



¿Se viene un cambio sustancial en la matriz energética Argentina?

Por *Vicente Serra*

Un repaso por el combinado energético del país y los distintos escenarios que se agregan.

La energía, un concepto abstracto

Podemos definir la energía como una entidad que reemplaza y multiplica el trabajo físico que pueden hacer las personas para lograr un objetivo. Existen distintas formas de energía que se relacionan entre sí: electro-magnética, térmica, mecánica y gravitatoria.

Para hacer uso de las distintas formas de energía se requieren materias primas denominadas fuentes. Estas

fuentes de energía existen en la naturaleza y se dividen en aquellas capaz de renovarse y en aquellas que no, dentro de un espacio temporal donde los cambios del cosmos no son perceptibles y permiten mantener las condiciones para la vida humana.

La mayoría de los especialistas, en especial los ambientalistas, analizan las energías renovables desde el punto de vista de la gratuidad de la fuente disponible (como el aire que respiramos). Sin embargo, no tienen en cuenta que, para hacer uso de ellas, debemos fabricar elementos que permitan transformarlas.

Las divergencias

En la literatura existen diferentes percepciones matizadas con el sesgo que distintos autores hacen en sus análisis. La ecuación que analizaremos es toda la cadena de valor incluido el costo de fabricación de los elementos de transformación, los de implantación, los de remediación e impacto económico.

En la visión de la Universidad de Las Palmas, Islas Canarias, las energías hidráulica y eólica producen alteraciones en los ecosistemas, las mismas consideraciones caben para la energía mareomotriz y la energía de las olas del mar. La energía de biomasa genera más residuos que los combustibles clásicos. Las placas solares generan un impacto ambiental durante su proceso de construcción mayor que el de otras fuentes y, una vez finalizado el período de funcionamiento (25-30 años) se convierten en un residuo peligroso. La energía geotérmica por los contenidos sulfurados de algunas de sus fuentes es considerada contaminante.

Plan Renovar

El Gobierno nacional, en sintonía con lo que acontece en otras partes del mundo en desarrollo, apuesta a sustituir una parte de la energía producida con combustibles fósiles con energía renovable y de esa manera bajar la dependencia de la energía producida con hidrocarburos importados. Contra todos los pronósticos conservadores, la licitación impulsada con el liderazgo de Sebastian Kind desde

la Secretaría de Energía ha tenido un éxito rotundo e incuestionable, tanto de las cantidades ofrecidas como de los precios obtenidos. Cabe diferenciar este llamado, del efectuado en el marco del GENREN por ENARSA y el de la Secretaría de Energía Eléctrica de Generación Térmica con compromiso de disponibilidad del MEM efectuada en el año en curso.

En primer lugar, los resultados, y en especial el económico, han sido la consecuencia de un proceso que comenzó con un pliego en consulta, las respuestas a las consultas y la confección de un pliego consistente, explícito que despejaron cualquier atisbo de riesgo regulatorio e incertidumbre de cambios de reglas de juego, al punto que se cuenta con el beneplácito del BM para fondear el fideicomiso de garantía. Sin lugar a duda, ha sido la contracara de los pliegos efectuados por imposición, con inflexibilidades, de no atender razones para disminuir riesgos de incertidumbre y asumiendo que por el solo hecho de ser la Argentina, es motivo suficiente y un privilegio que los inversionistas se deben agradecer que se los haya convocado.

Los incentivos y la mitigación de riesgos del plan han funcionado correctamente, y se han obtenido precios inferiores a licitaciones similares en otras partes del mundo en los últimos cinco años, período del que no podrá decirse que existen cuasi rentas enmascaradas. Esta es otra diferencia más respecto de los concursos de generación tradicional cuyos valores han sido superiores a las mismas ofertas efectuadas en otras partes del continente para compensar riesgos e incertidumbres en un país que necesita la energía para desarrollarse ¹.

La paradoja

Las energías renovables necesitan gastar energía para ser producidas, y parte de esta energía proviene de centrales nucleares de uranio y de combustibles fósiles, es decir, no se encuentran donde se consume. Un análisis de los costos de generación, informados en los organismos encargados de cada país, indica que el precio por unidad de energía es más caro si es renovable que si es de origen fósil o nuclear. La energía renovable más competitiva es la hidráulica, pero esta

energía no es infinita, tiene un potencial acotado.

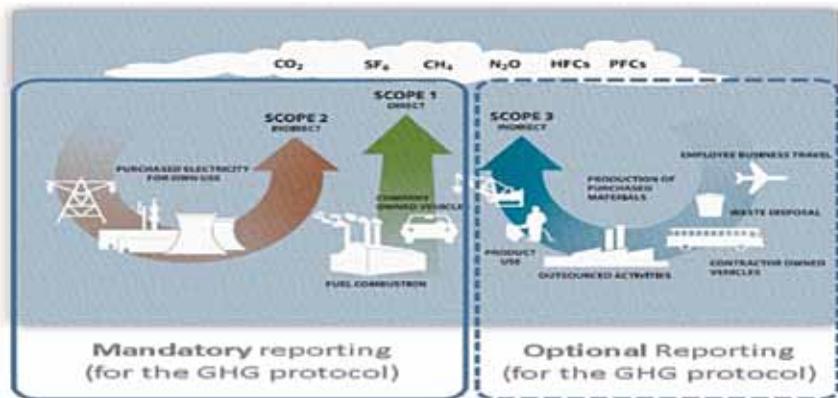
Las fuentes de energía renovable solar, eólica y mareomotriz proporcionan una energía relativamente baja y requiere de grandes superficies. Como son aleatorias, su generación no es previsible y rara vez coincide con la demanda, por lo tanto no se puede prescindir de la energía tradicional.



La huella del carbono

La producción de petróleo durante la extracción inicial genera una huella de carbono de 2,7 kg de CO₂ por cada litro de gasolina. En la fase de extracción con inyección de vapor, la huella aumenta un 20%. El etanol obtenido del maíz produce también 2,7 kg CO₂/litro, mientras que el biodiésel de soja produce la mitad. Cuando se fabrica una central de energía solar fotovoltaica se produce una huella de 34,3 g CO₂ por cada kWh. La construcción de una central térmica de combustible fósil tiene una huella 3 veces menor. La diferencia es que mientras que la energía solar entrega electricidad directa y no produce CO₂ adicional, la central térmica produce más CO₂ al quemar el combustible. Si se usa gas natural se producen 436 g/kWh y, con carbón, 915 g/kWh.

La energía solar produce CO₂ cuando se fabrican los equipos, pero luego se puede usar sin cargo de conciencia. El concepto de la huella del carbono abarca todo el ciclo del proceso de construcción, uso, goce y disposición final al fin de la vida útil. Desde lo ambiental, la comparación se realiza considerando el tiempo necesario para compensar las emisiones de CO₂ producidas durante la fabricación de los equipos y que son ahorradas durante el uso. Por ejemplo, en la



- La huella de carbono que se le asigna a los subproductos agrícolas o industriales, que se emplean como fuente de biomasa, como los subproductos agrícolas y los restos de madera.
- La cosecha de los productos agrícolas y la explotación forestal.
- El secado y el transporte de la biomasa.

La huella de carbono de la electricidad generada a partir de biomasa también depende del tipo de biomasa y de la forma en que se realiza la combustión. La biomasa de baja densidad tiene unas emisiones de GEI más altas a largo de su ciclo de vida, por lo que su huella de carbono es del orden de 93 g CO₂ eq/kWh; mientras que la gasificación de astillas de madera de alta densidad tiene una huella de carbono en torno a 25 g CO₂ eq/kWh.

La generación de electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos no produce gases de efecto invernadero directamente. La huella de carbono de un panel solar fotovoltaico es de unos 72 g CO₂ eq/kWh.

Las emisiones están asociadas al ciclo de vida de los paneles, como a la fabricación y el transporte de los mismos. Los principales componentes de los paneles solares fotovoltaicos están hechos de silicio cristalino y la fabricación de estos componentes es un proceso de alto consumo energético que representa un alto porcentaje del total de energía utilizada para hacer los paneles solares. La huella exacta de carbono de cualquier panel solar en particular, depende de muchos factores, incluyendo el origen de los materiales, la distancia que tienen que ser transportados y la fuente de

fabricación del equipo solar térmico se genera una cantidad de CO₂ equivalente a 1,5 años de trabajo de un termostato a gas natural.²

Existen numerosas metodologías utilizadas para calcular la huella de carbono, el cálculo exacto de la huella de carbono, que incluye tanto las emisiones directas como las indirectas. Un método aceptado universalmente para el cálculo de la huella de carbono es la norma ISO 14064 y el protocolo normalizado para la notificación de los GHG/GEI (gases de efecto invernadero) por las empresas (Protocolo GHG) proporcionan amplia información al respecto.

La mayor parte de estas actividades están relacionadas con la utilización de energía³. Un ejemplo es la declaración ambiental de producto que Siemens ha hecho sobre los generadores eólicos. La huella de carbono de un parque eólico para la empresa es la siguiente⁴:

Parques eólicos terrestres:

- 5 g CO₂ e/kWh, en el molino SWT-2.3-108
- 4 g CO₂ e /kWh, en el molino SWT-3.2-113

Parques eólicos marinos:

- 10 g CO₂ e /kWh, en el molino SWT-4.0-130
- 7 g CO₂ e /kWh, en el molino SWT-6.0-154

En cuanto a la huella de carbono de la electricidad generada a partir de biomasa de baja densidad es del orden de 93 g CO₂ eq/kWh; mientras que la gasificación de astillas de madera de alta densidad es en torno a 25 g CO₂ eq/kWh⁵.

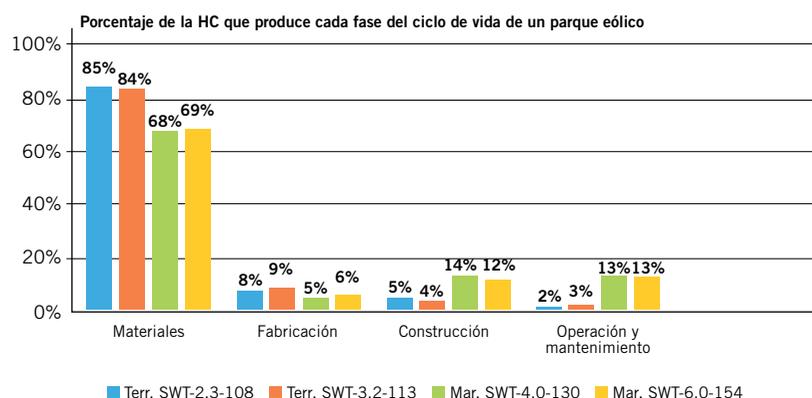
La HC (huella del carbono) de una central de carbón convencional, suele

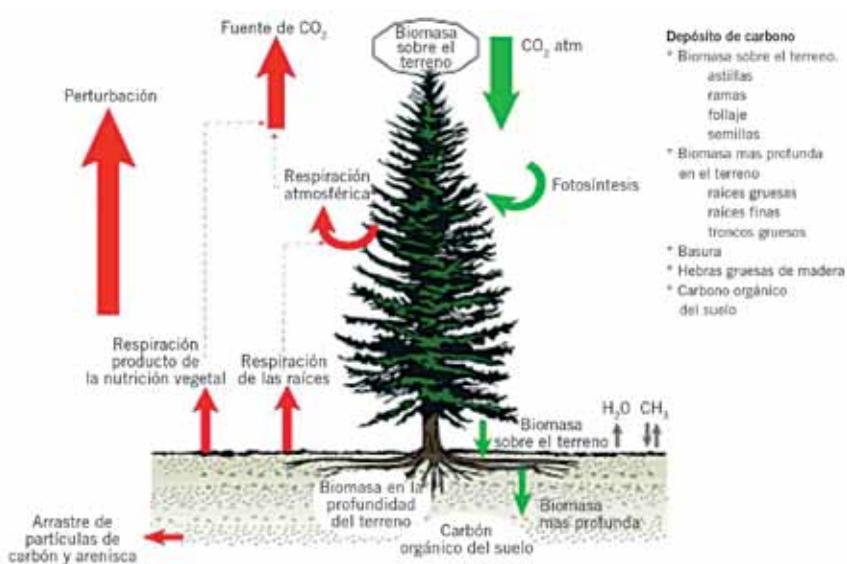
ser superior a 1.000 g CO₂ eq/kWh y la HC de una central de gas natural del orden de 500 g CO₂ eq/kWh. En las energías renovables la mayor HC corresponde a la extracción y el procesamiento de los materiales necesarios para la fabricación.

En resumen, la huella de carbono de un kWh producido en un parque eólico es entre 5 y 10 veces menor que la electricidad producida a partir de biomasa y unas 50 a 100 veces menor que en una central de gas natural; y entre 100 y 200 veces menor que en una central de carbón convencional⁶.

La generación de electricidad en centrales de biomasa se considera generalmente como "carbono neutral", debido a que el CO₂ liberado en la combustión es equivalente al CO₂ absorbido por las plantas durante su crecimiento. Sin embargo, hay otros consumos de materia y energía, a lo largo de su ciclo de vida, que hacen que realmente no sea "carbono neutral"; por ejemplo, las emisiones procedentes de:

- La producción de los fertilizantes empleados en los cultivos energéticos.





energía utilizada por las plantas de fabricación.

Básicamente las emisiones de gases de efecto invernadero de los distintos procesos asociados a la fabricación de paneles solares fotovoltaicos son las siguientes:

- Producción de células 78%
- Consumo de electricidad 13,8%
- Otros 8,2%

Si además de la emisión producida por el propio proceso de fabricación, se contempla la emisión producida por el transporte de materias primas, los residuos y su tratamiento, el resultado es el siguiente:

Repago de la inversión

Desde el aspecto económico, la influencia de las energías renovables es dependiente de las tarifas de la energía. Su beneficio para el usuario es en base a cuánta electricidad se deja de consumir y deja de contribuir a la prestadora del servicio. Por ejemplo, un equipo de energía solar fotovoltaica en Alemania se amortiza en algo menos de 7 años pero en países con mayor irradiación solar se encuentra entre 6 y 16 meses. El problema básico es que hay que afrontar una inversión inicial elevada, que muchas veces solo es posible con la asistencia de subsidios o créditos blandos para ello.

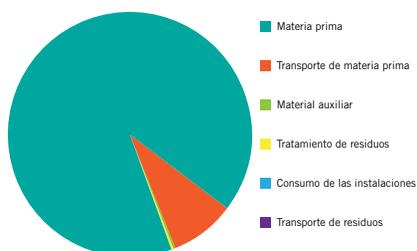
TRE (Tasa de Retorno Energético)

Se define como la relación entre la cantidad de unidades de energía producidas por cada unidad invertida.

La TRE del petróleo ha bajado desde 1970 de 20-40 y en 2005 de 10-15. En otras palabras, la TRE del petróleo es decreciente (por ser un recurso no renovable) y lo es aún más con las técnicas no convencionales que presentan valores de 5-10. El agotamiento del petróleo no se producirá cuando las reservas lleguen a cero, sino cuando el costo energético de la extracción sea igual al contenido energético de dichas reservas.

La TRE de la energía eólica se calcula como la energía eléctrica generada en toda la vida útil de una tur-

Concepto	Repercusión
Materia prima	91 %
Transporte de materia prima	8,7 %
Material auxiliar en línea de fabricación	0,02 %
Tratamiento residuos	0,22 %
Consumo de instalaciones	0,05 %
Transporte de residuos	0,01 %



bina eólica, dividida por la suma de las energías requeridas para construir la máquina. Así calculada, la TRE de la energía eólica varía de 5 a 80, con una media de unas 20 veces. El rango de dispersión es natural debido a la dependencia geográfica donde se instala. La generación de energía desde el etanol y otros derivados, producido desde cultivos agrícolas, como el maíz, tiene una TRE cercana a la unidad. Investigaciones recientes indican que potencialmente puede alcanzar una TRE de 5. El inconveniente es que la producción de materia prima destinada a los biocombustibles compete con la alimentación. Como la agricultura es la principal causa de la deforestación, la huella de carbono también debería incorporarse. En suma, actualmente el petróleo está sin un costo de fabricación y listo para ser usado.

El reciclaje del CO₂

Actualmente, se está tratando de estudiar un catalizador, formado por carbono, nitrógeno y cobre. Durante el proceso se usa muy poca energía para revertir el paso de la combustión, al tiempo que se consigue combustible. En efecto cuando se le aplica al catalizador una corriente de 1,2 voltios obtenemos una mezcla de agua y dióxido de carbono que se traduce en etanol en un 63%⁶.

Así como se consigue este resultado, es sabido que el gas natural con alto contenido de CO₂ es utilizado para la obtención de metanol. *Carbon Engineering*, una startup canadiense, ha diseñado una alternativa sostenible. Unos ventiladores gigantes capturan el CO₂ del aire para finalmente convertirlo en carburante, este proceso lo logran extrayéndolo del aire con un líquido que absorbe el carbón, al tiempo que recolecta alrededor del 80% del CO₂ para convertirlo en una especie de sal, y así mantenerlo capturado bajo tierra, y luego fabricar lo que denominan "crudo bajo en carbono". Bill Gates se ha interesado en esta idea, sorprendido por su rendimiento. De hecho, es capaz de producir unos 10.000 barriles de combustible en un año. Asimismo, absorbe alrededor de 100 k de CO₂ cada 24 h.

Emisión de contaminantes en la generación eléctrica	en Tn/GWh						
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	TSP	CO	HC	UN
Carbón	1058	2,896	2,971	1,626	0,267	0,102	NA
Gas oil	970	0,151	1,65	5,4	TR	0,025	NA
Gas natural	824	0,251	0,336	1,176	TR	TR	NA
Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	3,614
Fotovoltaica	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	NA
Biomasa	25	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	NA
Geotermica	56,8	TR	TR	TR	TR	TR	NA
Eólica	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	NA
Solar térmica	3,5	TR	TR	TR	TR	TR	NA
Hidráulica	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	NA

CO₂: dióxido de carbono
 NO₂: óxido nitroso
 SO₂: dióxido de azufre
 TSP: abreviaturas de: total de partículas suspendidas totales.

CO: monóxido de carbono
 HC: hidrocarburos
 UN: residuos radiactivo
 TR: trazas de elementos diversos

El hidrógeno, la fuente oculta

El hidrógeno gaseoso es un combustible en extremo atractivo que podría utilizarse en vez de la energía nuclear, del petróleo y otros combustibles fósiles.

Cuando se quema hidrógeno, este elemento se combina con el oxígeno del aire y produce vapor de agua que es inocuo. El hidrógeno gaseoso se obtiene por el paso de corriente eléctrica a través de agua, puede colectarse y almacenarse en tanques sustituyendo a los combustibles fósiles. La ex Unión Soviética hizo volar un jet comercial aprovisionado parcialmente con hidrógeno. El costo de producción es de

casi 1,40 dólares para el equivalente energético de 3,8 l de gasolina, dato destacado en el publicación *S. Ciencia Ambiental*, Enger Eldon, Mc Graw Hill, libro de cátedra de la UBA. Si al precio actual del combustible líquido se le incluyen los costos por contaminación y daños a la salud, el hidrógeno resultará más económico.

El problema principal es que la producción requiere de más energía de la que se obtiene cuando se lo combustiona. Una combinación de energías renovables, asociados materiales superconductores (sin pérdidas de transporte), permitirían obtener el gas hidrógeno de manera casi perfecta. Las ventajas principales del uso del

hidrógeno es su ausencia de emisiones contaminantes. El hidrógeno no es una energía primaria. Como sustituto puede competir con la electricidad por su fácil almacenamiento. En el transporte solamente puede competir con los hidrocarburos en cuanto a la no emisión de gases de efecto invernadero.

Para producir hidrógeno hay que utilizar una fuente de energía primaria u otra forma de energía derivada, como la electricidad en gran escala, también se emplea el gas natural, el petróleo y el carbón vía gasificación. En el futuro, su obtención vendrá de la energía nuclear de fusión, sobre todo por consideraciones ambientales.

La producción industrial, ahora ya sustancial, constituirá un obstáculo solamente si el crecimiento de la demanda es alto y continuado.

El almacenamiento del hidrógeno gas no presenta dificultades pero requiere un gran desarrollo en su aplicación a la automoción en forma líquida.

La distribución para transportes terrestres depende del establecimiento de una red adecuada, lo que requiere evidentemente un aumento notable del número de vehículos y debe comenzar por las flotas de camiones y autobuses de recorridos fijos.

El empleo de las pilas de combustible, que tienen un rendimiento energético mucho más elevado que la



Ofertas adjudicadas por tecnología, con celebración de contratos de abastecimiento de energía eléctrica renovable, en los términos establecidos en la resolución MEYN N°136E/2016

Oferta	Oferente	Nombre	Provincia	Localidad	Precio ofertado (U\$S/MWh)	Potencia ofertada (MW)	Potencia asignada (MW)
BG-06	Global Green	C.T. Biogás Ricardone	Santa Fe	Ricardone	118,00	1,2	1,2

Oferta	Oferente	Nombre	Provincia	Localidad	Precio ofertado (U\$S/MWh)	Potencia ofertada (MW)	Potencia asignada (MW)
EOL-14	ENVISION ENERGY 1	P.E. García del Río	Buenos Aires	Bahía Blanca	49,81	10	10
EOL-17	ENVISION ENERGY 2	P.E. Vientos del Secano	Buenos Aires	Buratovich	49,08	50	50
EOL-06	GENNEIA I	P. E. Villalonga	Buenos Aires	Villalonga	54,96	50	50
EOL-16	ENVISION ENERGY 2	P. E. Los Meandros	Neuquén	Confluencia	53,88	75	75
EOL-15	ENVISION ENERGY 2	P. E. Cerro Alto	Río Negro	Pilcaniyeu	56,98	50	50
EOL-44	C. T. Loma de La Lata	P. E. Conti	Buenos Aires	Bahía Blanca	58,00	100	100
EOL-22	3 GAL S.A.	P. E. Garayalde	Chubut	Garayalde	59,00	24,15	24,15
EOL-35	CP Renovables	P.E. La Castellana	Buenos Aires	Villarino	61,50	99	99
EOL-33	ENAT S.A.	P. E. Kosten	Chubut	Pampa del Castillo	59,41	24	24
EOL-05	EREN	P. E. Vientos Los Hércules	Santa Cruz	Las Heras	62,88	97,20	97,20
EOL-08	GENNEIA I	P. E. Chubut Norte	Chubut	Puerto Madryn	66,00	49,875	28,35 (*)
EOL-46	ARAUCO S.A.P.E.M.	P. E. Arauco II (Etapa 1 y 2)	La Rioja	Arauco	67,19	99,75	99,75

(*) Esta oferta se preadjudica de manera parcial para no superar el límite establecido en el Anexo 3. La potencia a adjudicar se ajustará considerando el módulo de los aerogeneradores, sin que se supere la potencia asignada.

Oferta	Oferente	Nombre	Provincia	Localidad	Precio ofertado (U\$S/MWh)	Potencia ofertada (MW)	Potencia asignada (MW)
SFV-38	JEMSE SE	P. S. Cauchari 1	Jujuy	Cauchari	60,00	100	100
SFV-39	JEMSE SE	P. S. Cauchari 2	Jujuy	Cauchari	60,00	100	100
SFV-40	JEMSE SE	P. S. Cauchari 3	Jujuy	Cauchari	60,00	100	100
SFV-13	FIELDFARE	P. S. La Puna	Salta	San Antonio de los Cobres	58,98	100	100

combustión, es una forma de atenuar las pérdidas en la transformación térmica del hidrógeno, pero requieren todavía considerable experiencia industrial para aumentar su duración y rendimiento y reducir sus costes de inversión y operación.

Conclusión

En Europa, fuertemente dependiente de la energía proveniente de otros continentes, con o sin créditos fiscales, los ciudadanos han adoptado medidas para mejorar la eficiencia energética y ahorrar dinero. Los regímenes en España, Francia y Alemania permiten vender los excedentes de energía producida por los propietarios de las viviendas a la compañía de electricidad.

La nueva tendencia es la vivienda con energía solar con calefacción y enfriamiento pasivos, donde al mismo tiempo se las diseñan súpertermoaisladas. Los datos de la Agencia de Energía de Estados Unidos (EIA) indican que las reservas mundiales de combustibles fósiles sumadas a las nuevas tecnologías que hacen más limpia la combustión de combustibles y el aumento del rendimiento,



son adecuadas por lo menos para los próximos 20 a 50 años.

La competencia productiva de manufacturas que necesita de energía barata hace que la inserción de las energías renovables sea mínima en los países industriales, como Japón.

Solo a largo plazo, cuando el costo de energía aumente en la medida que se acaban los combustibles tradicionales, la alternativa renovable se tornará competitiva. La humanidad no tendrá otra elección que depender de la energía renovable. ■

- 1 Rodrigo Herrera Vegas www.sustentator.com
- 2 <http://ec.europa.eu/environment/industry/retail/pdf/Issue%20Paper%206.pdf>
- 3 <http://www.comunidadism.es/blogs/la-huella-de-carbono-de-las-energias-renovables-2-eolica>
- 4 <http://www.comunidadism.es/blogs/la-huella-de-carbono-de-las-energias-renovables-1-la-biomasa>
- 5 Environmental Product Declaration Onshore wind power plant employing SWT-2.3-108. [siemens.com / wind](http://www.siemens.com/wind)
- 6 <http://www.ecologiaverde.com/cientificos-logran-convertir-la-polucion-combustible/#ixzz400Xp27Bj>
- 7 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 1997. Protocolo de Kyoto.