



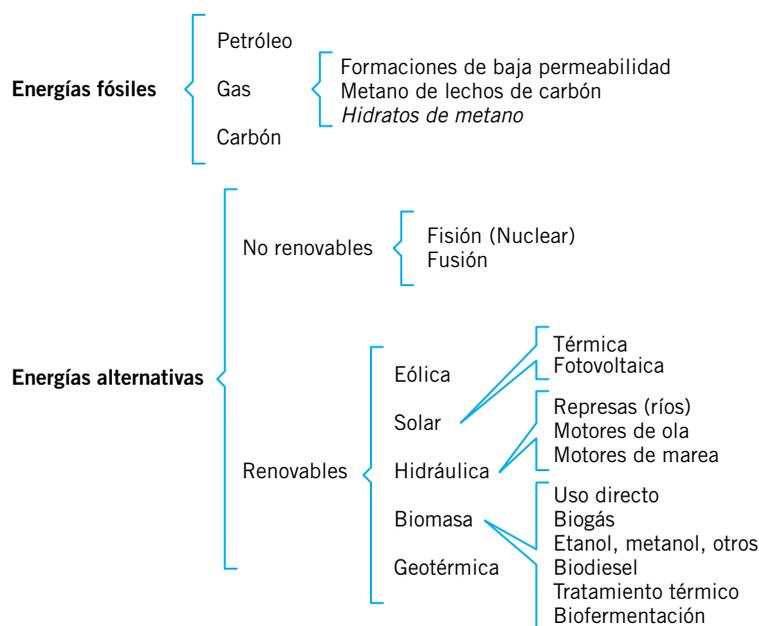
La complejidad del negocio de energías alternativas en la Argentina

Por **Eduardo Barreiro**

Energías primarias

Las energías primarias pueden definirse como aquellas que provienen directamente de una fuente natural, sin modificaciones. Surgen de un río, de una mina, de un pozo, del campo, del sol, de las olas o las mareas y no deben confundirse con las energías secundarias que se generan a partir de ellas, como el hidrógeno o la energía eléctrica. Pueden dividirse en dos grandes familias: una se refiere a las energías fósiles y la otra a las energías alternativas a las fósiles, dentro de las cuales se encuentran las energías renovables.

Las energías fósiles son el petróleo, el gas y el carbón. Dentro de ellas hay algunas subdivisiones, como la del gas, que se diferencia entre el proveniente de los yacimientos convencionales en explotación, el proveniente de *tight sands* (o gas de yacimientos baja permeabilidad), Coalbed Methane, gas asociado a lechos de carbón e hidratos de metano, que son complejos de metano con agua de cristalización existentes generalmente en lechos submarinos a muy bajas temperaturas (menos de 5°C) y altas presiones (más de 30 atm); es la reserva de metano más abundante en el planeta pero todavía no hay una tecnología de explotación comercialmente desarrollada.



Otro tipo de energía alternativa renovable es la biomasa, que puede ser de uso directo, como la leña, o la generación de biogás, de etanol, de biodiesel, o el tratamiento térmico a alta temperatura que da "bio-oil" (una mezcla de numerosos compuestos orgánicos, con oxígeno, por lo general, y muy ácidos; sólo pueden quemarse en hornos especiales o si no procesarse para obtener combustibles sintéticos –similares a los derivados del petróleo–) y la biofermentación.

El país que más desarrollado tiene este sistema de procesamiento de residuos vegetales por biofermentación es Brasil, pero aún tiene problemas en la forma de fermentación de la celulosa y la lignina para convertirlas en alcohol.

La última energía renovable que se reconoce en esta enumeración es la geotérmica, de bastante poco uso en nuestro país, pero con el desarrollo de un proyecto en Neuquén, en Copahue.

Energías alternativas

Volviendo a las energías consideradas alternativas, estas pueden diferenciarse, a su vez, en renovables y en no renovables, como la energía nuclear de fisión, que utiliza uranio o plutonio para los reactores nucleares, y de fusión, que está en desarrollo. Esta última forma de energía condensa deuterio más tritio para obtener helio y una cantidad enorme de energía. Este proyecto se está llevando adelante en un plan internacional llamado ITER, que demandará una inversión estimada de 12 mil millones de euros. Se está construyendo una planta en Francia con la colaboración internacional de diez países para su impulso. Posiblemente la fusión nuclear será comercializable en el año 2035/2040.

Dentro de las energías renovables encontramos diferentes sistemas; en primer lugar, la eólica y la solar térmica y fotovoltaica. Esta se basa en celdas de silíce de 17% de rendimiento respecto de la energía incidente; pero hoy se están produciendo otros tipos de celdas de mayor eficiencia, que aprovechan más ancho de banda espectral del sol ya que llegan al 30% y más.

El problema que presentan las energías solar y la eólica es que no son constantes, por lo que necesitan energía de respaldo para asegurar la continuidad del suministro.

Esto es fundamental cuando se habla de costos. No sólo hay que calcular los costos del kilovatio eólico o solar, sino también el costo de la máquina de soporte que brinda seguridad energética frente a la ausencia de sol o de viento. A la energía renovable debe anexarse una máquina térmica que puede estar alimentada por combustible fósil o con una represa hidráulica que la compense. Hay un ejemplo muy interesante de este tipo de compensaciones en Australia, en la isla de Tasmania, donde se produce la electricidad mediante una represa hidráulica, tres parques eólicos y una máquina térmica de soporte, que funciona menos del 5% del tiempo.

La energía hidráulica, por su parte, tiene distintos sistemas de aprovechamiento, como las represas, los motores de ola y las centrales de marea que son centrales hidráulicas que utilizan reflujos de marea.

Sobre los costos de inversión y generación

Hasta aquí hemos visto un panorama de las energías primarias, lo que permite pasar a tratar la complejidad de sus costos. Cuando se habla de costos de la energía, se toma como referencia los costos de conversión de la energía primaria en energía eléctrica, por ser la energía secundaria más utilizada en el mundo. Todas las formas de energía primaria, o casi todas, pueden convertirse en eléctrica mediante algún equipo o proceso.

La energía primaria más usada en nuestro país es el gas natural. Hay dos tipos de sistemas de generación por gas convencional: las turbinas de ciclo abierto, en las que se quema gas y la expansión térmica que se produce en los gases de combustión hace girar un eje conectado a un generador; y las de ciclo combinado, en las cuales se aprovecha también el calor residual de los gases que salen de la turbina primaria, que calientan agua produciendo vapor y generando electricidad en una turbina de vapor. Las turbinas de ciclo abierto tienen un bajo rendimiento térmico, que es la cantidad de energía eléctrica obtenida respecto a la contenida en el combustible quemado. Este valor ronda en el 38%; el resto se pierde. La ventaja es el costo de inversión por kilovatio instalado, es bajo, de entre 500 y 600 dólares. Hace poco la Presidenta de la Nación inauguró una ampliación de Genelba, que consistió en el agregado al parque generador existente de una turbina de ciclo abierto, con una inversión de 80 millones de dólares: un poco más de 500 dólares por kilovatio instalado.

Para el precio internacional de gas actual, que es de 4 dólares el millón de BTU, tenemos que pensar en costos de generación de entre 22 y 28 mills por kilovatio hora –un mill corresponde a un milésimo de dólar–. Serían de entre 2,2 y 2,8 centavos de dólar por kilovatio hora, lo que representa un costo muy bajo. Además, el tiempo de instalación es muy rápido, de apenas unos meses. La desventaja, aparte del bajo rinde, es que consumen gas; en Argentina no hay suficientes reservas como para realizar

Reactores nucleares en construcción o planificados



muchas instalaciones de este tipo. Consumen gas justo en los picos estacionarios de consumo de gas en invierno, y por su bajo rinde son caras de operar con gas importado. Es necesario explorar para encontrar más gas.

Las plantas de ciclo combinado tienen buen rendimiento termodinámico, que llega a ser el 60% de la cantidad de energía contenida en el combustible, pero su costo es más alto, de 900 o 1200 dólares por kilovatio instalado. Siempre estamos hablando de costos internacionales trasladados a la Argentina, que son más caros que, por ejemplo, en Estados Unidos.

Existen tres fuentes de gas adicionales que se pueden utilizar con el mismo tipo de sistema de turbina de ciclo combinado: el gas de *tight sands*, el gas de lechos de carbón (*coalbed methane*) y los hidratos de metano. El gas de *tight sands* es gas común, pero que se encuentra en yacimientos de bajísima permeabilidad, lo que provoca una baja productividad por pozo, con lo que su costo de producción es más alto, de entre 4 y 6 dólares el millón de BTU. Los costos de generación van a ser de un 15% a un 25% más alto. El *coalbed methane* requiere de una tecnología especial para extraerlo. En EE UU el 8% del total es gas de este tipo. El costo de producción es del orden de 6 a 7 dólares el millón de BTU y el costo de generación sería superior a los 35 mills/Kwh.

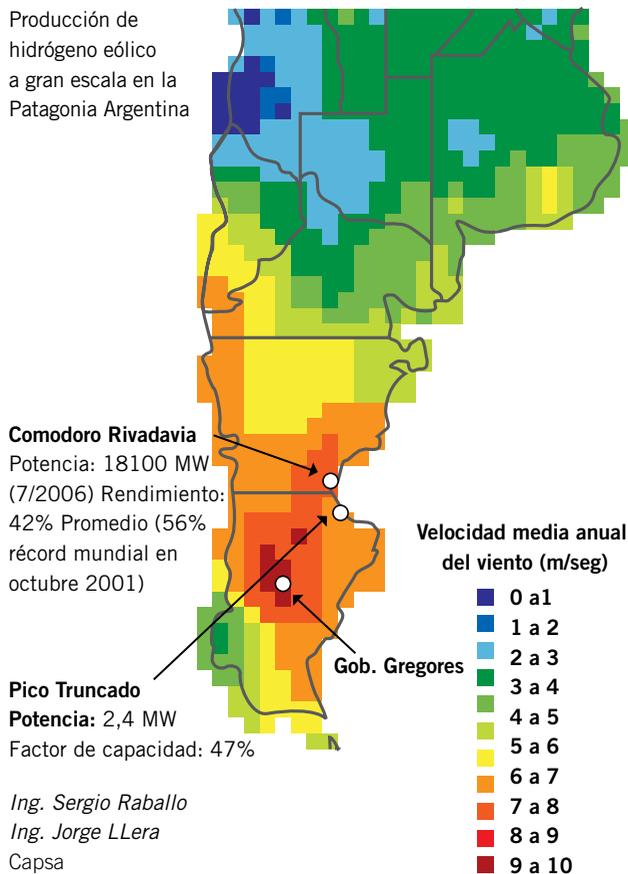
En Argentina hace falta más tecnología para producir este tipo de gases y bajar los costos de producción. Por el tamaño del mercado y el bajo precio reconocido por el gas producido, las tecnologías no están disponibles todavía para las empresas que operan en el país, las que solamente multiplican el número de pozos y realizan fracturas convencionales para producir el recurso.

En el caso de hidratos de metano, como país no sabemos ni cuánto tenemos ni dónde está, pero estas dudas se reproducen prácticamente en el ámbito mundial. Hay mucho de este compuesto en el mundo, por ejemplo en las costas de Canadá, y nosotros deberíamos tener el recurso en la plataforma continental.

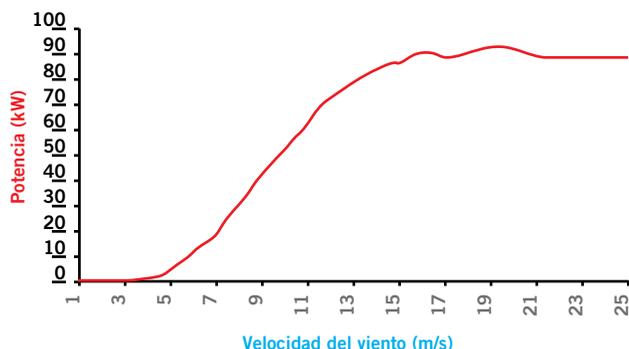
En el caso del petróleo y sus derivados, fuel oil y gas oil, hay dos formas de generar electricidad a partir de él: el fuel se usa en centrales de turbo vapor, combinación de caldera y turbina de vapor. El rendimiento termodinámico...

Vientos en Argentina, Patagonia

Producción de hidrógeno eólico a gran escala en la Patagonia Argentina



Curva de potencia NEG MICON NM 900



mico es bueno para centrales modernas que trabajan con vapor supercrítico de 700 grados de temperatura y más, del 48% aproximadamente, pero su costo de instalación es grande, en el orden de los 2 mil dólares el kilovatio. Además el fuel oil es caro, lo que lleva los costos de generación a oscilar entre 80 y 100 mills por kilovatio hora.

En el carbón lo más convencional es el carbón pulverizado, que como combustible es barato: 2 dólares el millón de BTU o menos. Sus costos de instalación son altos, en el orden de los 2000/2500 dólares/Kwh, pero como el combustible es barato baja el costo de generación. El problema es que contamina mucho por emisión de contaminantes tanto de acción local –como los óxidos de azufre y de nitrógeno–, como de acción global –como el CO₂–; aún así, es el combustible que más se está ampliando en

el mundo por ser barato y abundante. En nuestro país se requiere de más exploración para sustentar reservas que abastezcan centrales; hay una sola planificada en Río Turbio, de 240 Mw de capacidad instalada.

Existen tecnologías como la de gasificación de carbón con ciclo combinado posterior, que es una tecnología bastante nueva. Si bien no recupera CO₂, recupera otros gases contaminantes, como los NOx, SOx y monóxido de carbono. Sus costos de instalación y de generación son altos.

La tecnología del futuro podría ser la de gasificación de carbón con ciclo combinado posterior y con recuperación de CO₂, pero su costo por kilovatio instalado es de 4 mil a 5 mil dólares, por lo que los costos de generación son muy altos como se observa en la tabla. Pero permite recuperar el CO₂ y disponer de él. En este caso no hay suficiente experiencia a nivel mundial, tan sólo existen 3 plantas y ninguna recupera el 100% del CO₂ producido todavía.

¿Y los biocombustibles?

En cuanto a los biocombustibles –biodiesel y etanol–, también se los puede utilizar para la generación por turbinas, pero sería extremadamente caro. Su ventaja es la de poder ser utilizados en vehículos directamente desde la fuente primaria, sin necesidad de modificarlos o reconvertirlos. El etanol genera ciertos problemas: al ingresarlo a refinería para mezclarlo con los combustibles fósiles,

levanta mucho la tensión de vapor Reid de las naftas. Eso quiere decir que la nafta se hace muy volátil y para hacerla compatible con el etanol hay que utilizar una nafta desbutanizada, bajando la tensión Reid. Eso deja en la refinera una gran cantidad de butano y de isopentano que no tiene mercado como las naftas. Además, el agregado de etanol mejora el número de RON pero mucho menos el MON, que es importante cuando el auto viaja a altas revoluciones por minuto. La industria automotriz solicita una diferencia (RON-MON) máxima de 10, y esto no es posible con mezclas con etanol. Además, ante la mínima presencia de agua, se produce separación de fases y cualquier goma o depósito existente en el tanque o el sistema interno del auto se desprende por acción del etanol y del agua y tapa los picos inyectores y los carburadores. Pudiendo inclusive dañar la bomba inyectora. El biodiesel, por lo contrario, si está hecho siguiendo las normas, no presenta dificultades.

La energía nuclear y los falsos temores

La energía nuclear es la única energía alternativa a los combustibles fósiles que no produce CO₂ y que se mide en terawatios. En el mundo hay aproximadamente 440 plantas instaladas y se trata de una energía que otorga alta confiabilidad, un factor de servicio muy alto y plantas de muchos años de durabilidad. En la Argentina estamos bastante avanzados en el desarrollo de tecnología nuclear; inclusive además de los dos reactores funcionando y el tercero en construcción ya hay un reactor en proyecto de cuarta generación: el Carem, que trabaja con uranio enriquecido.

El inconveniente es la disposición de los residuos y que esto es un factor percibido por la sociedad como un peligro serio; cosa absolutamente falsa. Los residuos se disponen en todo el mundo en forma no peligrosa ni contaminante.

Lo que la gente no tiene en cuenta es que los combustibles fósiles producen CO₂, que es mucho más grave para el

Costos de generación eléctrica a partir de diferentes energías alternativas. (Valores internacionales)

Energía primaria	Sistema de generación	Costo unitario térmico	Costo u\$s por KW Instalado	Rango de costos de generación, mills/KWhr	Ventajas	Desventajas	Tecnología para aumentar el recurso energético en Argentina
Gas natural	Ciclo combinado	4 U\$/MMBTU	900-1200	20-30	Baja inversión. Alta eficiencia	Reservas de gas. Consumo de gas en picos de temperatura	Exploración
Gas natural	Turbina de ciclo abierto	4 U\$/MMBTU	500-600	22-28	Baja inversión. Se instala rápido	Reservas de gas. Consumo de gas en picos de temperatura	Exploración
Ídem de <i>Tight Sands</i>	Ídem	5-6 U\$/MMBTU	900-1200	28-32	Ídem pero mayor costo y necesidades tecnológicas	Precio de gas no rentable	Exploración y explotación
Ídem <i>Coalbed methane</i>	Ídem	6-7 U\$/MMBTU	800-1200	28-35	Ídem. Más tecnología	Precio de gas no rentable	Exploración y desarrollo de tecnologías de producción
Hidratos de metano	Ídem	Valores no disponibles	800-1200	Valores no disponibles	A investigar recursos	Recursos a investigar	Exploración y desarrollo de tecnologías de producción
Petróleo	Turbovapor supercrítica	12 U\$/MMBTU (Fuel Oil)	1500-2000 (Fuel Oil)	80-100	Commodity internacional. Marcador de otros precios de energías primarias	Caro y contaminante	(> Refinerías)
Petróleo (Gas Oil)	Turbina	18 U\$/MMBTU (Gas Oil)	600-700	65-90	Baja inversión. Se instala rápido	Bajo rendimiento termodinámico	(> Refinerías)
Carbón pulverizado	Convencional	2-2,5 U\$/MMBTU	2000-2500	40-45	Barato pero contamina	No se recupera CO ₂	Exploración y producción
IGCC (gasificación de carbón con ciclo combinado)	Sin recup. de CO ₂	2-2,5 U\$/MMBTU	3500-4000	55-70	Mayor eficiencia con combustible barato	No se recupera CO ₂ . Alta inversión	Exploración y producción
IGCC con recuperación de CO ₂	Con recuperación de CO ₂	2-2,5 U\$/MMBTU	4000-5000	70-100	No emite gases de efecto invernadero	Muy caro. Poca experiencia	Exploración y producción
Biocombustibles	Turbina	24-29 U\$/MMBTU	600/700	80/90	El único primario directo para transporte. Agroindustria	Recurso limitado. Compite con alimentos	Nuevas fuentes. Genética vegetal
Nuclear	4ta. generación	1,4-1,5 U\$/MMBTU	3300 a 4000	20-30 (1)	Alta inversión inicial pero luego bajo costo <i>Know how</i> local	Residuos contaminantes. Estudiar disposición	Completar desarrollo de tecnología. Financiamiento adecuado
Eólica	Molinos	.....	1800-2200 (3500 offshore)	40-70	No contamina. Bajo costo de mantenimiento. Tecnología local	Variable. Despacho máximo del 20/25% del total requerido	En desarrollo. A apoyar fuertemente
Solar fotovoltaica		.....	7000-10000	120/180	Buena en sistemas aislados si no hay otra fuente. Miniaplicaciones	De noche no genera. Almacenamiento caro	Tecnología en desarrollo. Inversiones
Solar térmica		.....	6000 (torre solar)	100-130	Buena en desiertos tropicales. Genera siempre	Tecnología en desarrollo. Costos	Seguir desarrollo internacional
Hidro grande		.....	4000-7000	<25	Bajo costo. Alta inversión inicial	Relocalización poblacional e impacto ambiental	Apoyar estudios de nuevas centrales
Minihidráulicas		.....	6000-10000	muy variable	Buena para generación distribuida	Alta inversión inicial. Inseguridad de suministro	Apoyar desarrollo de proyectos concretos
Olas		.....	Valores no disponibles	Valores no disponibles	Constancia de suministro	Tecnología en desarrollo. Costos	Apoyar desarrollo local
Mareas		.....	6000+	> 80	No contamina	1 sola central cara	.....

IGCC : *Integrated Coal-Gasification Combined Cycle*

Basado en Report #:DOE/EIA-0554(2009) Release date:March 2009 y otras fuentes.

(1) <http://www.world-nuclear.org/info/inf02.html>. Depende del período de amortización.

planeta por el efecto invernadero, responsable del cambio climático global. Las actuales emisiones antropogénicas de CO₂ y otros gases se estiman en cerca de 30 gigatoneladas anuales; el bioma terrestre no puede absorber ni la mitad de esa cantidad, con lo que se acumula. Sobre menos de 300 ppm de CO₂ en la atmósfera en 1940, hoy estamos superando las 385 ppm, y sube en forma exponencial.

Las energías renovables

La energía solar fotovoltaica es sumamente costosa en inversión, con lo que su precio de generación también lo es. Sirve para casos aislados, por ejemplo, para dar corriente a pobladores y a escuelas en sitios a los que no llegan los cables de energía eléctrica. Actualmente las celdas fotovoltaicas están en desarrollo para aumentar su rendimiento. Satélites argentinos tendrán celdas de silicio de producción nacional.

En el caso de la energía hidráulica, las centrales tienen un costo de generación bajo, pero el tiempo requerido para poner una planta en funcionamiento es muy grande, 10 años o más. Son plazos largos que generan costos de instalación muy altos pero, una vez emplazadas, tienen costos de generación mínimos. Hay que prestar especial atención a las centrales minihidráulicas. En la Argentina hay más de 100 de estas centrales en proyecto que servirían para generación distribuida. Muchas veces sus inversiones no son baratas pero son variables, dependiendo de los proyectos particulares.

Existe también la generación energética mediante motores de olas, inclusive uno de ellos fue desarrollado en la Universidad de La Plata y probado en Francia. En síntesis, se trata de una caja abierta por abajo que se coloca contra una pared rocosa en costas sin playa; las olas ingresan presionando el aire que pasa a través de una turbina generando energía. Cuando la ola baja, el sistema se invierte y continúa generando energía.

La energía de las mareas se aprovecha cerrando con una represa una bahía o ensenada en la que hay grandes diferencias de altura entre la marea alta y la baja. Con marea alta el agua entra pasando a través de una turbina que es reversible y funciona también cuando la marea baja. Hay una sola central operativa en el mundo (La Rance, en Francia) pero hay otras en estudio.

También existe otra forma de aprovechar las mareas de menor inversión: un molino invertido cuyas palas se mueven por la circulación de agua. Hay prototipos funcionando en Inglaterra.

Sobre los costos comparados de energías primarias en el mundo y en Argentina

En países como Estados Unidos o España, cuando se hace una central cualquiera, por ejemplo eólica, se estima para un período de repago de cinco o de seis años. Entonces, la repercusión del repago de inversión sobre el costo de la energía generada es baja.

Si se remunera la energía con 50 o 60 milésimos de dólar por kilovatio hora generado se lleva adelante la inversión, porque a lo largo del tiempo existe la seguridad de recibir ese pago y de amortizar la inversión. Las inversiones energéticas en proyectos de energías alternativas se amortizan en plazos largos en general.

En el caso de la Argentina, existen leyes nacionales (y algunas provinciales) que dicen que la energía no convencional debe ser remunerada adicionalmente. Esa remuneración adicional no ha sido reglamentada ni pagada, por lo que el inversor privado es como si no existiera.

Empeorando el panorama local desde el punto de vista de las inversiones en proyectos de energías alternativas, el costo de generación a partir de fósiles en el país es muy bajo porque el combustible líquido está subsidiado para los generadores y el gas de generación cuesta menos de la mitad que el internacional. Con lo que el precio monómico al generador es bajo, y no puede repagar los costos incrementales de generación con fuentes alternativas.

Para el usuario los bajos precios constituyen una ventaja momentánea; pero desde el punto de vista de la sustentabilidad del sistema, esto no es bueno, porque no se incentivan las inversiones en energías alternativas.

A la larga esto va a ir cambiando; por ejemplo con planes del gobierno como Gas Plus, en donde se permiten precios diferenciales para gases "no convencionales". Ya hay un primer cambio en la dirección correcta, un cambio que permite vender el gas no convencional a un precio más lógico y alineado con los costos de extracción, que facilita la competencia de las empresas de servicio y la aplicación y el desarrollo de tecnologías que puedan bajar los costos de extracción de fósiles no convencionales.

El incremento del precio del combustible traerá aparejado mayores costos de generación que acercarán la remuneración al generador a los valores internacionales. Esto puede hacerse con planes sociales de subsidio para el consumidor de menores recursos, pero acercando el precio medio a valores más compatibles con proyectos de generación de energías renovables.

Si a esto se agregara el reconocimiento de ley a los costos adicionales de generación de energías renovables, en poco tiempo veríamos una importante diversificación de nuestra matriz energética de energía primaria, con aumento de energías renovables y caída de las fósiles, similar a lo que ya sucede en muchos países del mundo. ■

Bibliografía

- Alternativas para la diversificación de la matriz energética nacional, Biocombustibles CPN, Claudio Molina, Buenos Aires, 28 de abril de 2008, International Business Communications.
- *Annual Energy Outlook 2009 With Projections to 2030 DOE/EIA-0383(2009)*. March 2009, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>.
- *Biomass and Biofuels Update to Congress*. US DOE, <http://www1.eere.energy.gov/biomass>.
- *Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants Final Results*. National Energy Technology Laboratory, <http://www.netl.doe.gov>.
- *CO₂ Capture And Geological Storage: Constraints And Progress Forecasts* Georgia Plouchart (Ifp), Pierre Le Thiez (Ifp), Luc De-Marliave (Total), Stéphane Crépin (Total), 19th WEC, Sydney, Sept 2004.
- *Empowering Variable Renewables. Options for flexible electricity systems*, http://www.iea.org/g8/2008/Empowering_Variable_Renewables.pdf.
- *Global CO₂ Emissions in the alternative and reference scenarios World Energy Outlook Junio 2006*, IEA, <http://www.worldenergyoutlook.org/2006.asp>.
- http://www.eia.doe.gov/cneaf/nuclear/page/nuc_reactors/reactorcom.html?featureclicked=2&.
- <http://www.world-nuclear.org/info/inf01.html>.
- <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>.
- International Energy Agency (IEA).
- *International Energy Annual 2006 Report Released: June-December 2008*, <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/contents.html>.
- *Scientific Facts on Energy Technologies Scenarios to 2050*, <http://www.greenfacts.org/en/energy-technologies/1-2/2-scenarios.htm#0>.
- Steven Natali, Vicepresidente de Exploración Williams Production Company, Congreso de Tight Gas 2008, Instituto Argentino del Petróleo y el Gas Neuquén, Argentina, 12 de noviembre de 2008.
- *Total Power Generation Capacity Today and in 2030 by Scenario World Energy Outlook 2008 Edition*, <http://www.worldenergyoutlook.org/2008.asp>.