos avances tecnológicos para la aplicación de energías renovables en entornos urbanos aunando las energías fotovoltaica, termoeléctrica, geotérmica y eólica.

<sup>114</sup> Renewable Energy Magazine. Marzo 2012.

## Revolución en Energía Eólica en Japón

Yuji Ohya, un profesor de la Universidad de Kyushu, ha presentado en el marco de la Exposición Internacional de Energías Renovables realizada en Yokohama (Japón), **un nuevo tipo de generador eólico**. El concepto puesto a punto por Ohya se llama **Wind Lens** y consiste básicamente en **una turbina embutida en una estructura con forma de aro** que hace



las veces lente capaz de intensificar el flujo del viento que incide sobre ella. Según sus creadores, este dispositivo será capaz de **triplicar la energía obtenida con respecto a los generadores eólicos tradicionales**. Si los cálculos efectuados son correctos, Japón podría reemplazar algunos de sus reactores nucleares con granjas eólicas basadas en estas turbinas. Japón fue duramente golpeada por las olas del tsunami originado por el terremoto que sacudió sus costas a principios de 2011. Ese desastre natural ocasionó graves daños en la infraestructura del país y en sus centrales nucleares, sobre todo en la de Fukushima, que está emplazada sobre la costa marina. Este problema ha puesto la mirada de los contribuyentes sobre los peligros que encierra la generación de energía a partir de materiales tan peligrosos como el uranio, y se ha comenzado a hablar seriamente sobre la posibilidad de reemplazar paulatinamente ese tipo de central por otras fuentes menos problemáticas.

Básicamente se trata de nuevo tipo de generador eólico que consta de una turbina con **aspas de más de 100 metros de diámetro** embutida en una estructura con forma de aro. Este aro hace las veces de lente, intensificando el flujo del viento que incide sobre el generador y **multiplicando por tres la cantidad de energía eléctrica** que puede generar respecto de un generador eólico tradicional.

Si bien una turbina Wind Lens no puede competir con la potencia que genera una central nuclear, **una granja repleta de ellas podría reemplazar tranquilamente a un peligroso reactor nuclear**. Ohya ha pensado en todo: prevé instalar estas enormes turbinas sobre una base exagonal flotante, acoplar decenas de estas estructuras entre si, y **remolcarlas mar adentro**. Ese enfoque elimina de un plumazo las críticas de quienes sostienen que las granjas eólicas son ruidosas o afean el paisaje. Uno o dos kilómetros mar adentro quedan fuera de la vista, y el poco ruido que puedan generar no se escucharía desde la costa. Por ahora no es más que un concepto, y su creador aún no ha decidido su comercialización. En este momento, la energía eólica representa aproximadamente el 2 por ciento del total mundial, con unos 159,2 GW generados. La comercialización de un generador como este podría elevar ese porcentaje, produciendo electricidad de una forma segura a partir de una fuente renovable y con un costo más bajo que la producida por los sistemas tradicionales.<sup>115</sup>

<sup>115</sup> ABC.es Ciencia. Septiembre de 2011.

## **Brasil 2014, el Mundial de Fútbol más ecológico**

Brasil quiere organizar el Mundial de Fútbol más ecológico de la historia. Se están construyendo doce nuevos estadios para el evento. A pocos kilómetros de la capital, Ian McKee y Vicente Mello se concentran en construir, en doscientos días, el primer estadio del mundo que obtenga el **certificado LEED Platinum**, la calificación más alta en construcción sostenible.

El Estadio Nacional de Brasilia tendrá **más de 50.000 metros cuadrados de paneles solares**, la instalación de energía solar más grande del país. El sistema generará energía suficiente para ofrecer **electricidad a mil hogares**. La construcción ha sido precedida por un intensivo **análisis bioclimático**. Se maximizará la **ventilación** y la **sombra natural**. Además, el tejado del estadio, cubierto con una membrana fotocatalizadora, **neutralizará la contaminación del aire**.

El nuevo estadio reutilizará todos los materiales del viejo. También se utilizará **iluminación LED**. Así mismo, el sistema estará automatizado, por lo que podrá apagarse mientras no se utilice, lo que ahorrará unos 4 millones de dólares cada año.

Alrededor del Estadio Nacional, más de **760 kilómetros cuadrados de zonas verdes** que incluirán humedales, fauna autóctona y un amplio **aparcamiento para bicicletas**. Queda por resolver las emisiones de los desplazamientos de los participantes y espectadores, ya que la mayoría de los hoteles de Brasilia están en un radio de más de tres kilómetros.

El estadio va a cumplir con los criterios que dicta la FIFA, al mismo tiempo que servirá para albergar otros eventos y obtendrá la calificación en construcción sostenible mejor considerada y más difícil de obtener del mundo, la LEED Platinum. La calificación LEED sólo puede obtenerse una vez finalizada la construcción.

De los doce estadios que se están construyendo, once pretenden conseguir la calificación LEED. El único que no aspira a ello es el de Sao Paulo, elegido para empezar los juegos. McKee ha señalado que la mayor parte de la gente que está trabajando en la iniciativa nunca antes había desarrollado un proyecto LEED, por lo que el proyecto, al menos, **sirve como impulsor de un cambio muy necesario**.

La construcción han tenido algún retraso por presupuestos agotados, desahucios ilegales y edificios colapsados. Ojalá que las circunstancias no impidan que se construyan esos once estadios verdes.<sup>116</sup>

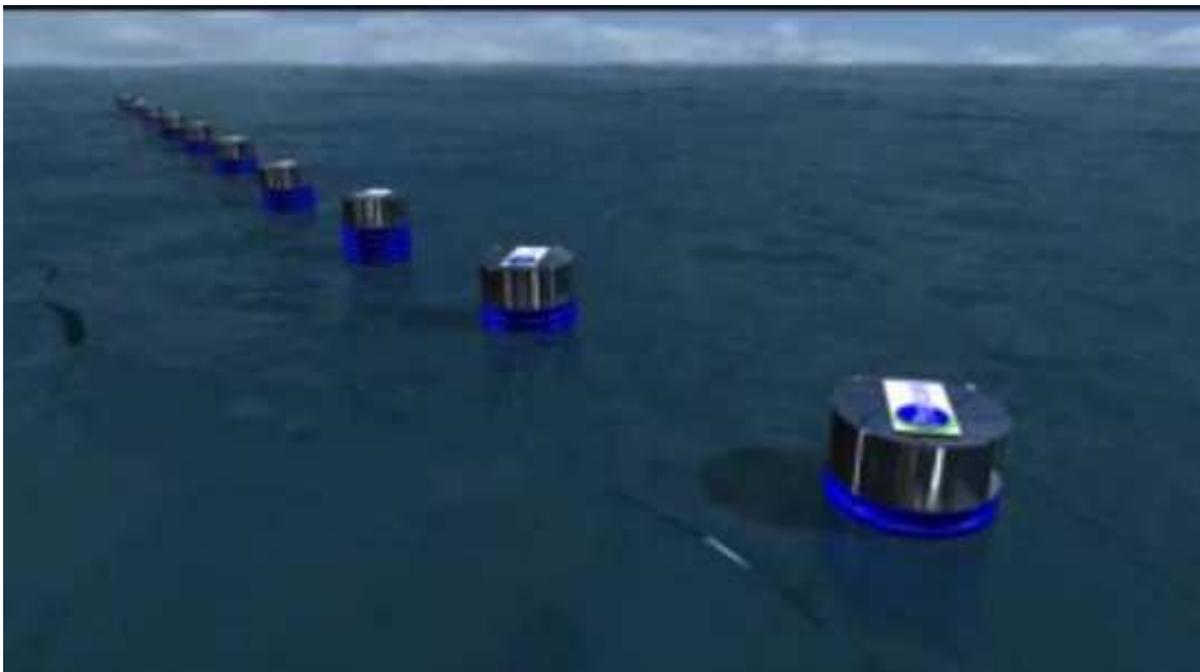


<sup>116</sup> Ecología Verde. Abril del 2012.

## PROTOTIPO AUSTRALIANO DE ENERGÍA EÓLICA Y MAREOMOTRIZ

Protean Energy Limited es una compañía australiana pública que no cotizan en bolsa, dedicada al desarrollo y comercialización de tecnologías energéticas de bajo costo, limpia y fiable renovables. Protean proporciona una solución a la llamada en todo el mundo para la energía verde accesible a través de su revolucionario patentado (pendiente) Protean la tecnología de energía de las olas - un sistema modular que tiene en su núcleo un convertidor de energía de las olas con la capacidad de integrar módulos adicionales, tales como la energía eólica y desalinización. Protean Energía sabe que las olas tienen el potencial para proporcionar una energía asequible, ilimitada y verde.<sup>117</sup>

La tecnología Protean se conceptualiza mejor como una plataforma de extracción de energía de mar altamente adaptable y configurable. Esta plataforma genérica puede ser fácilmente configurada para permitir la integración con cualquier número de tecnologías complementarias. Como ejemplo de la Energía Protean Plataforma de Conversión (PAC) puede ser mejorada mediante la integración de módulos opcionales para extraer energía del viento, las olas y la energía solar. Además del ECP Protean puede estar equipado con un sistema de almacenamiento de energía opcional para controlar mejor la consistencia de la energía producida.



---

<sup>117</sup> Sitio Oficial de Protean Energy. Australia. 2012

## UNA CIUDAD EJEMPLO PARA EL MUNDO: MALMÖ, SUECIA

Mientras científicos e ingenieros buscan energizar al mundo sin combustibles fósiles algo está claro: ninguna tecnología lo logrará por sí sola. Eso es lo que está demostrando una pequeña ciudad de Suecia: Malmö, donde transformaron el viejo puerto de la ciudad en un barrio de energías verdes.

Pero la generación de energía renovable no es el único foco. El gobierno desarrolló una nueva universidad y la infraestructura de transporte público necesaria para no necesitar vehículos particulares, salvo bicicletas. Cada ciudadano está consciente de su obligación de generar tanta energía como consume (o más).

El objetivo principal era proporcionar un nuevo distrito urbano con 1.000 viviendas en el puerto occidental de Malmö, Suecia, con un 100% de producción local de energía renovable. El sistema se basa en un balance de energía anual con el uso de las favorables condiciones locales y la infraestructura existente.

Los inversionistas principales son la empresa de energía Sydkraft AB, junto con la ciudad de Malmö, y varios desarrolladores. La Comisión Europea y el Gobierno de Suecia han contribuido al proyecto. El sistema de energía ha estado en uso desde 2001, y la parte principal de la zona se construye. Una extensa investigación y evaluación del programa se llevó a cabo durante el año 2004.

En el proyecto de Sure / Reseco se centra la atención en el uso de energía y la generación en el área de la ciudad. El distrito Bo01 se había previsto inicialmente para un área de viviendas de 85.000 m<sup>2</sup>. En la primera fase, terminada en el año 2001, aproximadamente 50.000 m<sup>2</sup> de área de vivienda se construyen. El sistema de energía igual está diseñado para 85.000 m<sup>2</sup>.

La generación de energía se equilibra con el uso de energía y las cifras estimadas indican que el área se suministra con energía 100% de fuentes renovables a nivel local. La cantidad de uso de la energía final depende en gran medida del comportamiento de los inquilinos. Muchas de las casas se preparan para la medición individual en el consumo de electricidad, calor y agua. IT-Solutions se utiliza para presentar los datos de los inquilinos.

La generación de energía se basa en 120 m<sup>2</sup>, 1 VP 400 colectores solares m<sup>2</sup>, un molino de energía eólica con una potencia máxima de 2 MW, los acuíferos y una bomba de calor con COP de 3,15 y el biogás producido a partir de 1 000 hogares. El biogás se produce en una planta de las afueras de Malmö. El biogás se utilizará en la red de gas natural existente o para el combustible de coches.<sup>118</sup>



<sup>118</sup> Website oficial de la Comisión Europea

## NUEVAS TECNOLOGÍAS

Actualmente hay desarrollos de celdas solares que utilizan materias primas con base de plástico y carbono que remplazarían las tecnologías actuales de un modo mucho más económico y rápidamente recuperable con el ahorro de la energía. Con estas nuevas investigaciones, en Santa Bárbara se creó una especie de tinta solar que permite ser rociada en casi cualquier superficie y en capas, donde cada capa responde a una longitud de onda diferente de la luz. Con esta solución las celdas solares pueden imprimirse como diarios en una imprenta y permiten recoger luz muy débil incluso de lámparas comunes sobre cualquier superficie, como ventanas, tejas, telas, etc.<sup>119</sup>



---

<sup>119</sup> Sitio oficial de KONARKA, USA

## NUEVAS TECNOLOGÍAS II

### *PHILIPS PRESENTA MASTER LED, EL REMPLAZO DE LAS LAMPARAS TRADICIONALES*

*La compañía propone una alternativa eficiente que produce la misma cantidad de luz que una lámpara incandescente de 60 watts con solo 12 watts de potencia.*

Con el cambio de legislación argentina y el progresivo retiro de las lámparas incandescentes, las soluciones de iluminación LED tendrán un mayor papel protagonista, ya que son una alternativa en el mercado como fuente eficiente de luz, tanto para el sector empresarial (comercios, shopping, hoteles, restaurants) y, por supuesto, para uso doméstico.

En este sentido, lanza Master LEDbulb: el primer reemplazo de las lámparas tradicionales de 60 watts. Esta lámpara LED utiliza 12 watts y su apariencia es muy similar a las lámparas comunes tanto en tamaño como en forma; sin embargo, emplea 80% menos energía y dura 25 veces más: hasta 25 000 horas.

Este producto marca un avance importante en el uso de la tecnología LED de iluminación en aplicaciones cotidianas. Ahora los consumidores tendrán una alternativa LED para el reemplazo de las lámparas incandescentes con un significativo porcentaje de ahorro de energía.

Esta nueva tecnología de Philips, que cuenta también con un diseño innovador, brinda la misma luz con una forma que les resulta familiar a los consumidores, ofreciendo ahorro de energía (aún más que las lámparas de bajo consumo) y bajo costo de mantenimiento.

#### **Reconocimiento Internacional**

Este avance de Philips fue reconocido por la competencia Bright Tomorrow Lighting Prize o L Prize, promovida por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, como ganadora en la categoría de Lámparas LED.

Esta es la primera competencia de tecnología auspiciada por el gobierno, diseñada para alentar y desafiar a la industria a desarrollar alternativas de iluminación ultra eficientes que reemplacen las lámparas tradicionales.<sup>120</sup>



---

<sup>120</sup> Web site de Mercado Argentino: [www.mercado-argentino.com.ar](http://www.mercado-argentino.com.ar)

## **CONCLUSIÓN:**

El mayor consumo de energía en nuestro país se encuentra en los grandes centros urbanos, acentuándose a mayor densidad poblacional o por la instalación de centros industriales, como es el caso del corredor Buenos Aires, Rosario, Córdoba. La generación eléctrica en la Argentina, se encuentra bastante alejada del consumo y el transporte de esta energía, no sólo es costoso por la instalación requerida y su mantenimiento, sino también por las pérdidas que se generan en dicho transporte. Necesitamos acercar la generación al consumo. Una solución viable son las energías renovables.

El principal problema con la tecnología actual es su alto costo inicial, ya que el tiempo para recuperar la inversión es muy largo (puede llegar a los 10 años, según la tecnología utilizada).

Está claro que hay mucha disponibilidad de energía eólica y solar en la mayoría de las ciudades del mundo y también en nuestro país. Pero las celdas fotovoltaicas son muy costosas y poco adaptables a la arquitectura urbana. Y la energía eólica urbana depende de molinos de viento adaptados a los pequeños espacios disponibles en las ciudades y a los movimientos erráticos y turbulentos de los recorridos del viento.

Ya mencionamos la existencia de nuevos desarrollos tecnológicos que implementan la absorción de la energía solar en casi cualquier superficie, como ventanas, tejas, indumentaria, entre otros. Además, los molinos helicoidales verticales y horizontales podrían acomodarse perfectamente en las nuevas construcciones de edificios en las grandes ciudades de nuestro país. Estos molinos aprovechan mejor las turbulencias y son mucho más silenciosos ya que generan menor velocidad y por lo tanto, menores vibraciones. Hay ejemplos de esta aplicación en el edificio Mercy Lakefront<sup>121</sup> en Chicago, IL, con 8 turbinas urbanas instaladas en sus techos y un diseño especial en la estructura del techo que canaliza el viento; además otros edificios de esa ciudad de los Estados Unidos se animaron a aprovechar los fuertes vientos que la recorren, como la sede de Pepsico y las oficinas centrales Sloan Valve Company.<sup>122</sup>

Son las grandes empresas las que deben dar el primer paso? En nuestro país, en el último mes, la empresa Arcor (una de las multinacionales argentinas más conocidas a nivel mundial) decidió cambiar gradualmente la iluminación de todas sus plantas por tubos led. Lo mismo decidió Panamerican Energy para su planta de Comodoro Rivadavia a principios de 2012. El factor que disparó esta decisión no fue sólo el ahorro energético, sino también el ahorro en mano de obra por la larga duración de estos tubos respecto de los tubos tradicionales de fósforo. La compañía McDonalds, instaló paneles solares y hasta una turbina eólica en su local del centro comercial de Pilar.

---

<sup>121</sup> Sitio oficial de Greenbean Chicago. Febrero 2010.

<sup>122</sup> Sitio oficial de Sloan Valve Company en Chicago.

Estas empresas cuentan fundamentalmente con valores muy ligados a la responsabilidad social empresaria, pero principalmente, decididas a liderar un cambio.

Si bien hay varios proyectos verdes en nuestro país, algunos en funcionamiento y otros tantos planificados para ejecución en el mediano plazo, aún no contamos con propuestas de nuevas construcciones urbanas que contemplen las energías renovables.

Esto probablemente se deba a que la población argentina en general no está al tanto de los beneficios de estas tecnologías y de la necesidad de diversificar la matriz energética de nuestro país. Aunque sí están al tanto del incremento de los costos de generación, ya que en los últimos tiempos está afectando directamente su bolsillo.

Si bien es cada vez más habitual leer noticias en diarios y revistas comunes sobre energías verdes, proyectos que incorporan generación limpia, recupero de residuos líquidos y secos, ahorro de energía, iluminación led, etc.; aún no es una preocupación para el argentino medio y todavía no es conversación en las familias de clase media de nuestro país.

Tampoco se considera la iluminación led como una inversión hogareña, a pesar del ahorro y larga duración de estos artefactos (costo de \$ 250 una lámpara led con una duración mínima de 25.000 horas, vs los \$ 15 de una lámpara halógena con una duración máxima de 8.000 horas – sin mencionar el consumo).

Mucho menos nos ponemos a pensar en equipar nuestros hogares con un sistema de generación de energía totalmente autónomo e independiente de la red energética. No sólo por el costo de la inversión inicial, sino porque todavía, el costo de la energía en nuestro país, y a pesar de la supuesta quita de subsidios, sigue siendo mucho más económico que en Uruguay, Brasil y Chile.

Las organizaciones no gubernamentales contribuyen al desarrollo del conocimiento y la difusión de la problemática del Cambio Climático en la Argentina. Pero sus actividades y modos de acción son muy diferentes según sus intereses políticos. Las ONG's con objetivos académicos contribuyeron significativamente al desarrollo del conocimiento y han participado sustancialmente en el estudio de factibilidad de muchos de los proyectos que hoy están en funcionamiento. Otras ONG's trabajan para concientizar a la población y presionan a los gobiernos para aprobar leyes que nos acompañen en la conservación del clima, los glaciares, los bosques y los espejos de agua.

Además, la Argentina firmó acuerdos de cooperación con Austria, Canadá, Dinamarca, España, Francia, Italia, Países Bajos y Portugal. Todos países con importantes proyectos de energías verdes, innovadores desarrollos de equipamiento para implementación sencilla y, sobre todo, legislaciones que acompañan a la implementación de estas energías dentro de las matrices de cada

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

país. Los países en desarrollo tienen la falta de capital para financiar sus inversiones en tecnología y nuestro país presenta, desde ya unos años, una falta muy grave de inversión extranjera directa (IED), no sólo para este tipo de proyectos, sino a nivel infraestructura, industria, tecnología y hasta educación. Nos faltan los mecanismo de financiamiento y apoyo tecnológico para conseguir un cambio en los sistemas de producción de energía, tendientes al remplazo del uso de tecnologías de bajo uso de capital y alta emisión de gases de efecto invernadero por tecnologías con mayor uso de capital y menores emisiones.

Hay ejemplos claros de gobiernos provinciales apoyando y subvencionando proyectos de energías limpias, como la Provincia de San Juan y su proyecto solar San Juan I. En el caso de esta provincia, si bien no es de las más ricas de nuestro país, el negocio minero ayuda solventar las inversiones iniciales en energía solar y eólica. Algunas provincias más pobres, como Catamarca, La Rioja, Chaco, entre otras, podrían aprovechar estas energías para transformarse en provincias generadoras. Será posible contagiar al resto de las provincias de nuestro país, el entusiasmo y protagonismo con el que la provincia de San Juan llevó adelante este proyecto renovable? Será posible concientizar al gobierno nacional para fomentar seriamente un proyecto de energías renovables a nivel federal e incluir estas energías en la matriz energética para no depender tanto de los hidrocarburos?

Tenemos técnicos y profesionales capacitados en las distintas tecnologías y en su implementación. Contamos con cursos básicos de armado e instalación hasta maestrías de energías renovables como las que ofrecen la Universidad Nacional de Cuyo, la Universidad de Buenos Aires o la Universidad Tecnológica Nacional, entre otras, con el mismo nivel académico que las mejores universidades de España.

Nuestro país tiene excelentes recursos renovables, excelente capital humano preparado para enfrentar el desafío, un gran déficit de energía a cubrir y la necesidad urgente de diversificar la matriz energética nacional.

Necesitamos que nuestros gobernantes tengan visión de largo plazo y consigan la cooperación del sector privado, público y académico para llevar adelante este desafío.

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

## APÉNDICE

Compañía	Turbina de Vapor	Turbina a Gas	Ciclo Combinado	Motor Diesel	Total Generación Térmica	Total Generación Nuclear	Total Generación Hidroeléctrica	Total	%
(todos los valores en MW, excepto porcentajes)									
Costanera	1.131		1.173		2.304			2.304	8,2%
Yacretá							2.280	2.280	8,1%
C.Puerto	979		798		1.777			1.777	6,3%
EPEC	200	627		3	830		918	1.748	6,2%
P.D.Águila							1.400	1.400	5,0%
H.Chocón							1.380	1.380	4,9%
Alicurá							1.050	1.050	3,7%
S.Grande							945	945	3,4%
Dock Sud		72	798		870			870	3,1%
C.T.Belgrano			848		848			848	3,0%
C.T.Timbúes			848		848			848	3,0%
AES Paraná			845		845			845	3,0%
GENELBA		165	674		839			839	3,0%
PP.Energy			828		828			828	2,9%
S.Nicolás	650	25			675			675	2,4%
A.Cajón			661		661			661	2,3%
C.N.Embalse						648		648	2,3%
P.Buena (*)	620				620			620	2,2%
C.T.Mendoza	120	14	374		508			508	1,8%
H Futaleufú							472	472	1,7%
H.Colorado							472	472	1,7%
C.Costa Atlántica	260	170			430			430	1,5%
C.T.Salta		411			411			411	1,5%
HIDISA (*)							388	388	1,4%
ENARSA		191		369	560			560	2,0%
L.De la Lata (**)		375			375			375	1,3%
Güemes (*) <sup>2</sup>	261	100			361			361	1,3%
C.N.Atucha						357		357	1,3%
P.P.Leufú							285	285	1,0%
M.Maranzana		180	68		248			248	0,9%
Pluspetrol		232			232			232	0,8%
HINISA (*) <sup>3</sup>							224	224	0,8%
Sorrento	217				217			217	0,8%
Ssiderca		163			163			163	0,6%
C.T.PAT		160			160			160	0,6%
C.T.NOA		112		4	116			116	0,4%
Potrerrillos							146	146	0,5%
C.T.Patagonia			125		125			125	0,4%
CMS Ensenada		128			128			128	0,5%
C.T.G.Roca		124			124			124	0,4%
C.Corral							101	101	0,4%
Los Caracoles							121	121	0,4%
Otros	0	274	143	104	521	0	332	853	3,0%
<b>Total</b>	<b>4.438</b>	<b>3.523</b>	<b>8.183</b>	<b>480</b>	<b>16.624</b>	<b>1.005</b>	<b>10.514</b>	<b>28.143</b>	<b>100,0%</b>

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

1	[r]evolución energética. Un futuro energético sustentable para la Argentina. Trabajo presentado por Greenpeace Argentina.
2	AAGEERA – Argentina Association of Electric Power Generation Companies - en.ageera.ferengi.com.ar
3	ABC.es Ciencia. Septiembre de 2011.
4	Anuncio Presidencial de la Suspensión del Pago de la Deuda Externa (2001) - <a href="http://www.youtube.com/watch?v=-">http://www.youtube.com/watch?v=-</a>
5	Apuntes UTN. Ingeniería Industrial. (2003)
6	Argentina Energy Profile (2009) - <a href="http://archive.wn.com/2009/12/29/1400/argentinaenergy/">archive.wn.com/2009/12/29/1400/argentinaenergy/</a>
7	Argentina Energy Profile (2009)- <a href="http://tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=AR">tonto.eia.doe.gov/country/country_energy_data.cfm?fips=AR</a>
8	Arquimaster (2010) <a href="http://www.arquimaster.com.ar/notas/nota_instalacion_solar_termica.htm">http://www.arquimaster.com.ar/notas/nota_instalacion_solar_termica.htm</a>
9	Asociación Argentina de Energía Eólica - <a href="http://www.argentinaeolica.org.ar">www.argentinaeolica.org.ar</a>
10	Asociación Argentina de Energía Eólica. 2010
11	Asociación Argentina de Energía Eólica. Ing. Enrico Spinadel. 2009
12	Asociación Argentina de Energías Renovables (2011) - <a href="http://www.asades.org.ar/">www.asades.org.ar/</a>
13	Cámara Argentina de Energías Renovables (2010) - <a href="http://www.argentinarenovables.org/">www.argentinarenovables.org/</a>
14	Cambio climático – Cambio de Matriz Energética - Dr. Aldo Regali
15	Centro Argentino de Energías Alternativas (2009)- <a href="http://www.energias.org.ar/">www.energias.org.ar/</a>
16	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas - GOBIERNO DE ESPAÑA (2010)- <a href="http://www.ciemat.es/">www.ciemat.es/</a>
17	Ciudad de MALMÖ, Suecia - Ciudad Sustentable (2007) - <a href="http://www.malmo.se/sustainability">http://www.malmo.se/sustainability</a>
18	Comisión Nacional de Energía Atómica. 2011
19	Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (2009)- <a href="http://www.cammesa.com.ar">www.cammesa.com.ar</a>
20	Comportamientos microeconómicos en entornos de alta incertidumbre: la industria Argentina, de B. Kosacoff y Adrián Ramos
21	Construcción de un generador eólico casero (2009)- <a href="http://www.youtube.com/watch?v=cgdhTouEPjk&amp;feature=related">http://www.youtube.com/watch?v=cgdhTouEPjk&amp;feature=related</a>
22	Coordinación de Energías Renovables. Dirección Nacional de Promoción. Subsecretaría de Energía Eléctrica. 2008.
23	Crisis Energética: Diagnóstico y Tratamiento, Liotti - Diario La Nación (2010) -
24	Decreto 1570/2001 - Entidades Financieras (2001) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/70355/norma.htm">www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/70355/norma.htm</a>
25	Decreto 1678/2001 - Estado de Sitio (2001) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/95000-99999/98084/norma.htm">www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/95000-99999/98084/norma.htm</a>
26	Diario de Cuyo. 2011
27	Ecología Verde. Abril del 2012.
28	Ecología Verde. Mayo del 2010.
29	El Cambio Climático - Dr. Aldo Regali, Presidente del Comité Legal, 10 de junio de 2008
30	El Potencial de las Energías Renovables en la Argentina - Mauro Soares, Tecpetrol
31	Energía Argentina S.A. - ENARSA (2010) - <a href="http://www.enarsa.com.ar/">http://www.enarsa.com.ar/</a>
32	Energía Eólica - Programa de Desarrollo 2005-2007 – 300 MW – C.A.D.G.E. Cámara Argentina de Generadores Eólicos –
33	Energía Solar, Energía Solar, Vinogradsky (2009). INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL - <a href="http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc15/inti4.php">www.inti.gov.ar/sabercomo/sc15/inti4.php</a>
34	ENERGÍAS RENOVABLES DE MUNICH (2009)- <a href="http://www.wip-munich.de/">www.wip-munich.de/</a>
35	Energías Renovables. Diagnóstico, Barreras y Propuestas. Junio 2009. Secretaría de Energía.
36	Energías Renovables. Pepa Mosquera. IBERDROLA.(2008)
37	Eolic Energy in Argentina (2009)- <a href="http://www.argentina.ar/en/science-and-education/C1200-eolic-energy-in-argentina.php">www.argentina.ar/en/science-and-education/C1200-eolic-energy-in-argentina.php</a>
38	Ecosistema Urbano (2010) <a href="http://ecosistemaurbano.org/tag/barcelona/">http://ecosistemaurbano.org/tag/barcelona/</a>
39	Estado de la Industria Eólica en Argentina 2009 - Comité Eólico, CADER, Mayo 2009
40	Estrucplan. Impacto Ambiental. (2010)
41	Farming Argentina It is Winds Turn 2009 - Mauro G. Soares, Energy Division (Tecpetrol), Techint Group, O. Humberto Fernández, Energy Division (Teggas), Techint Group
42	First Hydro International Symposium on Solar Energy (2010)
43	FOVISEE. Fondo de Vivienda Social y Eficiencia Energética. <a href="http://www.fovisee.com/">http://www.fovisee.com/</a>
44	FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO ELÉCTRICO (2009)- <a href="http://www.fundelec.org.ar/index.html">www.fundelec.org.ar/index.html</a>
45	FUNDACION PARA EL DESARROLLO ELECTRICO (2010) - <a href="http://www.fundelec.org.ar/index.html">www.fundelec.org.ar/index.html</a>
46	GENI – Global Energy Network Institute - (2010) <a href="http://www.geni.org">www.geni.org</a>
47	Gobierno de Corrientes. 2011
48	GREENPEACE INTERNATIONAL (2010)- <a href="http://www.greenpeace.org/international/">www.greenpeace.org/international/</a>
49	IEA – International Energy Agency - (2009) <a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a>
50	Informe del Instituto Argentino para el Desarrollo Económico - IADE - (2010)

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

51	Informe sobre Precios de la Energía. Montamat y Asociados (2009) <a href="http://www.montamat.com.ar/informe.pdf">http://www.montamat.com.ar/informe.pdf</a>
52	INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO Y GAS - Sede Houston (2009) - <a href="http://www.iapghouston.org/mas-cargo">http://www.iapghouston.org/mas-cargo</a>
53	<a href="http://www.iapghouston.org/mas-cargo">mas-cargo</a>
54	La Nación. Edición On-line. 3 de Enero de 2012. <a href="http://www.lanacion.com.ar/1437349-rige-la-quita-de-los-subsidios-a-los-">http://www.lanacion.com.ar/1437349-rige-la-quita-de-los-subsidios-a-los-</a>
55	Ley 17.319 - Ley de Hidrocarburos (1967) - <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/16078/norma.htm">www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/16078/norma.htm</a>
56	Ley 23.928 - Convertibilidad del Austral (1991) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/328/norma.htm">www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/328/norma.htm</a>
57	Ley 24.065 - Régimen de Energía Eléctrica (1991) - <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/464/norma.htm">www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/464/norma.htm</a>
58	Ley 24.076 Gas Natural (1992) - <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/475/norma.htm">www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/475/norma.htm</a>
59	Ley 25.561 - Emergencia Pública y Reforma del Régimen Cambiario (2002) - <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/71477/norma.htm">http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/71477/norma.htm</a>
60	Ley 4439 / 2008. Energías Limpias en Misiones. Cámara de Representantes de la Provincia de Misiones. <a href="http://www.energialimpiasmisiones.com/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=6&amp;Itemid=21">http://www.energialimpiasmisiones.com/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=6&amp;Itemid=21</a>
61	Manuales sobre Energías Renovables. Biomasa. FOCER. (2010)
62	Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2011) <a href="http://www.minplan.gov.ar/subsidios/">www.minplan.gov.ar/subsidios/</a>
63	Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Discurso de los Ministros Bodou y De Vido. 2011.
64	Nota: Desplazamiento del número uno de Metrogas (2007) <a href="http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=923490">http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=923490</a>
65	Nota: El efecto aire acondicionado llevó la demanda a niveles récord. Algo en Común (2010) <a href="http://algoencomunweb.blogspot.com/2010/01/el-efecto-aire-acondicionado-llevo-la.html">http://algoencomunweb.blogspot.com/2010/01/el-efecto-aire-acondicionado-llevo-la.html</a>
66	Nota: Incendio en la estación transformadora de EDENOR en General Rodríguez que dejó a más de un millón de usuarios sin servicio (2007) <a href="http://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-85151-2007-05-18.html">http://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-85151-2007-05-18.html</a>
67	Nota: Intervención del Secretario de Comercio Interior en el sector eléctrico (2008)
68	Nota: Problemas en Atucha y Central Puerto restringen la oferta eléctrica (2006)
69	Nota: Rotura de un transformador en Paso de la Patria (2010) <a href="http://www.eldiarioonline.com/notix/noticia/05318_inversion_millonaria_para_reparar_el_transformador_de_paso_de_la_patria_-">http://www.eldiarioonline.com/notix/noticia/05318_inversion_millonaria_para_reparar_el_transformador_de_paso_de_la_patria_-</a>
70	Notas propias tomadas en la Jornada BIEL Light + Building Noviembre de 2011. Presentación del Ing. Nicolás Paredes y el Ing. Federico Torres de la Distribuidora Eléctrica de Cauce S.A. – División Solar – Gobierno de San Juan
71	Noticias de Energía. Marzo 2011. Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios.
72	OPEX Energy. España. (2010)
73	Organismo Regulador de Seguridad de Presas. 2010
74	Página 22, Libro Regulación e inversiones en el sector eléctrico argentino, Carlos Adrián Romero, Serie Reforma Económicas,
75	Pampa Energía (2010)
76	PORTAL ENERGIAS LIMPIAS (2010)- <a href="http://energiaslimpias.org">energiaslimpias.org</a>
77	Power Plants Around The World (2009)- <a href="http://www.industcards.com/hydro-argentina.htm">www.industcards.com/hydro-argentina.htm</a>
78	Power Technology - <a href="http://www.power-technology.com">www.power-technology.com</a>
79	Prensa Energética. 2011
80	Presentación Carlos St. James "EL POTENCIAL DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN ARGENTINA: CRECIMIENTO INEVITABLE" - Foro Anual del Mercado del Gas Natural y Eléctrico, Buenos Aires 16 y 17 de septiembre
81	Presentación Comité Legal (Aldo Regali y Federico Amadeo) "Marco Regulatorio aplicable a Proyectos de Energías Renovables en Argentina" - Foro Anual del Mercado del Gas Natural y Eléctrico, Buenos Aires 16 y 17 de septiembre de 2009
82	Presentación Mauro Soares "COSECHANDO EL VIENTO EN ARGENTINA. YA ES HORA" - Foro Anual del Mercado del Gas Natural y Eléctrico, Buenos Aires 16 y 17 de septiembre de 2009
83	Programa de cortes elaborado por la distribuidora cordobesa EPEC por rotura de transformador en Las Armas, Córdoba, (2010) <a href="http://www.lv3.com.ar/admin/playerswf/pdfs/ARCHI_69252.pdf">http://www.lv3.com.ar/admin/playerswf/pdfs/ARCHI_69252.pdf</a>
84	PROYECTO EJECUTIVO: CALEFACCIONAMIENTO POR ENERGIA SOLAR HOSPITAL MUNICIPAL DE COSQUIN "DR. ARMANDO CIMA"
85	REGIMEN NACIONAL DE ENERGIA EOLICA Y SOLAR - Ley 25.019
86	Renewable Energy Blog - <a href="http://erenovable.com">erenovable.com</a>
87	Renewable Energy Magazine. Marzo 2012.
88	Resolución 38/2002 Servicios Públicos (2002) - <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-">http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-</a>
89	Resolución 415/2004 - Programa de Uso Racional de la Energía - Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios – Secretaría de Energía. (2004) <a href="http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/90000-94999/94573/norma.htm">http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/90000-94999/94573/norma.htm</a>
90	Resolución MPFIPyS 459/2007 - Programa Energía Total (2007) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/130000-">http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/130000-</a>
91	Resolución SE 1281/2006 - Energía Eléctrica (2006) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/115000-">http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/115000-</a>
92	Resolución SE 1312/2008 - Petróleo Plus y Refinación Plus (2008) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/145000-">http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/145000-</a>
93	Resolución SE 24/2008 - Gas Natural (2008) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-">http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-</a>
94	Resolución SE 752/2005 - Gas Natural (2005) <a href="http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/105000-">http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/105000-</a>
95	Resolución SE 771/2005 - Fondo para Inversiones en Energía (2005) <a href="http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/5c729b1084c03a8703256f410044adef/a2d15166ccba4f3003257014004249af?Open">http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/5c729b1084c03a8703256f410044adef/a2d15166ccba4f3003257014004249af?Open</a>
96	REVISTA GESTIÓN - <a href="http://www.gestion.com.ar">http://www.gestion.com.ar</a>
97	Revista La Carolina. Artículo sobre las empresas Solel de Israel y Valoriza Energía de España. 2008
98	Revolución Energética - Greenpeace Argentina (2011) - <a href="http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report2011/cambio_climatico/revolution-energetica-2011-baja.pdf">www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report2011/cambio_climatico/revolution-energetica-2011-baja.pdf</a>
99	Secretaría de Energía – Energías Renovables 2008 – Energía Solar

*Tesis: Energías Renovables en Argentina  
MBA Universidad Torcuato Di Tella*

100	Secretaría de Energía - MINISTERIO DE ECONOMÍA (2011) - <a href="http://energia3.mecon.gov.ar/home/">http://energia3.mecon.gov.ar/home/</a>
101	Secretaría de Industria y Minería de la Nación Argentina. 2011
102	Segemar – Servicio Geológico Minero Argentino. 2009
103	Sitio oficial de Greenbean Chicago. Febrero 2010.
104	Sitio oficial de KONARKA, USA. 2011
105	Sitio Oficial de Protean Energy. Australia. 2012
106	Sitio oficial de Sloan Valve Company en Chicago. 2010
107	SOLUCIONES ENERGÉTICAS S.A. (2009) - <a href="http://www.solener.com/">www.solener.com/</a>
108	The Cost of Transmission for Wind Energy: A Review of Transmission Planning Studies - Andrew Mills, Ryan Wisser, and Kevin
109	The Cost of Transmission for Wind Energy: A Review of Transmission Planning Studies - Ernest Orlando Lawrence - BERKELEY NATIONAL LABORATORY
110	The Encyclopedia of Earth - <a href="http://www.eoearth.org">www.eoearth.org</a>
111	Trabajo propio presentado en la materia Estrategias Competitivas en la Argentina, durante la cursada durante el año 2010 del MBA de UTDT con el profesor Kosakof.
112	2009 Conference en Chicago.
113	VI Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. Neuquen. Noviembre 2010.
114	Web site de Mercado Argentino. 2011 <a href="http://www.mercado-argentino.com.ar">www.mercado-argentino.com.ar</a>
115	Website oficial de la Comisión Europea
116	Website oficial de Salto Grande. 2012
117	Wind Project Financing Structures: A Review & Comparative Analysis - Ernest Orlando Lawrence - BERKELEY NATIONAL