

Ntthe

NTHE, palabra ñañhò (otomi) que significa vínculo o enlace (se pronuncia "enté")

Revista electrónica de difusión y divulgación científica, tecnológica y de innovación del estado de Querétaro

ISSN : En trámite Periodicidad: cuatrimestral - 2010 No. 1

El quehacer en Querétaro en energías renovables

Energía y Contraproduktividad
El quehacer del LIPATA

Energías alternativas
una tarea de divulgación del CINVESTAV-IPN

Directorio

PRESIDENTE

Lic. José Calzada Roviroso

VICEPRESIDENTE

M.C. Fernando de la Isla Herrera

DIRECTOR GENERAL

Ing. Ángel Ramírez Vázquez

SECRETARIO

M.A. Juan Sánchez Ramírez

NTHE

año 1, No. 1, Agosto – diciembre 2010, es una Publicación cuatrimestral editada por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), calle Luis Pasteur Sur No. 36 ,Col. Centro, C.P. 76000, Tel. (442) 214 3685, www.concyteq.edu.mx, nthe@concyteq.edu.mx. Editor responsable: Alicia Arriaga Ramírez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-080615011400 -102,ISSN en trámite, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Área de Difusión del CONCYTEQ, Ing. Gabriela Jiménez Montoya, calle Luis Pasteur Sur No. 36 ,Col. Centro, C.P. 76000, fecha de última modificación, agosto de 2010.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.

Comité Editorial Energías Alternativas

Dra. Rebeca Castanedo Pérez

CINVESTAV-IPN

Dr. Manuel Toledano Ayala

Fac. de Ingeniería, U.A.Q.

Dr. Luis Gerardo Arriaga Hurtado

CIDETEQ

Dr. José Gabriel Ríos Moreno

Facultad de Ingeniería, U.A.Q.

Dr. Yuri Vorobiev

CINVESTAV-IPN

DISEÑO DE PUBLICACIÓN

D.G. Alicia Arriaga Ramírez

Biól. Armando Bayona Celis

REDACCIÓN Y CORRECCIÓN DE ESTILO

Ramón Martínez de Velasco Molina

Carlos Campos

Sumario

Divulgación

Energías alternativas una tarea de divulgación del CINVESTAV-IPN

Francisco Rodríguez Melgarejo

1

Entrevista

El quehacer del LIPATA

Germán Buitrón Méndez

5

Opinión

Energía y Contraproductividad

Armando Bayona Celis

8

Artículos

Las energías alternativas en países en vías de desarrollo: una comparación entre Brasil, China, India y México

Alexandra del Carmen Hernández Dinorín, Dra.
Rosa María Romero González, M. en C. Salvador
Pérez-Arce Silva

10

Energías alternativas en CICATA, Querétaro.

Martín de Jesús Nieto Pérez, Jorge Pineda
Piñón, Reynaldo Pless Elling,
Gonzalo Alonso Ramos López, Mónica Araceli
Vidales Hurtado

21

Panorama general del uso de aerogeneradores como una alternativa para la generación de energía eléctrica

Franco-Piña J. Alejandro, Méndez-Loyola C.
Maurino, Toledano-Ayala Manuel, Soto-Zarazúa
Genaro Martín, Herrera-Ruiz Gilberto, Peniche-
Vera Rebeca del Rocío

26

Evolución de la innovación en las patentes de los diseños de calentadores solares para agua

Víctor Ariel Paulín Ruiz, Dra. Rosa María
Romero González, Dr. Guillermo Rodríguez
Vilomara

33

Editorial

Aun cuando para nadie es sencillo estar al tanto de los proyectos, avances y resultados que, sólo en nuestro país, se dan en materia de ciencia, tecnología e innovación, sí deben saberse rastrear los desarrollos locales que pueden marcar, o ya lo hacen, una tendencia que repercuta a nivel nacional y, por qué no, internacional.

En ese sentido, la primera tarea es la de saber que en Querétaro hay 42 Centros de Investigación, públicos y privados, federales y estatales, en donde trabajan 1,918 especialistas, de los cuales 372 pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores.

De estas cifras, por tanto, se deriva que en nuestro estado hay una gran productividad científica, tecnológica y de innovación.

Pero, ¿cuáles son los beneficios que aporta a la ciudadanía toda esa productividad?

La segunda tarea es, pues, la de informar, pero sobre todo, la de saber informar, difundir y divulgar los impactos que genera ese quehacer en los diversos sectores de la sociedad, mediante los distintos medios de comunicación que se tienen a la mano, sean impresos o electrónicos. Así lo mandata la nueva Ley para el Fomento de la Investigación Científica, Tecnológica e Innovación del estado de Querétaro, publicada el 30 de enero de este año 2010, en el periódico oficial “La Sombra de Arteaga”.

Dicha información no sólo debe llegar a la población en general, o a su gran mayoría. También debe ser conocida por la propia comunidad académica, científica y tecnológica, para que ésta, a su vez, genere más información.

Si esta meta se alcanza, todos nos beneficiaremos.

Por todo lo anteriormente expuesto, aunque de manera breve, el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) edita, por vez primera, su revista NTHE en formato electrónico.

La inauguramos con el tema de las “energías alternativas”, en el cual trabajan cotidianamente investigadores en nuestra entidad, como ellos mismos lo explican en este número.

Esperamos que esta nueva edición sea del interés de todos los lectores.

Ing. Ángel Ramírez Vázquez
Director General del CONCYTEQ

Energías alternativas

una tarea de divulgación del CINVESTAV-IPN

Por Francisco Rodríguez Melgarejo, CINVESTAV-Querétaro



Figura 1. Grupo de trabajo del Cinvestav Unidad Querétaro, en distintas “ferias de ciencia y tecnología”.

Introducción

En la actualidad, un tema de la mayor importancia es la búsqueda de nuevas fuentes de energía, las cuales nos permitirán sustituir a las energías convencionales.

En ese contexto, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) Unidad Querétaro, ha buscado divulgar las distintas maneras en que pueden aprovecharse las fuentes de energía que nos provee la Naturaleza.

Para ello, desde hace cinco años tiene conformado un grupo de trabajo que participa en diversas “ferias de ciencia y tecnología”, con el objetivo de exponer, de manera sencilla y amena, cómo funcionan algunos dispositivos utilizados para obtener energías limpias.

En estas actividades, dirigidas a niños y jóvenes

estudiantes, y al público en general, hemos presentado prototipos, experimentos y juegos que ilustran los fenómenos físicos y/o reacciones químicas que se originan al transformar las energías renovables a otras formas útiles como son, por ejemplo, la electricidad, el biogás y el calor.

Cabe señalar que, la mayoría de las energías que empleamos en nuestra vida cotidiana se basan en la quema de combustibles fósiles, como son el petróleo, el gas y el carbón, y que su uso, con el tiempo, ha generado un incremento del dióxido de carbono (CO_2) en la atmosfera. Así, de continuar la misma tendencia, para el año 2050 los niveles del CO_2 podrían duplicarse, trayendo consigo graves consecuencias para nuestro medio ambiente.

Por ejemplo, la temperatura media de la Tierra

aumentaría unos 2 °C, y esto provocaría que el nivel del mar se eleve debido a la fusión de los glaciares en las regiones polares, y que, por consecuencia, puedan inundarse varias zonas pobladas. Además, los cambios climáticos extremos se presentarían con más frecuencia. Y para evitar que alcancemos tales niveles críticos, los expertos sugieren que reduzcamos las emisiones del CO₂ en un 80 %.

Por lo anterior, comienza a ser urgente sustituir las fuentes de energías tradicionales por energías alternativas, las cuales nos permitirán satisfacer nuestras necesidades de manera más limpia, desde el momento en que se irán disminuyendo los residuos contaminantes.

Algunos ejemplos de energías alternativas son la solar, la eólica y la biomasa, a las que todos conocemos como “energías limpias” o “energías verdes”.

A continuación describimos, brevemente, algunas fuentes alternativas de energía, y ciertos aspectos a considerar a fin de determinar la viabilidad de su aprovechamiento.

Energía solar

La energía radiante que se produce en el Sol por la fusión termonuclear, llega a la Tierra como fotones, los cuales son percibidos en forma luminosa y calorífica. Tal energía es del orden de millones de kilowatts, equivalentes a la energía contenida en todas las reservas de combustible fósil a nivel mundial. De acuerdo con lo anterior, para sustentar nuestras necesidades energéticas bastaría aprovechar sólo una mínima fracción de la energía solar que llega a nuestro planeta.



Figura 2. Modelo de calentador solar con capacidad para calentar 30 litros de agua, a una temperatura de 70 °C.

Ahora bien, si en Querétaro los días son soleados la mayor parte del año, esta característica lo hace una zona factible para desarrollar proyectos tendientes a aprovechar la energía solar, a fin de cubrir algunas de nuestras necesidades energéticas.

Calentador solar de agua

Una manera común de aprovechar la energía solar, es la de calentar objetos mediante los rayos infrarrojos, presentes en la luz del Sol.

La Figura 2 muestra un prototipo de calentador solar construido por el Cinvestav Unidad Querétaro, mismo que se ha presentado en distintas “ferias de ciencia y tecnología”.

Se trata de un dispositivo constituido, principalmente, por un colector solar y un termo-tanque.

El colector, que es el elemento fundamental para el aprovechamiento térmico de la energía solar, se compone de:

- Un tubo de cobre en forma de serpentín, por donde fluye el agua.

- Una placa metálica de color negro, que nos permite captar los rayos infrarrojos. Se encuentra soportada sobre el tubo de cobre.

- Un cajón con aislamiento térmico, que permite evitar la pérdida de calor.

- Una ventana de doble vidrio.

Su funcionamiento es muy sencillo: la ventana de doble vidrio deja pasar los rayos infrarrojos (que calientan la placa) y evita que el calor salga. Al no circular el aire, y al no escapar el calor, se produce un “efecto invernadero”.

La placa transfiere el calor al serpentín de cobre, y calienta el agua.



Figura 3. Celdas solares utilizadas para encender algunos dispositivos electrónicos.

El termo-tanque tiene la función de almacenar y de conservar caliente el agua. Durante una hora, el rango de temperatura va de 15°C a 55°C. Después de dos horas la temperatura alcanzada es de unos 70°C.

Celda solar

Este dispositivo tiene la capacidad de transformar la luz en energía eléctrica, de manera inmediata. A este dispositivo también se le conoce como “celda fotovoltaica”.

Las celdas solares se construyen con materiales semiconductores, que presentan las siguientes características:

-Cuando los fotones (partículas de la luz) inciden sobre este tipo de material, pueden ser absorbidos.

-Si tienen la suficiente energía como para romper los enlaces de los electrones que se encuentran en la banda de valencia, pasarán a una nueva banda (banda de conducción), generando portadores libres dentro del material y permitiendo crear electricidad (efecto foto-eléctrico).

Uno de los semiconductores que más se han empleado para hacer este tipo de dispositivos, es el silicio. Las celdas fabricadas con este material alcanzan eficiencias hasta del 24 %. Se han estudiado otros materiales para la fabricación de celdas solares, entre ellos el telururo de cadmio, cobre-indio-selenio, galio y sulfuro.

El uso de las celdas solares tiene un gran campo de aplicación. Actualmente se emplean en satélites, en relojes, en algunos vehículos, en viviendas, o en alumbrado público.

En la Figura 3 se muestra uno de los prototipos exhibidos en distintas “ferias de ciencia y tecnología”, en donde, de manera sencilla, ilustramos las aplicaciones que tienen estos dispositivos.

Energía eólica

La energía eólica se genera por medio del viento. Transforma la energía cinética generada por las corrientes de aire, en otras formas útiles de energía.

Desde la antigüedad se ha utilizado para mover barcos impulsados por velas. Los molinos también aprovechaban, y lo hacen aún, la energía del viento, que incide sobre sus aspas, las hace girar, proveyendo así una energía capaz de hacer funcionar otras maquinarias.

Hoy día una de las aplicaciones de este tipo de sistemas, es la generación de electricidad mediante aerogeneradores. En algunos países esta tecnología ya ha sido aplicada, e inclusive han montado Parques

Eólicos que les permiten satisfacer algunas de sus necesidades energéticas.

Los sistemas eólicos más desarrollados son los de eje horizontal, y se clasifican en:

-Sistemas de eje horizontal rápidas: requieren velocidades de vientos de 5m/s. El número de aspas oscila entre dos y cuatro. Las aspas se fabrican,



Figura 4. Prototipo didáctico de aerogenerador.

comúnmente, con fibra de vidrio, aluminio, o madera.

-Sistemas de eje horizontal lentas: requieren velocidades de viento de 2 o 3 m/s. El número de aspas oscila entre 12 y 24. Las aspas se fabrican, por lo general, con chapa de metal curvada. Estas máquinas se emplean para bombear agua.

México tiene un gran potencial eólico, sobre todo en el Istmo de Tehuantepec, en la Península de Yucatán, en Baja California y en el Golfo de México. La central ubicada en Juchitán de Zaragoza (estado de **Oaxaca**) fue la primera planta eólica integrada a la red de América Latina (en donde se aprovecha la energía eólica para generar electricidad).

En Querétaro, en el año 2009, la velocidad máxima de los vientos fue de 13.4 m/s, dirección NE/SW, y el promedio anual de éstos está cerca de los 7.3 m/s, dirección NE/SW. Por lo anterior, sería factible contar con estudios que permitan ubicar zonas en donde los vientos sean más intensos y continuos, a fin de aprovechar las ventajas de la energía eólica.

El aerogenerador

Se trata de un dispositivo que transforma la energía eólica en energía eléctrica. Nuestro prototipo fue diseñado con fines didácticos (Figura 4). Este aerogenerador se compone, principalmente, de:

- Un motor de imán permanente-
- Una transmisión que multiplica las revoluciones del motor.
- Palas, o aspas.
- Una base, o torre.

Cuando la fuerza del viento mueve las palas, la bobina del motor (de alambre de cobre) gira rápidamente y, al pasar por los polos de los imanes permanentes, se crean campos electromagnéticos que provocan que se muevan los electrones en el alambre de la bobina,



Figura 5. Proceso para obtener biogás.

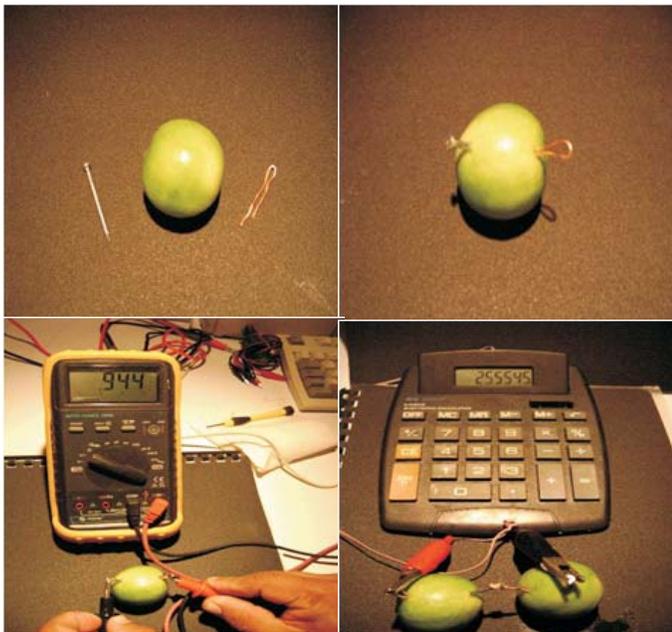


Figura 6. Pila de limón.

creando, así, una corriente eléctrica. A este fenómeno físico se le conoce como “inducción electromagnética”.

Biomasa

Cada vez toma más relevancia usar residuos orgánicos para generar algún tipo de energía. Este tipo de residuos pueden emplearse para generar el gas conocido como “biogás”, que puede utilizarse en estufas, o como combustible para motores de combustión, en calderas de vapor, en generadores eléctricos, en pasteurizadores, en enfriadores, o en secadores agrícolas.

Los residuos sobrantes pueden emplearse como fertilizante, o mejorador de suelos, o alimento para ganado. Esto, además, aporta al suelo elementos orgánicos e inorgánicos que son aprovechados por algunas especies de vegetales.

Biodigestor

Se trata de un reactor que transforma materia orgánica en biogás, a través de un proceso anaeróbico (en ausencia de oxígeno). En este reactor se fermenta materia orgánica que transforma los residuos orgánicos en biogás.

Este proceso para generar biogás, tiene tres fases: hidrólisis, acidificación, y la metanogénica.

En la Figura 5 se observa nuestro reactor, a través del cual podemos obtener biogás de manera muy sencilla.

Pila de limón

La energía química se presenta durante la reacción química de algunos compuestos, o materiales bajo ciertas condiciones. Una manera didáctica de ejemplificarla es mediante la pila de limón.

En la Figura 6 podemos apreciar un arreglo tipo serie para obtener la energía suficiente como para encender una pequeña calculadora, o un reloj digital.

Este ejemplo ha sido de gran interés para los niños y los estudiantes, durante las distintas “ferias de ciencia y tecnología” en donde lo hemos presentado.

El quehacer del LIPATA

Entrevista con Germán Buitrón Méndez



Dr. Germán Buitrón Méndez

Coordinador del Laboratorio de Investigación en Procesos Avanzados de Tratamiento de Aguas (LIPATA) de la Unidad Académica Juriquilla, del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Nos encontramos en la oficina del coordinador del Laboratorio de Investigación en Procesos Avanzados de Tratamiento de Aguas (LIPATA), en la Unidad Académica Juriquilla del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Se trata del doctor Germán Buitrón Méndez, una persona cálida y amable, quien, de entrada, nos sugiere visitar algunos de los laboratorios con los que cuenta esta Unidad.

Tras el breve recorrido sugerido, decidimos charlar con él en uno de sus laboratorios, el Laboratorio de Pilotos

La temática gira en torno a la importancia de hacer investigación sobre las llamadas “energías alternativas”, su impacto, su desarrollo y su pertinencia.

AA.- Estamos interesados en saber qué se estudia en el LIPATA.

GB.- Aquí nos dedicamos, principal y fundamentalmente, al tratamiento de aguas residuales, industriales, domésticas, y al tratamiento de residuos sólidos. En el caso de éstos, y en el del agua, no sólo disminuimos o abatimos la contaminación que

contienen, sino que también recuperamos el producto de valor agregado.

AA.- Es decir, al mismo tiempo que limpian el agua, también obtienen energía.

GB.- Se obtienen productos energéticos como el hidrógeno. Este es un tema de frontera, muy nuevo, y por lo mismo también se está investigando sobre la tecnología para almacenarlo, y distribuirlo de manera rentable. Sin embargo, lo que nosotros estamos trabajando es fundamental; y tiene que ver en cómo maximizar su producción, esto es, extraer la materia prima.

AA.- El LIPATA tiene como tema fundamental el agua y los distintos procesos para su tratamiento. Una pregunta pesimista: ¿estamos preparados para un planeta sin agua?

GB.- Bueno... nuestro objetivo principal es tener agua disponible, de buena calidad, a partir del agua residual. Esta agua se puede utilizar para riego agrícola, para recargar el acuífero, o para beber. El problema es que el tratamiento del agua siempre ha sido considerado muy costoso, y a veces se piensa que sirve únicamente para embellecer el entorno. No es así. El agua es tratada no solo para que no se contaminen los ríos, sino para su reúso. El caso de México es crítico, pues hay agua en donde no existen grandes densidades de población, ni mucha industria. Por ejemplo, en el Sureste mexicano hay mucha agua, pero la concentración de población y de industria se encuentra del Centro del país hacia el Norte. Entonces, es allí en donde se necesita más agua, y es en donde menos la hay. En promedio, México es un país semiárido. Con esta característica en mente, tenemos la necesidad de reciclar el agua, de reutilizarla. El aporte que nosotros podemos ofrecer es el de poder tener agua limpia para cualquiera de los usos que ya mencioné, por un lado; y por el otro, obtener un valor agregado colateral. El este caso en fin no es producir hidrógeno, metano o electricidad, sino algo adicional durante su tratamiento, estamos sacando provecho a la materia orgánica que se encuentra en el agua.

AA.- El tratamiento de aguas contaminadas ¿es el mismo en todos los casos?

GB.- No, el tratamiento está en función del uso que se le va a dar al agua. No es lo mismo tratar el agua simplemente para la descarga a un río, que el tratar el agua para riego agrícola, que el tratar el agua para el consumo humano o recargar el acuífero. Cada uso necesita un proceso de tratamiento con características, particulares. Además, el valor del agua depende de su disponibilidad. Vale más dónde hay menos.

AA.- ¿Y con respecto a las energías alternativas?

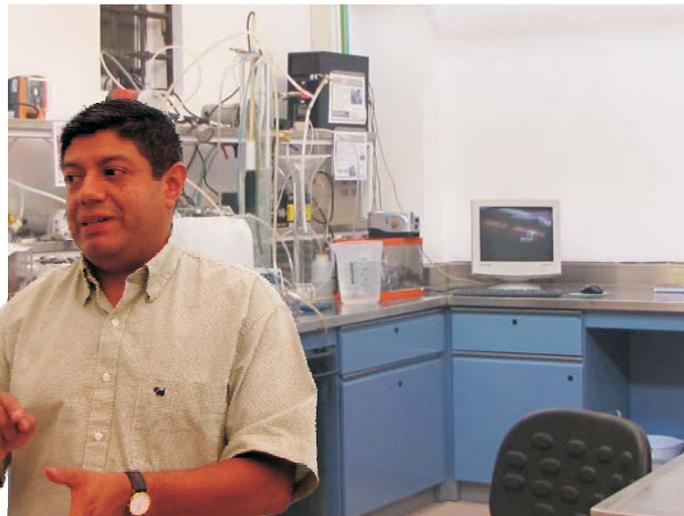
GB.- Es un campo en el que, precisamente, trabajamos, a fin de obtener bioenergía a partir de los residuos. Cubrimos varias áreas. Por ejemplo, del tratamiento del agua podemos extraer hidrógeno, o metano. Al hidrógeno ya se le conoce como “la energía del futuro”, porque tiene más poder calorífico que el metano y que la gasolina (2.4 a 2.6 veces mayor). Además es una energía limpia, porque al quemarse sólo produce agua. Otros productos que pueden obtenerse del agua residual es el metano y en otra vertiente, electricidad.

AA.- ¿Cómo definimos a la bioenergía? ¿Cómo entenderla?

GB.- Son los procesos mediante los cuales se obtiene energía, utilizando bacterias y microorganismos. Se trata de un método tan antiguo como el de la cultura egipcia, que ya realizaban fermentaciones para producir alcohol como etanol. Actualmente, se está investigando cómo obtener etanol, no solamente de los productos que tradicionalmente se utilizan como los azúcares, si no de bagazos que tradicionalmente son considerados desperdicio. Por ejemplo, el bagazo de caña, u otros residuos de la industria. El etanol se obtiene también de granos y forraje, pero esto actualmente es muy discutible y es mejor utilizar residuos. Lo sustentable es considerar los residuos como materia prima para obtener energía y no como un simple desperdicio.

AA.- Continuando con el tema de la bioenergía, ¿cuáles proyectos específicos abordan actualmente?

GB.- Hemos trabajado en un proyecto en donde generamos hidrógeno a partir de las aguas residuales de la industria tequilera, es decir lo que se conoce como vinazas. Este residuo tiene un alto contenido en materia orgánica y es muy contaminante pero nosotros la utilizamos para producir el hidrógeno. Otro residuo que hemos estudiado son aguas residuales de la industria que fabrica botanas. En este caso para



generar metano. También estamos tratando las aguas residuales de nuestro campus universitario para generar electricidad.

AA.- Y este proyecto, ¿es apoyado por alguna institución?

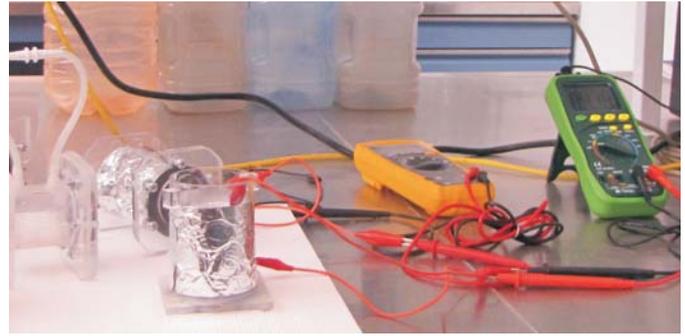
GB.- El proyecto de producción de hidrógeno y metano a partir de residuos, está financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). El proyecto de generación de electricidad lo financia la UNAM.

AA.- ¿En dónde reside la importancia de este tipo de estudios, para nuestro país y, particularmente, para el estado de Querétaro?

GB.- El desarrollo de tecnología es imprescindible. El agua es escasa y hay que tratarla para su reúso. Adicionalmente se tiene que estudiar qué otros productos se pueden obtener. Querétaro es un Estado donde la necesidad de agua es evidente, por lo que llevar a cabo su tratamiento lo más eficientemente es indispensable.

AA.- Pensando en un ámbito mundial, México, en qué nivel de avance de investigación se encuentra en estos temas.

GB.- Apenas estamos comenzando. No estamos todavía al nivel de los países que se han metido mucho en el tema de las energías renovables, o bioenergías, como son los Estados Unidos, China, Brasil y la India. El caso de China es sobresaliente, pues no sólo busca ser una potencia económica, sino también una potencia en el manejo de recursos energéticos. Como sabemos, el petróleo es la energía que mayormente se



usa en la actualidad, pero dentro de 30 o 40 años disminuirá drásticamente. Y el país que esté preparado para tener fuentes alternas al petróleo, y para funcionar con ellas, será el que podrá asegurar su desarrollo.

AA.- Para lograrlo considero se debe tener algunas políticas al respecto, ¿ya existen?

GB.- Sí, en el sentido de que no es cuestión de costos, únicamente. Construir una planta grande es más barato. Construir 10 plantas pequeñas cuesta caro, pero se puede obtener agua de mejor calidad.

AA.- ¿Y en México hay alguna legislación que la fomente?

GB.- Hay una Ley de Bioenergía; pero las leyes no bastan, hay que echarlas a andar. Hay que impulsar la tecnología, y reconocer el papel primordial que puede tener en el desarrollo de un país. Ese reconocimiento debe recaer en los tres niveles de gobierno, pero también en la sociedad. Y en este sentido, nuestra labor es explicarle a todos los sectores para qué son útiles la ciencia y la tecnología, pero sobre todo la mexicana. Todavía hay la idea, dentro de la industria, de que lo más sencillo es comprar tecnología, y de que desarrollarla es una complicación. Los chinos ya se dieron cuenta de que si quieren ser una potencia mundial, tienen que manejar su tecnología como lo hacen los países europeos y los Estados Unidos. Existe

una gran brecha entre los países compradores y productores de tecnología, y ese es el gran reto que tenemos. Hay muchas leyes, mucha planeación, pero poco aprendizaje y poco apoyo. En nuestro país, a la ciencia y tecnología se le dedica cerca del 0.5 % del Producto Interno Bruto, cuando debería de ser, por lo menos, el 1 %. No puede hacerse nada mientras no compitamos con los países que invierten más en tecnología.

AA.- Le agradecemos su tiempo para esta entrevista.

GB.- Al contrario.

Energía y contraproduktividad

Armando Bayona Celis



Douglas Adams, autor británico de ciencia-ficción, nos hace ver en su novela *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*, que sería muy fácil que un extraterrestre, al ver la Tierra desde el espacio, creyera que la forma de vida dominante en el planeta son los vehículos automotores.

Así es: el mundo civilizado, desde nuestras propias casas y a lo largo de toda la infraestructura urbana (calles, estacionamientos, talleres, lavados...) e interurbana (autopistas, carreteras, puentes, transbordadores...) consagra un enorme espacio y una inmensa inversión en dinero y trabajo para resolver las necesidades de movilidad, suministro energético, cuidado y refugio de los automóviles y demás vehículos terrestres.

Además, numerosas zonas de los continentes y los mares han sido llenadas de pozos, mediante de los cuales se extrae el precioso alimento para estos "amos" de la civilización. Alimento que es transportado, a veces, a través de miles de kilómetros, por las naves más grandes que hemos fabricado sus "servidores", los seres humanos, para cruzar los océanos y llevarlo a los vehículos que están en las áreas en donde no se produce.

Si bien muchos seres humanos mueren de hambre cotidianamente en varias regiones de la Tierra, y si falta el agua en otras tantas, es rarísimo que los vehículos se queden sin combustible, salvo en casos de desastres mayores, o de guerra.

La civilización depende cada vez más de la utilización

intensiva de vehículos que queman derivados del petróleo. Los vehículos y la inmensa y complicada red de vías para su movilidad han facilitado el movimiento de personas y mercancías a distancias cada vez mayores, en tiempos menores, sin importar los costos. En cada vez más países se reproduce lo que Lewis Mumford pronosticaba en 1958 (*The Urban Prospect*) "...el actual estilo de vida americano está basado no sólo en el transporte motorizado, sino en la religión del automóvil, y los sacrificios que las personas están dispuestas a hacer para esa religión van más allá del ámbito de toda crítica racional".

Hoy, el transporte globalizado mueve, anualmente, millones de toneladas de productos agrícolas e industriales de un extremo al otro de los continentes y océanos, mercancías que, en la mayoría los casos, sería posible producir mucho más cerca de los lugares en donde son consumidas, si las prioridades fueran otras.

Este sistema se retroalimenta crecientemente: a mayor velocidad más crecen las distancias en que se mueven personas y mercancías. Más se multiplica la infraestructura y se fabrican más vehículos para llegar más lejos... y así sucesivamente. Y aun cuando es evidente la insustentabilidad de este círculo vicioso, basado en el consumo de un recurso no renovable, cada vez más escaso y costoso, realmente en muchos países del mundo no se prevé ni se actúa para revertirlo.

El vehículo automotor, pero sobre todo el automóvil

particular, son medios de transporte profundamente ineficientes. José Antonio Rojas Nieto (*La Jornada*, 21 de febrero de 2010) explica que “*el consumo de energía en el sector transporte es excesivo. Y tiene una altísima participación en las emisiones totales de CO₂*”. Y agrega: “*Por eso –como ninguna– la industria automotriz enfrenta una grave encrucijada. Ya no puede mantener los modelos de crecimiento del pasado. Ni producir el mismo tipo de vehículos. Entre los años 1973 y 2007 el transporte elevó su participación en el consumo final de energía en el mundo (sin pérdidas ni usos propios) del 23 al 28 %*”.

El propio Rojas Nieto, en otro artículo para *La Jornada* (enero 3, 2010) comentaba que en nuestro país, por desgracia, “*...resolveremos nuestros requerimientos de transporte con un consumo cotidiano equivalente –para unificar la cuenta– a poco más de un millón de barriles de petróleo. Prácticamente representan la mitad de la energía que se consume en México (en el mundo, por cierto, el transporte representa 27.7 % del consumo final, no 47 %, como en México)*.” Y apunta: “*Sí, la mitad del total nacional para movilizar personas y mercancías. De la forma más anacrónica e ineficiente. Con un componente principal no renovable y contaminante, altamente contaminante: el de los petrolíferos, cada vez más escasos y responsables de la mayor parte de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Y es que los petrolíferos aportan 99.8 % de los requerimientos energéticos del sector transporte en nuestro país. Apenas el 0.2 restante se satisface con un poquito de electricidad y un poquitito de gas natural.*”

La eficiencia de los mejores motores actuales de gasolina, es apenas de 20 %. Si consideramos una persona de 80 Kg viajando en un auto pequeño (poco menos de una tonelada de peso), menos del 10 % de lo que se mueve es carga útil; es decir, la eficiencia útil es bajísima, de apenas el 2 %, aproximadamente. En el caso de autos mayores (que tanto abundan ahora, como los SUV de 3, 3.5 toneladas) esta eficiencia cae a bastante menos del 1 % si sólo una persona los utiliza, como es tan común (datos de Rojas Nieto).

La eficiencia del transporte público es, sin duda, mayor. Un autobús urbano empleado eficientemente, puede llegar hasta cerca del 10 % de eficiencia útil. Los transportes eléctricos, por su parte, pueden duplicar la eficiencia de los que queman combustibles petrolíferos o biocombustibles.

Pero todo esto dista todavía de un funcionamiento realmente eficiente, porque el transporte automotor tiene, además, otras desventajas. Por ejemplo, ocupa mucho espacio, esté detenido o en movimiento. Un carro compacto (y del mismo modo, una persona

viajando en él) ocupa una superficie sobre el pavimento, de alrededor de 7 m² (en una SUV alrededor de 10 m²).

Lo anterior es, en gran medida, causante de los congestionamientos que han incrementado significativamente el tiempo de traslado tanto en las ciudades como en numerosos puntos y zonas de las autopistas y carreteras, hasta lograr un nivel de ineficiencia que, con frecuencia, hace que los viajeros lleguen a su destino casi en el mismo tiempo que si hubieran caminado, pero a costa de un gasto de energía bastante mayor que si viajaran a la velocidad reglamentaria, y centenares de veces mayor que si se viajara a pie o en bicicleta.

Esto es lo que Iván Illich (*Energía y Equidad*, 1974) llamó “contraproductividad”, es decir, el agravamiento de un problema por causa de una determinada tecnología desarrollada, en principio, para resolverlo.

Iván Illich considera que el automóvil y, en general, las formas industriales y tecnificadas de transporte, provocan la inmovilización de las personas que no tienen acceso a dichos medios, o que quedan atrapadas en la paralización del tránsito aunque tengan acceso a un vehículo, o que simplemente no encuentran espacio ni manera de caminar en medio de la infraestructura creada prácticamente para el automovilista. Se trata, pues, de un sistema antidemocrático que provoca mayor inequidad en la sociedad.

Jean Robert, colaborador de Illich, comentaba en el año 2002 sobre el concepto de contraproductividad, así: “*Llegamos rápidamente a entender que la contraproductividad de los transportes (...) tiene tres niveles: 1) la contraproductividad técnica, manifiesta en la congestión, que no es más que un conflicto entre vehículo y vehículo; 2) la contraproductividad social, que es la parálisis de la movilidad autónoma de las personas por los instrumentos de la movilidad, y; 3) la contraproductividad simbólica, evidente en la incapacidad del habitante de las ciudades modernas, de imaginar una realidad distinta de la que generan los transportes*”.

En síntesis, y visto lo anterior, es vital que busquemos el empleo extensivo de energías alternativas limpias y accesibles, y remplazar los petrolíferos.

Es necesario, también, lograr la utilización masiva de un transporte público eficaz. Pero, quizá más importante, es que entendamos que la sustitución de fuentes de energía, por sí sola, resultará inútil e insustentable si no se logran disminuir gradualmente las ineficiencias y los círculos viciosos creados por la “borrachera” de consumo energético y por la “religión automotriz” en las que hemos estado inmersos por décadas.

Las energías alternativas en países en vías de desarrollo: una comparación entre Brasil, China, India y México

Alexandra del Carmen Hernández Dinorín, Dra. Rosa María Romero González,
M. en C. Salvador Pérez-Arce Silva

Resumen

El objetivo principal del presente artículo es realizar una comparación sobre la situación actual de la implementación de fuentes de energías alternativas en países en vías de desarrollo que muestran economías similares: Brasil, China, India y México, destacando su potencial para desarrollarse en la utilización de energías renovables y desarrollo sustentable, pese a su condición de economías en vías de desarrollo. Aspectos como el daño ambiental provocado por el tipo de energía utilizado actualmente en las zonas rurales, favorecen el desarrollo de las energías renovables tales como el uso de generadores de diesel, específicamente en Brasil, la quema de biomasa en China, India y México. Sin embargo se ha observado que existe una barrera común en los cuatro países que impide el desarrollo rápido de las energías alternativas: la incompatibilidad entre los altos costos de las energías limpias frente a los bajos ingresos de la población. En el presente trabajo se hace énfasis en la importancia que implican los distintos tipos de apoyos provenientes de instituciones gubernamentales como un factor primordial para financiar y lograr el desarrollo de las energías alternativas. Apoyos tales como el Mecanismo de Desarrollo Limpio o Mecanismos para un Desarrollo Limpio (MDL), deben ser aprovechados para lograr una transformación energética adecuada. Asimismo, la incursión en la Investigación y Desarrollo (I+D) podría mejorar ulteriormente el acceso a las energías alternativas reduciendo los costos de las nuevas tecnologías. Por lo tanto, se concluye que los países mencionados deberán incursionar en energías distintas a las hidráulicas a consecuencia de la escasez actual y futura del agua, poniendo énfasis en la reducción de los costos que implica la generación de energía solar y eólica para seguir promoviendo su aplicación. En cuanto al aprovechamiento de la energía de la biomasa, su implementación deberá ser aplicada en gran medida por la cantidad de desechos que los países generan.

Palabras clave: Energías alternativas, países en vías de desarrollo, Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

Introducción

De acuerdo con la Secretaría de Energía (Sener), la utilización de fuentes renovables de energía puede constituir un factor importante para reducir la dependencia hacia los combustibles fósiles, disminuir proporcionalmente las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar el valor agregado de las actividades económicas (Herrera, et al., 2007). Sin embargo, en los países en vías de desarrollo la implementación de las energías renovables se ve restringida por una cuestión primordial: la incompatibilidad de los bajos ingresos de la población, frente a los altos costos que representan las tecnologías de energía renovable.

En el presente artículo se muestra una comparación de la situación actual de la implementación y uso de fuentes de energías alternativas en países en vías de desarrollo con economías similares: Brasil, China, India y México. De manera metodológica, para el

análisis y comparación de cada país se destacan tres puntos: 1) la situación energética actual, mencionando el porcentaje de la población que carece del servicio de energía eléctrica, las fuentes actuales de energía, y algunos factores que contribuyen a la implementación y uso de fuentes de energías alternativas; 2) la participación del gobierno, de acuerdo a los programas realizados en favor del desarrollo energético; y 3) las energías alternativas, dentro de las cuales se destacan las capacidades, los beneficios y los impedimentos que presenta cada país frente a la implementación y uso de fuentes de energías alternativas.

Actualmente se destaca la utilización de energías que dañan el medio ambiente en zonas alejadas de la red, como los generadores de diesel en Brasil, y la quema de biomasa en China, India y México. De acuerdo con la Oficina de Información del Consejo de Estado (SCIO, por sus siglas en inglés), China es el mayor promotor a nivel mundial de emisiones de CO₂ y SO₂. Cabe señalar que en India sólo el 55% de la población tiene acceso a la electricidad. Con múltiples ejemplos

como los anteriores, se visualiza la importancia de promover el uso de energías alternativas.

En lo que respecta a la participación del gobierno, Brasil e India realizan programas enfocados al acceso del servicio de energía eléctrica en zonas alejadas, proponiendo el uso de fuentes de energías alternativas como una segunda opción, debido a los altos costos que implican las tecnologías de energía renovable. Por su parte China enfoca sus programas hacia las fuentes de energías renovables, no sólo para su implementación, sino para la realización de I+D y el desarrollo de la industria para la generación de energías renovables. En nuestro país recientemente se ha iniciado con programas de mapeo y con la creación de subsidios para desarrollar la implementación y uso de energías alternativas. Tanto en México como en las otras tres naciones se destaca el uso de la energía hidráulica; aunque debido a la escasez del agua, se han desplazado hacia la utilización de otras energías tales como la solar y eólica, pero con la desventaja que implica los altos costos para su implementación.

Situación energética de Brasil

En Brasil existen variaciones en el acceso de la población al servicio de energía eléctrica a lo largo de la geografía del país. Las regiones más pobres, norte y noreste, son las que cuentan con las menores tasas de acceso al servicio de energía eléctrica (Goldemberg et al. 2004a). El 64% de los hogares sin acceso a dicho servicio tienen ingresos menores a 70 dólares americanos por semana (Goldemberg et al. 2004b).

Las comunidades aisladas, específicamente de la región del Amazonas, las cuales son suministradas de energía eléctrica principalmente por generadores de diesel, obtienen electricidad de forma precaria, cara e inapropiada ambientalmente. La mayoría de los generadores que se utilizan para la obtención de energía son viejos y operan a cargas bajas y con poca eficacia, además de los elevados costos de adquisición y transportación, incompatibles con los bajos ingresos de las comunidades. Sin embargo, los costos son pagados por un sistema de subsidios del gobierno brasileño, el cual funciona a través de un impuesto que se cobra a todos los consumidores del sistema nacional eléctrico. Dicho subsidio es la denominada *Cuenta de Consumo de Combustibles (CCC)* (Borges, Walter y Rei, 2007). Cabe añadir que el diesel, al ser transportado y almacenado de forma inadecuada, se convierte en un factor importante para la contaminación en agua y suelo, y su combustión provoca gases de efecto invernadero (Schmid y

Hoffmann, 2004). Por lo tanto, para llevar la electricidad a las zonas aisladas Amazónicas, es necesario el desarrollo de fuentes de energías limpias y asequibles (Borges, Walter y Rei, 2007).

Participación del gobierno

Destacan fundamentalmente cuatro programas de electrificación rural en el sector de servicio de energía eléctrica realizados por el gobierno brasileño y con la participación de la iniciativa privada:

1. *Luz en el campo*. Consistía principalmente en dotar de energía eléctrica a un millón de hogares rurales en un período de 3 años en su primera etapa. Fue implementado en 1999.
2. *Luz para todos*. Su propósito primordial consistía en llevar electricidad a 12 millones de hogares desde el 2002, año de su implementación, hasta el 2008. Este programa requería que las compañías generadoras y distribuidoras de energía presentaran un plan de trabajo ante el gobierno brasileño sobre la expansión anual de electricidad. En este caso la mayoría de las compañías recurren a generadores de diesel por el bajo costo que implica en comparación con el uso de fuentes de energías renovables.
1. *Programa de Desarrollo de Energético de los Estados y Municipios (PRODEM)*. Desde su creación en el año de 1994, el PRODEM buscaba en un período de cinco años abastecer de energía eléctrica a las comunidades alejadas a través de la implementación y uso de energías alternativas bajo la premisa del desarrollo sustentable, a través de la generación de energía y bombeo de agua por medio de celdas solares fotovoltaicas (Borges, Walter y Rei, 2007).
2. *Programa de Incentivos a las Fuentes Alternativas de Energía Eléctrica (PROINFA)*, creado en 2002, dotaba de incentivos a las plantas eólica, minihidráulica y de biomasa. En sus dos fases (la primera proyectada hacia el 2006 y la segunda hasta el 2020), se propone alcanzar la meta de 10% de generación de energía renovable con relación al total de la generación de energía eléctrica nacional.

Energías alternativas

El *Mecanismo de Desarrollo Limpio* o *Mecanismos de Desarrollo Limpio* (MDL), cuya definición se cita en el artículo 12 del *Protocolo de Kioto*, se refiere a un mecanismo de aplicación flexible. Sus propósitos son: a) ayudar a las partes no incluidas en el anexo I de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC), a lograr un desarrollo sostenible; y b) ayudar a las partes incluidas en el anexo I, en el cumplimiento de sus compromisos medidos de limitación y de compromisos de reducción.

A través del MDL, las partes del Anexo 1 se pueden beneficiar de los proyectos sobre *Reducciones Certificadas de Emisiones* (RCE). Según el *Protocolo de Kioto* y los acuerdos de Marrakech, para participar en los proyectos MDL se deben cumplir con los siguientes criterios:

1. Participación voluntaria;
2. Beneficios a largo plazo reales y medibles;
3. La adicionalidad;
4. Prácticas de desarrollo sostenible (Borges, Walter y Rei, 2007).

Goldemberg destaca que las energías renovables pueden diversificar el mercado de suministro de energía, asegura el suministro a largo plazo, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, puede crear trabajos y oportunidades para las zonas rurales (Borges, Walter y Rei, 2007).

Sin embargo, en la región Amazónica de Brasil se deben tomar en cuenta las siguientes barreras que implica la implantación y uso de energías renovables:

1. Obstáculos de índole económica: altos costos de inversión, incompatibilidad con los ingresos de los habitantes y las capacidades financieras de las compañías de energía local; barreras corporativas, por ejemplo, las compañías de energía que presentan una mala administración; altas tasas de falta de capacidad de pago por parte de los consumidores y los elevados costos de mantenimiento y operación;
2. Obstáculos de índole tecnológica: las tecnologías no son completamente comerciables y son más complejas de operar que los generadores de diesel;
3. Barreras de índole institucional: bajos ingresos de la población y la imposibilidad de cobrar precios subsidiados de la energía (Borges, Walter y Rei, 2007).

Así, Brasil ocupa el tercer lugar después de China e India en número de proyectos MDL registrados. Respecto a la reducción de emisiones de CO₂, ocupa el cuarto lugar después de China, India y La República de Corea (*United Nation Convention on Climate Change* (UNFCCC), 2010). Cuenta con una estructura institucional organizada para desarrollar proyectos MDL, es uno de los líderes en atraer inversiones extranjeras (Jung, 2006). La mayoría de los proyectos se realizan en la zona sureste del país y se basan en la cogeneración de electricidad a través del bagazo de la caña de azúcar, la recuperación de gas de vertedero y la hidroelectricidad. No obstante, aún predomina la ausencia de proyectos que promuevan la implantación y uso de energías alternativas en las zonas rurales aisladas de la región Amazónica, debido a su baja reducción de emisiones y costos. Además, las zonas rurales aisladas se encuentran en áreas naturales protegidas por políticas ambientales, donde las reglas imponen una mayor burocracia y formalidades para aprobar un proyecto (Borges, Walter y Rei, 2007).

Situación energética de China

Shi (2009) destaca que para el año 2002 el consumo de energía en la república asiática había crecido 10% al año. De acuerdo con la Oficina de Información del Consejo de Estado de China (Shi, 2009), las reservas de carbón de ese país pueden ser explotadas por otros 48 años, mientras que las reservas de petróleo por 12.1 años y las de gas natural por 41.8 años más. China se enfrenta a retos en el desarrollo de fuentes de energía sostenible. Por otra parte, el llamado gigante asiático está clasificado como el número uno en el mundo en la producción de emisiones de CO₂ y SO₂.

Así, Shi (2009) menciona que las capacidades de China para asegurar el suministro de energía y reducir los efectos negativos en el ambiente radica en la posesión de un gran número de recursos naturales. Otra de sus capacidades es el desarrollo económico en aumento, con un ingreso per cápita de 6,600 dólares (*Central Intelligence Agency* (CIA), 2009) que estimula el progreso de urbanización y una mejora en el suministro de energía rural.

En las zonas rurales de China, principalmente, se practica la quema de biomasa, como tallos de cosechas, hierba y leña, para uso doméstico en calefacción y la cocina, hecho que contribuye a la contaminación del ambiente y afecta la salud de las mujeres en zonas rurales (Shi, 2009). Para mejorar la calidad de la energía utilizada, la biomasa de baja eficiencia debe convertirse en energía limpia de alta

eficiencia. Algunos métodos incluyen la construcción de digestores de biogás, el desarrollo de combustibles de biomasa sólida, y el aumento del uso de estufas y calentadores solares. La meta para el periodo de 2010-2020 es el uso de tecnologías de biogás, energía eólica y fotovoltaica en sistemas no conectados a la red para zonas rurales. Los proyectos necesitan poca investigación cuya ejecución requiere la asignación de fondos seguros.

Participación del gobierno

China ha establecido cuatro programas que buscan nuevas energías y recursos de energía renovable:

1. El programa trazado para el *Desarrollo de Energías Nuevas y Renovables* (1995).
2. El 10^{mo}. *Plan Quinquenal para el Desarrollo de la Industria de Energía Nueva y Renovable* (2001).
3. El 11^{vo}. *Programa Quinquenal de Desarrollo de Energía Renovable* (2006).
4. Y el *Programa de Desarrollo para Energía Renovable a mediano y largo plazo* (2003).

De forma general, los programas establecidos buscan: desarrollar la energía rural para eliminar la pobreza; reemplazar combustibles fósiles; así como renovar y mejorar la industria de la energía renovable, con la protección de los derechos de propiedad intelectual. Shi (2009) señala que las tareas llevadas a cabo de 2010-2020 son: la intensificación de I+D en tecnologías y equipos de energía renovable para establecer un sistema industrial completo y disminuir los costos de desarrollo y utilización de energías alternativas.

El desarrollo de energías renovables es costoso. Recursos como el viento y la luz del sol son pobres en términos de estabilidad y generación de poder. Sin el apoyo del gobierno en la implementación de políticas será difícil el desarrollo rápido de las energías alternativas. Así, se han creado leyes, proporcionando garantías e incentivos para la producción y utilización de energías alternativas, promoviendo investigación científica y formulando estándares técnicos. La ley con mayor influencia es la *Ley sobre energía renovable*, del 2006, la cual provee cinco sistemas para desarrollar las energías alternativas: el sistema de objetivo general; el modelo de sistema de conexión; el sistema de fijación de precios clasificados; el sistema nacional de reparto de costos extra; y el sistema de fondo especial.

De acuerdo con Shi (2009), algunos de los incentivos ya adoptados son:

1. Desgravaciones fiscales, que incluye

bajas tarifas para la importación de equipo de energía renovable. Estas desgravaciones deben ser usadas para desarrollar nuevos productos y para incorporar energía eólica y solar fotovoltaica en nuevas áreas tecnológicas;

2. Préstamos con descuento en interés en las zonas rurales para proyectos grandes y medianos de biogás, energía solar y eólica. Si el proyecto es puesto en operación y cumple los estándares, los operadores reciben un premio por parte del gobierno;
3. Subsidios, utilizados en I+D, los primeros 50MW generados por energía eólica reciben 600 yuanes/Kw;
4. Investigación directa por el Estado. El Departamento de Finanzas establece un fondo para: a) realizar I+D en energía renovable; b) utilización de energía renovable en proyectos rurales; c) dar información sobre recursos de energía renovable, y d) promoción del uso de equipos de energía renovable.

Energías alternativas

Después del 2030 China tendrá que desarrollarse en el campo de las energías no hidráulicas, ya que, para ese entonces, el agua se habrá agotado. La implantación y uso de energía hidráulica presenta dos problemas: el primero, la construcción de plantas hidráulicas requiere el desplazamiento de personal operativo y administrativo, además de provocar un impacto al medio ambiente; el segundo se refiere al obsoleto equipo técnico de las pequeñas estaciones de energía hidráulica, además de que los seguimientos de servicios técnicos y de mantenimiento son escasos.

Las energías alternativas no hidráulicas más utilizadas son el calor solar, la energía solar fotovoltaica y la energía eólica. El desarrollo de energía geotérmica en China ha permanecido estancado debido a un acceso insuficiente al agua subterránea. El país asiático ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en términos de desarrollo de la producción de etanol, quedando muy por detrás de los dos primeros países: EE.UU. y Brasil. China también se ha rezagado respecto a Alemania, España, Corea y Gran Bretaña en la capacidad para la implantación de energía eólica.

Con excepción de la energía hidroeléctrica, los combustibles líquidos de biomasa se han desarrollado más rápidamente. Sin embargo, Shi (2009) destaca que con el control del gobierno la velocidad de desarrollo disminuyó. Debido a que la biomasa como

combustible líquido utiliza granos como materias primas, ha causado tensiones de suministro y aumento de los precios de los granos. El desarrollo del combustible líquido demanda la ampliación de las zonas de tierra, lo cual afectaría a las áreas de siembra de granos. Asimismo, debido a las limitaciones de espacio, la demanda de calentadores solares se realiza sólo en condados o zonas rurales para aquellas personas que tienen ingresos bajos y el consumo de energía es de la mitad respecto al que se presenta en los sectores urbanos.

Aunado a lo anterior, la demanda en el mercado chino se ha retrasado: China exporta el 96% de sus productos fotovoltaicos, por lo que este país no debería priorizar en recursos de energía renovable, para los cuales los costos no podrán ser disminuidos en un periodo corto de tiempo. A pesar de que la globalización ha propiciado que China sea parte de la industria de energías renovables, no ha podido estimular un cambio en la capacidad de consumo de dicha nación.

El menor coste de la energía eólica con el progreso técnico ha hecho más competitiva la fuente de energía renovable. China ha introducido un sistema de licitación de franquicia en la construcción de parques eólicos donde solamente los ganadores de la oferta tienen acceso a la industria de la energía eólica. Con el fin de ocupar el mercado, las empresas afiliadas de energía del país asiático hacen ofertas a precios bajos. Sin embargo, la baja eficiencia y la resistencia al riesgo por parte de las empresas estatales, afecta el desarrollo de la industria eólica y frena la caída de los precios. Para mejorar la estructura de energía a nivel mundial, es necesario que los países desarrollados transfieran tecnología a precios bajos. En este caso, China debería realizar mayor I+D en tecnologías de energía renovable para industrializar las nuevas tecnologías y disminuir los costos.

Situación energética de la India

Actualmente India concentra el 35% de la población mundial sin acceso a la electricidad (Ailawadi y Bhattacharyya, 2006). Sólo el 55% de la población hindú se beneficia del acceso al servicio de energía eléctrica. Aunado a ello, las instituciones de gobierno y los procedimientos en el sector energético sufren un deterioro permanente. Cabe señalar que dichas circunstancias afectan principalmente a las zonas rurales (Haanyika, 2006).

Participación del gobierno

El gobierno hindú realiza un programa llamado 8^{vo}. *Plan Quinquenal*, enfocado a la extensión de conexiones a la red, y en el que se considera emplazar aplicaciones de energía renovable. Sin embargo, las energías alternativas se consideran como una segunda mejor opción debido a los costos y a la eficiencia (Coninck, 2005). Asimismo el Estado aplica el programa 11^{vo}. *Plan Quinquenal* cuya mayor prioridad es la electrificación rural y el sector energético (Modi, 2005).

En términos generales, India pertenece a las sociedades en desarrollo que muestran características institucionales durables, adaptables e innovadoras en su sistema de gobierno: es el resultado de un balance realizado por los tomadores de decisiones entre un estado moderno y una sociedad tradicional. Así, se asume que un sistema político con buenas condiciones de gobierno facilita el establecimiento de nuevas opciones de desarrollo como los proyectos MDL para el suministro de energía renovable en zonas rurales.

Energías alternativas

Para Banerjee (2006) las opciones de energía renovable son promovidas especialmente para la electrificación rural. Para lograr la electrificación rural es relevante tener en cuenta la implantación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), como un potencial para promover las energías alternativas, así como considerar las condiciones necesarias para conseguir su implantación.

Entre las razones por las cuales la electrificación ha progresado lentamente, podemos mencionar la debilidad institucional y el financiamiento limitado, lo que desalienta a los inversionistas interesados en la renta de servicios de energía a zonas rurales. Para diseñar y establecer nuevas opciones de electricidad, Modi (2005) indica que se deben tomar en cuenta las condiciones contextuales para la electrificación rural. Algunos factores decisivos para la electrificación rural son: las políticas y la planeación sobre el desarrollo del Estado; la viabilidad de regímenes financieros estatales y nacionales; y el apoyo de cuerpos no gubernamentales y privados.

La escasez de recursos no renovables, así como la deficiencia de la electrificación convencional, aumenta el potencial de utilizar energías alternativas para la electrificación rural (Haanyika, 2006). La energía de biomasa, la hidroeléctrica y la solar, se encuentran en diferentes etapas de comercialización. La implementación efectiva de energías renovables

requiere de conocimientos y capacidad de operación y mantenimiento de los sistemas. De forma específica, Benecke (2008) señala que la implementación de energías alternativas en zonas rurales requiere de la resolución de problemas de seguridad financiera, así como de la anulación de obstáculos de actitud como la falta de propiedad.

A pesar de la atención política y de los proyectos realizados impulsados por el gobierno hindú, las energías alternativas están lejos de ser parte de una planeación energética holística. Con la búsqueda de aplicaciones descentralizadas de energía, muchos retos deben ser abordados, como la facilitación del *know-how* y los modelos de negocio para usos productivos y consuntivos (Martinot, Chaurey, Lew, Moreira y Wamukonya, 2002). Utilizar energías alternativas para la electrificación rural suena prometedor debido a la presencia de recursos naturales, sin embargo, Reddy (1999) argumenta que depende de la competencia con la generación convencional de electricidad, la estructura de tarifas y el acceso a la Red. De forma general, en India, las tecnologías de energía renovable se encuentran en estado emergente. Benecke (2008) menciona algunos obstáculos que presentan las energías alternativas: sus precios, la insuficiencia de políticas de subsidio y apoyo presupuestario, que impiden a las energías renovables pasar de los niveles de demostración a las etapas de comercialización total.

De esta manera, el MDL ofrece rendimientos financieros adicionales a los proyectos relativos al clima, haciendo que las actividades relacionadas con las energías alternativas sean más atractivas y viables. Sin embargo, el éxito del MDL, dependerá de las condiciones del contexto donde se apliquen los proyectos (Benecke, 2008). De acuerdo a la UNFCCC (2010), los 504 proyectos MDL registrados en India representan el 23.16 % de los proyectos mundiales (Figura 1). En la Figura 1 se muestra la proporción que representa el número de proyectos MDL registrados en cada país respecto a un total mundial de 2,184 proyectos, incluyendo solamente los nueve países más representativos. China e India ocupan los dos primeros lugares en número de proyectos registrados; Brasil y México ocupan el tercer y cuarto lugar, pero con una baja proporción menor al 10%.

En India la concentración de proyectos MDL se encuentra en el campo de las energías alternativas. Los pequeños proyectos que posee este país generan pocas Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE), sin embargo, promueven los mayores beneficios de desarrollo sustentable. La Figura 2 muestra la poca

Proyectos MDL registrados por país

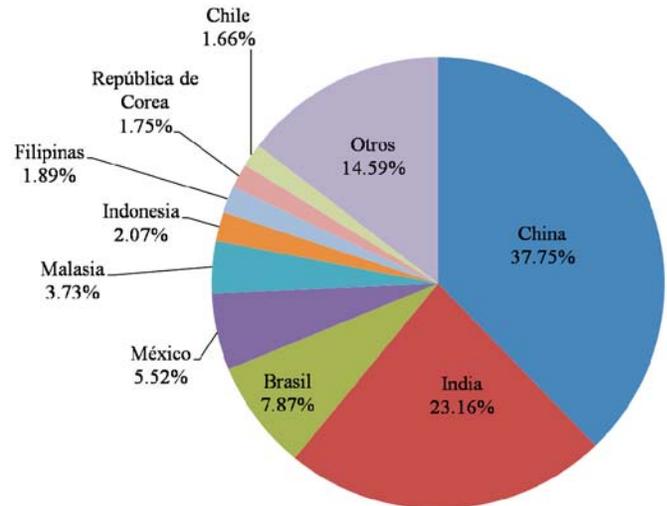


Figura 1. Proyectos MDL registrados por país. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la UNFCCC (2010).

generación de RCEs por parte de India, con una proporción de tan sólo el 19.25%, en comparación con China que representa el 48.98% a nivel mundial. La República de Corea resalta por la baja cantidad de proyectos MDL registrados, sin embargo, representa el 12.94% de las RCEs generadas, por encima de Brasil y México que han registrado una mayor cantidad de proyectos MDL.

De esta manera, es importante destacar que los factores socioeconómicos influyen en la implementación de energías alternativas. Tanto las tradiciones, como la cultura política regional, así como las percepciones locales deben tomarse en cuenta. Además, y de manera importante, una buena

Porcentaje de RCEs expedidas por país

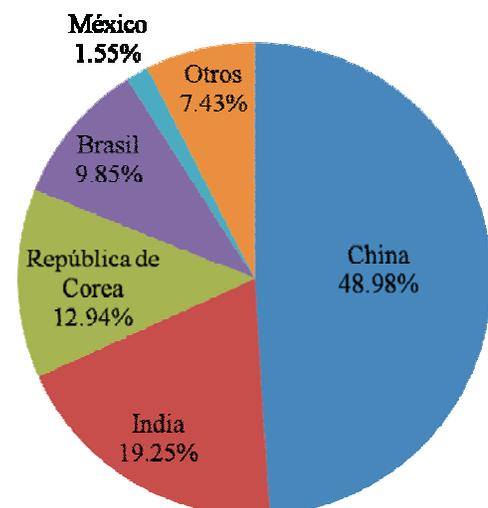


Figura 2. Principales países con RCEs expedidas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la UNFCCC (2010).

calidad de gobierno, provoca mejores resultados de desarrollo, como la introducción de proyectos MDL, aunque Benecke (2007) menciona que algunos obstáculos que presenta el gobierno de India son las negociaciones que debe realizar para la resolución de los conflictos sociales y las confrontaciones entre tradición y modernidad. Además del nivel de corrupción en algunas ciudades del país.

Situación energética de México

México cuenta con recursos abundantes de energía renovable, sin embargo, la generación de electricidad y otras aplicaciones no eléctricas son mínimas. Actualmente existe una gran brecha sobre el aprovechamiento de energías alternativas entre México y otras naciones de desarrollo similar como India, Brasil y China; incluso economías más pequeñas como Costa Rica son más avanzadas en este aspecto (Huacuz, 2007). La falta de atención a las energías alternativas en México obedece a diversos factores:

1. Los combustibles fósiles aun son abundantes;
2. El consumo per cápita de electricidad es todavía bajo;
3. Las preocupaciones ambientales aun no ocupan un lugar importante en la agenda del país;
4. Los costos de las energías renovables son mayores que los de la energía convencional;
5. Así también, las subvenciones ocultas distorsionan el mercado energético mexicano.

Aprovechando las reservas de petróleo, Huacuz (2007) menciona que una propuesta sería la promoción de la transición hacia una base energética más limpia y sostenible, proporcionando tiempo a la industria para entrar al nuevo negocio, tanto para los usuarios como para los productores y exportadores de energías renovables. En el aspecto positivo, las inversiones en renovables han aumentado, el marco regulador e institucional ha mejorado y se tienen diversos proyectos en desarrollo. Actualmente las energías renovables representan el 7.1% del total de suministro de energía en México. Un tercio proviene de la leña, la cual es usada en zonas rurales para cocinar y para calefacción. La capacidad instalada para generar electricidad al 31 de diciembre de 2005 fue de 46,534 megawatts (MW), de los cuales el 22.6% corresponde a plantas hidroeléctricas; el 2.1% a la energía geotérmica; y una parte no significativa a la energía eólica (SENER, 2006).

Participación del gobierno

Dentro de las actividades realizadas por parte del Estado a favor de las energías renovables, se encuentra la aplicación realizada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) de México de una red anemométrica de referencia con estaciones en varios sitios alrededor del país, como parte de un proyecto financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Los datos obtenidos de las estaciones se publican en el ciberespacio para eliminar la barrera de falta de información (IIE, 2007).

Por otra parte, la Comisión Regulatoria de Energía (CRE) ha implementado instrumentos regulatorios para fomentar el autoabastecimiento, reconociendo que es un buen nicho de mercado para las energías renovables. El PNUD junto con el IIE y el FMAM, desarrolla el proyecto *Plan de acción para eliminar las barreras a la aplicación a escala comercial de energía eólica en México*, que incluye la creación del Centro de Tecnología Eólica Regional en el estado de Oaxaca (IIE, 2007). Del mismo modo, se presentó un proyecto de ley propuesto ante el Congreso de la Unión en 2005, llamado LAFRE, de cuya aprobación dependería la asignación de un fondo por 120 millones de dólares anuales para dar incentivos a aplicaciones comerciales de energías renovables, fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación, y para facilitar la evaluación y el mapeo de recursos de energía renovable.

Energías alternativas

La denominada *electricidad verde* aun está en su infancia en nuestro país. Pocos proyectos se han realizado hasta la fecha, entre los que destacan los proyectos solares fotovoltaicos, con sistemas no conectados a la red e híbridos. Dichos proyectos se han establecido de manera general en zonas rurales, básicamente con la finalidad de dotar a este sector de la población de servicios como alumbrado público, electricidad a escuelas rurales y dispensarios, y energía eléctrica con fines recreativos.

La potencia fotovoltaica total instalada en México para aplicaciones no conectadas a la red se calcula en 18,65 MW (International Energy Agency, 2005). En lo que respecta a las aplicaciones conectadas a la Red se han llevado a cabo en la modalidad de medición neta para uso doméstico en los últimos diez años.

Respecto a los proyectos de energía de biomasa, la primera planta comercial en México para producir

electricidad con biogás a partir de rellenos sanitarios se construyó en 2003, instituyéndose como una asociación pública-privada para proveer parte del alumbrado público, bombear agua y para dotar del servicio de transporte eléctrico.

Respecto a la energía eólica, Huacuz (2007) indica que México cuenta con un gran potencial para el desarrollo de este tipo de energía, sin embargo, sólo 2.5 MW de generadores eólicos conectados a la Red han sido construidos. En el país, casi media docena de minigeneradores eólicos se han instalado en las zonas rurales, operando de forma híbrida con sistemas fotovoltaicos y generadores de diesel para proveer de electricidad durante las 24 horas.

Dentro de las limitantes hacia la implantación y uso de energías renovables se encuentra la falta de información detallada. La información con la que se cuenta actualmente se manifiesta en los siguientes datos:

1. La radiación del sol es excelente en todo el país, con una densidad promedio de 5 kWh/m² al día;
2. De acuerdo con Borja (Huacuz, 2007), el potencial eólico es de 5,000 MW, pero con una mayor exploración podría alcanzar los 15,000 MW;
3. El potencial en minihidráulica es desconocido, al menos 3,250 MW son aprovechados a través de cuencas fluviales;
4. El potencial de biomasa no ha sido totalmente evaluado. Teóricamente el potencial de bioenergía en el país es sustancial, el biogás de los rellenos sanitarios se considera para recuperar energía de los residuos sólidos urbanos. Al utilizar otros procesos como la combustión y la gasificación se podría aumentar el potencial;
5. Por último, la energía oceánica cuenta potencialmente con 11,000 km de costa; sin embargo ningún trabajo se ha realizado para acceder a este recurso.

México es una economía suficientemente desarrollada y con capacidades competentes para apoyar el desarrollo de las energías renovables. No obstante, nuestro Estado debe ampliar sus capacidades en el contexto de la implantación y uso de nuevas energías y dimensiones ambientales, tales como el aprovechamiento del MDL. El conocimiento sobre oportunidades de negocio con energías renovables debe crecer, así como las habilidades para identificar, desarrollar e implementar proyectos. Asimismo, el

sistema bancario debe de trazar nuevas perspectivas de financiamientos, ya que no tiene mecanismos para subvencionar investigaciones sobre energía renovable.

La implantación y uso de energías alternativas contemplan beneficios significativos:

- En el rubro ambiental, puede ayudar a resolver problemas locales de impacto ecológico;
- En el ámbito social, las energías renovables representan frecuentemente la forma más asequible de dotar de servicio de energía eléctrica a las zonas marginadas no conurbadas, mejorando la calidad de vida de sus habitantes a través de proyectos productivos;
- En los sectores industriales y urbanos, las energías renovables pueden representar la forma de quitar la centralización del suministro de energía, a través del autoconsumo;
- Los denominados *proyectos verdes* pueden atraer capital privado para construir nueva capacidad de generación;
- En el rubro laboral, puede representar oportunidades alternativas para la generación de nuevos empleos, así como nuevas posibilidades de inversión de la iniciativa privada en el mercado de las nuevas formas de energía.

Paralelamente las energías renovables pueden mantener el tiempo de vida de las reservas naturales de petróleo y gas natural, reduciendo la intensidad de la influencia del carbono en la economía. Además, México se puede colocar en una posición estratégica para corresponder con mérito a las obligaciones ambientales internacionales y beneficiarse de los mecanismos económicos preescritos en los compromisos que ha adquirido y ratificado a nivel internacional, como el *Protocolo de Kioto*.

Algunos impedimentos que Huacuz (2007) presenta para la implantación y uso de las energías alternativas son: el marco legal vigente no favorece la adopción de energías renovables para el sector eléctrico, por el riesgo de perder el control sobre el negocio de la electricidad; la disponibilidad de los combustibles fósiles reta el desarrollo de recursos locales de energía renovable; los eventuales cambios legales y regulatorios requieren de la aprobación del Congreso, donde existen barreras como la cuestión de posesión de tierras que impiden se realicen proyectos eólicos. A corto plazo se deberán realizar cambios en el marco regulatorio de la energía eólica, regulaciones

ambientales efectivas para la biomasa, elementos programáticos para la minihidráulica, y disminuir los costos de tecnología para la energía solar térmica y fotovoltaica.

Algunas acciones necesarias para desarrollar las energías renovables son:

1. Lograr una cooperación más cercana entre la industria manufacturera y la I+D.
2. El conocimiento teórico y empírico que existe en México respecto a I+D, debe ser transformado en aplicaciones prácticas.
3. Se deben expandir y mejorar las estaciones de monitoreo geográfico para facilitar el desarrollo de proyectos.
4. Los estándares internacionales, las especificaciones técnicas y las prácticas ingenieriles deben ser asimilados por las organizaciones locales.
5. Del mismo modo, se deberá lograr una coordinación efectiva en los tres niveles de gobierno, y entre los interesados nacionales e internacionales, para obtener beneficios a gran escala de las renovables.
6. De una manera más amplia, Huacuz (2007) destaca que se debe crear una nueva cultura energética. La sensibilidad de los consumidores tiene que ser estimulada, deben crearse nuevas capacidades de las entidades públicas, privadas y sociales, se deben de establecer y, en su caso, fortalecer centros de intermediación de tecnología, y deben establecerse nuevos servicios de financiación para el desarrollo de proyectos de investigación en el campo de la ciencia y la tecnología en el área de la generación de energías alternativas.

Conclusiones y recomendaciones

Después del análisis presentado entre los países de Brasil, China, India y México, se concluye que, respecto a la energía utilizada actualmente en las zonas marginadas no conurbadas, se utilizan energías que representan un daño significativo para el ambiente. En Brasil se utilizan generadores de diesel de baja eficiencia. En China, India y México, la quema de biomasa es la base para obtener energía en las zonas alejadas de la red. Promoviendo así, el uso de las energías alternativas ante el daño ambiental que se genera.

Por otra parte, Brasil, China, India y México, reconocen que una de las barreras para su

implementación son los altos costos que representa la implementación de las energías renovables, aunada a la incompatibilidad con los ingresos de las personas que habitan las zonas rurales, destacando así, la importancia de la participación del gobierno en la financiación de las energías alternativas.

Analizando el apoyo que el gobierno aporta a los países mencionados, se destaca que tanto en Brasil como en India se realizan programas de gobierno enfocados principalmente a llevar la electricidad a zonas rurales. Sin embargo, el uso de las energías alternativas se considera como una segunda opción, frente a combustibles ya conocidos como el diesel, en el caso de Brasil, o por los altos costos que representan. Aun así, India pone énfasis en la implantación y utilización de las energías alternativas en los proyectos MDL. Por parte del gobierno de China, su apoyo va más allá de la implementación de energías alternativas en zonas alejadas de la red. Los programas realizados en el gigante asiático buscan la I+D, junto con una protección intelectual apropiada, para crear un sistema industrial completo de energías alternativas. De los países analizados, China es el único que ha podido incursionar en la industria de las energías alternativas. En el caso de México, su falta de preocupación en el rubro ambiental, así como la confianza en las reservas de combustibles fósiles, ha hecho que el país se quede rezagado en el tema de energías alternativas. Así, los apoyos de gobierno inician enfocándose a sistemas que proporcionen información sobre los recursos renovables que se tienen, además de que se promueve la creación de fondos para actividades de I+D en el tema.

En el potencial de las energías alternativas, Brasil destaca por el uso de la energía de biomasa, así como de la hidroeléctrica. China se basa en la energía hidráulica, aunque, frente a los problemas de escasez de agua, ha tenido que desplazarse hacia la energía fotovoltaica y eólica, quedando a la zaga de los líderes como Alemania y España. India, por su parte, inicia la comercialización de energía hidráulica y solar. En el caso de México, sus recursos renovables lo destacan por su potencial para generar todas las opciones de energías alternativas, aunque se han desarrollado en mayor manera la hidroeléctrica, solar, eólica y la de biomasa, incluso en energías donde no se había incursionado, como la energía oceánica, la cual presenta gran potencial.

En términos generales, podemos afirmar que los países deberán incursionar en energías distintas a las hidráulicas, por la escasez actual y futura del agua. Poniendo énfasis en reducir los costos que supone la generación de energías solar y eólica para seguir

promoviendo su implementación. En cuanto a la energía de biomasa, su implementación deberá ser aplicada en gran medida por la cantidad de desechos con los que todos los países cuentan.

En cuanto a los obstáculos que impiden la implementación de las energías alternativas, todos los países están de acuerdo en que los altos costos de las tecnologías, así como la falta de apoyos, tanto de parte del gobierno como de la iniciativa privada, para el financiamiento de las energías renovables, retrasan en gran medida su desarrollo. Brasil, por contar con gran extensión de zonas protegidas, presenta mayores trámites burocráticos para implementar las energías renovables. En el caso de China, aunque ha incursionado en la industria de las energías alternativas, no ha podido lograr que la población tenga la capacidad para acceder a la tecnología. India por su parte, presenta conflictos sociales derivados del cambio estructural de una sociedad tradicional a una sociedad moderna, frenando así el desarrollo de las energías renovables. En el caso de México, se presentan obstáculos en el marco legal, al no favorecer a la generación, implementación y uso de energías alternativas, por el temor que supone una eventual pérdida del control en el sector eléctrico.

Por otra parte, afirmamos que entre los beneficios proporcionados por las energías alternativas se abordan rubros estructurales fundamentales para las naciones analizadas, entre los que se encuentran: la solución de problemas locales ambientales, la proporción de electricidad a zonas alejadas, el mejoramiento de la calidad de vida, la disminución de la centralización del suministro de energía y la oportunidad de generar nuevas fuentes de empleo.

Sobre los proyectos MDL registrados a nivel mundial, Brasil ocupa el tercer lugar después de China e India. Brasil destaca por su capacidad para atraer inversiones extranjeras. Sin embargo, sólo India promueve las

energías alternativas a través de los proyectos MDL pues, aunque representan menores Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE), estas propician los mayores beneficios en cuanto a desarrollo sustentable se refiere. México, por su parte, se ha quedado rezagado en los proyectos MDL por su falta de preocupación ambiental y de su disminución permanente de combustibles fósiles.

Respecto a las propuestas realizadas para lograr el desarrollo de las energías alternativas, los cuatro países destacan la participación del gobierno en la formulación de políticas, leyes e incentivos para el desarrollo expedito de las energías alternativas, sobre todo a través de su apoyo financiero. China propone la inversión en I+D para la reducción de los costos de la tecnología. En tanto que México plantea una nueva cultura energética, con I+D aplicada, la expansión del monitoreo geográfico, la coordinación entre los tres niveles de gobierno, y entre las instituciones públicas o privadas interesadas, tanto a nivel nacional como internacional.

Concluiremos nuestro artículo con un enfoque específico hacia México. Se destaca que, pese el desarrollo incipiente de las energías alternativas, su potencial para tener éxito en el tema es superior al de su capacidad para autogenerar sus propias barreras. El valor superlativo de sus recursos renovables, sus bajas emisiones de CO₂ respecto a las de otros países, y sus reservas actuales de combustibles fósiles, podrán permitirle cambiar de forma gradual su perspectiva hacia las energías alternativas. Dándole tiempo suficiente a México para incursionar en I+D, así como para lograr una significativa reducción de los costos de la tecnología, desarrollar proyectos de financiación e incluso incursionar en la industria de las renovables. Es decir: se trata de reestructurar la infraestructura energética.

Referencias

- Ailawadi, V. S., Bhattacharyya, S. C. (Marzo, 2006). Access to energy services by the poor in India: Current situation and need for alternative strategies. *Natural Resources Forum*, 30(1). pp. 2-14. Obtenido el 15 de marzo de 2010, desde la base de datos: InterScience
- Banerjee, R. (2006). Comparison of options for distributed generation in India. *Energy Policy*, 34(). pp.101-111. Obtenido el 20 de marzo de 2010, desde ScienceDirect.
- Benecke, G. E. (Septiembre, 2008). Success factors for the effective implementation of renewable energy options for rural electrification in India-Potentials of the CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM. *International journal of energy research*, 32(12). pp. 1066-1079. Obtenido el 20 de marzo de 2010, desde la base de datos: InterScience.
- Borges, K., Walter, A., Rei, F. (septiembre, 2007). CDM implementation in Brazil's rural and isolated regions: the Amazonian case. *Climatic Change*, 84(1). pp. 1573-1580. Obtenido el 12 de marzo de 2010, desde la base de datos: SpringerLink.
- Central Intelligence Agency (CIA). (2009). *The World Factbook, China*. Obtenido el 1 de mayo de 2010, desde: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ch.html>
- Goldemberg, J., Coelho, S.T., Lucon, O. (2004a). How adequate policies can push renewables. *Energy Policy*. 32(9). pp. 1141-1146. Obtenido el 8 de marzo de 2010, desde la base de datos: ScienceDirect.
- Goldemberg, J., La Rovere, E. L., Coelho, S. T., Pereira, O. S. (2004b) Expanding the access to electricity in Brazil. *Energy for Sustainable Development*, 8(4). pp. 86-94. Obtenido el 8 de marzo de 2010, desde la base de datos: ScienceDirect.
- Haanyika, C. M. (2006). Rural electrification policy and institutional linkages. *Energy Policy*, 34(17). 2977-2993. Obtenido el 18 de marzo de 2010, desde la base de datos: ScienceDirect.
- Herrera, et al. (2007). Programa especial para el aprovechamiento de energías renovables. SENER. Obtenido el 7 de octubre de 2009, desde: <http://www.sener.gob.mx/>
- Huacuz, J. M. (Julio, 2007). Renewable Energy in Mexico: Current Status and Future Prospects. *Environmental Science and Engineering*, (3). pp. 247-265. Obtenido el 19 de marzo de 2010, desde la base de datos: SpringerLink.
- IIE. (2007). *Plan de acción para eliminar barreras en el desarrollo de la generación eololéctrica en México*. Obtenido el 18 de marzo de 2010, desde: <http://planeolico.iie.org.mx/iiepnud.htm>
- International Energy Agency. (2005). *PVPS Annual Report 2005*. Obtenido el 19 de marzo de 2010, desde: <http://www.ica-pvps.org/ar/index.htm>
- Jung, M. (Octubre, 2006). Host country attractiveness for CDM non-sink projects. *Energy Policy*, 34(15). pp. 2173-2184. Obtenido el 14 de marzo, desde la base de datos: ScienceDirect.
- Modi V. (Diciembre, 2005). Improving electricity services in rural India. *CGSD Working Paper*, (30). Obtenido el 20 de marzo de 2010, desde: http://www.me.columbia.edu/fac-bios/modi/resources/RuralEnergy_India.pdf
- Reddy, A. K. N. (Diciembre, 1999). Rural energy: goals, strategies and policies. *Economic and Political Weekly*, 34(49). pp. 3455-3445. Obtenido el 19 de marzo de 2010, desde la base de datos: JSTOR.
- Schmid, A. L., Hoffman, C. A. A. (Mayo, 2004). Replacing diesel by solar in the Amazon: short-term economic feasibility of PV-diesel hybrid systems. *Energy Policy*, 32(7). pp. 881-898. Obtenido el 12 de marzo de 2010, desde la base de datos: ScienceDirect.
- SENER, (2006) *Balance Nacional de Energía 2005*. Obtenido el 15 de marzo de 2010, desde: http://www.energia.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/balancede2005.pdf
- Shi, D. (2009). Analysis of China's Renewable Energy Development under the Current Economic and Technical Circumstances. *China & World Economy*, 17(2). pp. 94-109. Obtenido el 4 de marzo, desde la base de datos: InterScience.
- UNEP Risoe. (Marzo, 2010). *CDM Pipeline Overview*. Obtenido el 2 de mayo de 2010, desde: <http://cdmpipeline.org>
- United Nation Convention on Climate Change (UNFCCC). (Abril, 2010). *Registered projects by host party*. Obtenido el 1 de mayo de 2010, desde: <http://cdm.unfccc.int>

CORREO ELECTRÓNICO DE AUTORES Y COAUTORES

Alexandra del Carmen Hernández Dinorín
 dinorin_24@hotmail.com
 Dra. Rosa María Romero González
 rossyrg04@yahoo.com.mx
 M. en C. Salvador Pérez-Arce Silva
 sperez@cidesi.mx

Energías alternativas en CICATA, Querétaro

Martín de Jesús Nieto Pérez, Jorge Pineda Piñón, Reynaldo Pless Elling,
Gonzalo Alonso Ramos López, Mónica Araceli Vidales Hurtado

CICATA Querétaro. Cerro Blanco Núm 141. Col. Colinas del Cimatario, Santiago de Querétaro, Qro. MÉXICO C.P. 76090

Resumen

El aprovechamiento de la energía solar se realiza, principalmente, mediante la utilización de dos tipos de tecnologías: fotovoltaicas (que convierten la energía solar en energía eléctrica, con celdas fotoeléctricas), y solar térmica (que aprovecha la energía del Sol para el calentamiento de fluidos o cavidades mediante colectores solares planos, que alcanzan temperaturas de 40 a 100°C, o concentradores, con los que se obtienen temperaturas cercanas a 500°C o superiores). México es uno de los países con mayor potencial, por su insolación diaria media de 5 kWh/m². Pese a esta condición, el aprovechamiento de la energía solar está poco desarrollada en nuestro país. Por ello, atendiendo a este interés se ha conformado el área de energías alternativas en CICATA Querétaro. El grupo de investigadores de ésta área esta enfocado hacia varios proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en el campo de la energía solar térmica. Asimismo, y conscientes del enorme potencial que representa el hidrógeno como combustible del futuro, se trabaja en la generación y aprovechamiento energético de plasmas de hidrógeno con énfasis en aplicaciones en procesos industriales energéticamente más convenientes y amigables con el ambiente, que permitan sustituir a los ya existentes.

Introducción

El ser humano ha utilizado diferentes recursos energéticos a lo largo de su historia. Durante milenios, la energía solar, la energía hidráulica y aquella proveniente de la combustión de madera, han sido las únicas disponibles. Con el uso de carbón, además de energía térmica, se pudo acceder a la generación de energía mecánica a través de la máquina de vapor. A partir de este invento la generación y uso de energía se convirtieron en el motor del desarrollo social y económico. El uso de petróleo y sus derivados trajo consigo el desarrollo y la utilización de las máquinas de combustión interna, aunado a una mejor calidad de vida y, en muchos casos, llena de confort.

Por mucho tiempo no se consideró que este recurso podría limitarse o, inclusive, agotarse. Sin embargo, en la actualidad el petróleo ha dejado de ser un combustible barato en los mercados mundiales. Por otra parte, asociada al creciente uso de estos combustibles la calidad del medio ambiente ha sido menguada de manera significativa, mediante la contaminación de agua, aire y suelo, además del calentamiento global del planeta debido a las emisiones de gases de efecto invernadero. Derivado de ello, las políticas energéticas a nivel mundial se han enfocado hacia el desarrollo y el empleo de nuevas energías renovables que, además de la hidráulica, sustituyan a las derivadas de los hidrocarburos.

De hecho, en algunos países ha comenzado ya la inserción de estas nuevas tecnologías que emplean como fuentes de energía, principalmente, al viento, al

Sol y a las mareas. Actualmente, entre el 15 y el 20 % de la energía en el mundo proviene de estas fuentes renovables y se ha recomendado que para el año 2020 este porcentaje se incremente al 30 % a fin de disminuir el impacto del efecto invernadero [1]. Sin embargo un importante obstáculo para su inserción -- específicamente en el sector industrial-- es la gran demanda energética que las plantas industriales modernas requieren [2].

Por mucho tiempo el principio de la economía de escala (“más grande es más barato”) incentivó la construcción y operación de instalaciones industriales de gran tamaño. Refinerías, plantas eléctricas, siderúrgicas, plantas cementeras y plantas químicas fueron construidas con base en aquel principio, y su legado son instalaciones con una gran demanda energética, principalmente en forma de electricidad y calor. Esta economía se sustentaba en la disponibilidad de fuentes intensivas de energía barata (combustibles fósiles). El paradigma económico de la economía de escala no es compatible con una economía energética basada en energías renovables que, por su naturaleza, no pueden suministrar demandas localizadas tan grandes. Esto es particularmente cierto para entradas de calor de origen solar, en donde dicho esquema es factible económicamente sólo para procesos que requieren temperaturas de 200°C o menos [3]. Así, un proceso de “atomización” industrial tendrá que llevarse a cabo para permitir una mayor penetración de las energías renovables al sector industrial.

La necesidad de energéticos se verá incrementada en las próximas décadas. Se estima un incremento

acumulado del 45 % para el año 2030 [4], por lo que es de gran importancia el uso de fuentes alternas de energía que sean limpias, disponibles, y puedan ser utilizadas con alta eficiencia. El compromiso con las generaciones futuras exige continuar la búsqueda y el desarrollo de nuevas tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente que empleen dichas fuentes, sustituyendo el uso de combustibles fósiles.

Consciente de este compromiso, el CICATA Querétaro ha establecido una línea de investigación y desarrollo de dispositivos que empleen energías no convencionales, teniendo como objetivo generar equipos energéticamente eficientes, económicos, y que puedan sustituir a los ya existentes, o bien, que puedan ser operados en regiones en donde no se cuente con conexión a la red eléctrica. La investigación y desarrollo que se realiza se centran en dos áreas del conocimiento: energía solar térmica, y desarrollos basados en plasmas de hidrógeno.

Desarrollos basados en energía solar térmica

En el área de energía solar térmica, se desarrollan varios dispositivos para aplicaciones de calentamiento de agua, producción de carbón vegetal, refrigeración solar y cocción de tabiques de arcilla.

En cuanto al calentamiento de fluidos con energía solar, hay tecnologías de circulación natural y de circulación forzada. En la primera, el motor de circulación del fluido es directamente la energía solar. En la segunda, se requiere de una bomba de circulación. Los sistemas de circulación natural son sencillos y se basan en el principio por el cual el fluido del circuito primario, calentado por el Sol, disminuye su densidad y se vuelve más ligero y asciende, provocando un movimiento natural del fluido mismo conocido como flujo termosifónico. En estos sistemas el depósito de acumulación del agua tiene que estar colocado más arriba del panel y a poca distancia de éste. Los elementos que forman un sistema solar de circulación natural son: el colector solar y el depósito de almacenamiento [5].

En el CICATA Querétaro se ha fabricado un prototipo de calentador solar con circulación natural para uso doméstico que emplea una lámina de hierro galvanizado como colector solar. El objetivo de este desarrollo ha sido el de obtener un producto más económico que los ya existentes en el mercado. Este proyecto se desarrolló de manera conjunta con la Universidad Tecnológica de San Juan del Río. El prototipo se encuentra en su etapa de optimización y comercialización, debido al interés que ha suscitado

para su instalación a gran escala en nuevas unidades habitacionales.

El uso de albercas al aire libre normalmente está limitado a los meses de verano (tres, aproximadamente). Este tiempo puede prolongarse hasta por seis meses en climas templados, calentando el agua mediante la tecnología solar. Para esta aplicación se requiere mantener la temperatura del agua entre 24-27°C [5]; es decir, compensar las pérdidas que ocurren principalmente durante el transcurso de la noche. Para regiones que cuenten con insolación adecuada, el agua de la alberca se puede circular por un colector solar y, durante el transcurso de la mañana, obtener nuevamente temperaturas del orden de 24- 27°C. Un caso interesante es el uso de albercas domésticas plegables de bajo volumen, que habitualmente se instalan en casas habitación durante las vacaciones. De no contar con un calentador, la tentación de vaciar la alberca y rellenarla al día siguiente, es grande. En CICATA Querétaro se desarrolló un calentador solar flexible, de circulación forzada, para uso en albercas domésticas plegables de bajo volumen y bajo costo, susceptible de ser comercializado junto con la alberca plegable. El prototipo desarrollado permitió alcanzar temperaturas de 24°C.

Actualmente se desarrolla un sistema solar para la fabricación de carbón vegetal con energía solar. Tradicionalmente el carbón vegetal se obtiene mediante la quema parcial de la madera fresca en grandes hornos, con la gran desventaja de que en este procedimiento se consume una parte de la propia madera. En días húmedos se tienen mermas del orden de 40-50 %, sin considerar la significativa contaminación derivada del proceso. La propuesta del CICATA Querétaro es fabricar un horno con concentradores solares, cuyo calor, para llevar a cabo la combustión, sea proporcionado exclusivamente por el Sol. Con esta fuente de energía las mermas serían minimizadas. Se han realizado pruebas preliminares a nivel de laboratorio, obteniendo carbón de buena calidad y altas eficiencias en el proceso.

Otro proyecto de gran interés que está desarrollándose, es el de la refrigeración solar. Este es un proceso conocido y desarrollado en países industrializados. El desarrollo propuesto se basa en el proceso de adsorción-desorción, empleando energía solar. Este proceso utiliza una zeolita más un fluido refrigerante, como metano, etanol o agua. El refrigerante en forma de vapor es adsorbido en la zeolita, con lo que se extrae calor de una cámara, en donde pueden almacenarse alimentos. La energía solar

se utiliza para desorber el fluido refrigerante que ha sido atrapado en la zeolita, y de esta manera regenerarla continuando con el ciclo de refrigeración. Las zeolitas comerciales aún son muy costosas. El desarrollo propuesto se enfoca en la utilización de zeolitas económicas que puedan realizar esta función, a fin de obtener un desarrollo económico.

Uno más de los proyectos sobre el que ya se trabaja en CICATA es la fabricación de un horno solar para la cocción de tabiques de arcilla, que consta de un reflector plano (helióstato) con seguidor solar en dos ejes (rotación-elevación), el cual dirige los rayos del Sol hacia un concentrador parabólico fuera de eje que, a su vez, enfoca la radiación hacia la entrada de una cámara de cocción. En el interior de la cámara se halla una cavidad de cuerpo negro que absorbe la radiación solar y transmite el calor a los tabiques colocados a su alrededor. Se espera que las temperaturas alcanzadas por este sistema estén entre 900 y 1,050°C. Hasta ahora se han construido las partes que lo conforman, faltando llevar a cabo las pruebas para determinar su eficiencia.

Desarrollos basados en plasma de hidrógeno

El hidrógeno es el elemento más ligero de la naturaleza y el más abundante en el universo. Es un gas difícil de licuar. En nuestro planeta se encuentra en la materia orgánica, agua, petróleo, carbón o en gas natural, pero no en forma libre, por lo que para producirlo se requiere invertir una gran cantidad de energía. Los métodos tradicionales para su producción requieren grandes cantidades de energía, entre los cuales está la reformación a partir de metano, un proceso que utiliza vapor de agua y catalizadores obteniendo, como producto secundario, CO₂. Otro método para producirlo con mayor pureza y eficiencia es la electrólisis del agua. Actualmente hay un método novedoso para su producción, que se basa en la generación de plasmas de hidrocarburos de bajo peso molecular.

Un gas con una población importante de electrones libres puede ser catalogado como un plasma. Los plasmas están presentes en la naturaleza en forma de flamas, capas atmosféricas en los planetas y en las estrellas. Existen también plasmas antropogénicos (luces de neón, pantallas de televisión, herramientas industriales para corte, soldadura, o microelectrónica). Puesto que la mayor parte de los avances en tecnología de plasmas se han hecho en plasmas de baja presión (por debajo de la presión

atmosférica) de uso común en la industria de la microelectrónica, los plasmas no han recibido mucha consideración para su inserción en procesos industriales debido al requerimiento de vacío, que no es compatible con muchos procesos continuos e incrementa el costo de capital significativamente [6]. Con el objetivo de remover las barreras de inserción de los plasmas en la industria, se ha considerado el uso de plasmas operando a presión atmosférica [7]. Plasmas atmosféricos fuera de equilibrio térmico han encontrado aplicaciones en remoción de emisiones [8], modificación de superficies [9] y síntesis de químicos, incluyendo amoniaco [10].

En este rubro, en el CICATA Querétaro se desarrolla un método enfocado a la generación de amoniaco, basado en reactores eléctricos a partir de aire y gas natural. La originalidad de este proyecto, entre otras cuestiones, considera escalar hacia abajo el proceso industrial de una manera económica. Para ser rentables, las plantas requieren ser de un tamaño mínimo debido a la economía de escala y a su alto consumo energético. El proceso de síntesis de amoniaco tiene 100 años [11] y las mejoras que se han hecho al proceso son más bien evolucionarias que revolucionarias: eficiencia de equipos, mejores catalizadores y esquemas de integración de calor [12]. El proceso de síntesis de amoniaco tiene un gran consumo de energía primaria en forma de gas natural (metano). El consumo de gas natural en el proceso tiene dos vertientes: como reactivo para la generación de hidrógeno, y como combustible. Del consumo total de gas en una instalación de amoniaco, aproximadamente 2/3 son para realizar la síntesis del producto, mientras que 1/3 del consumo es utilizado para calentar los reactivos y alcanzar las temperaturas de operación necesarias (1000°C). La tecnología actual para plantas de síntesis de amoniaco sólo las hace económicamente rentables para capacidades superiores a 100 toneladas por día, ya que éste es el tamaño mínimo con una tasa de retorno de inversión aceptable. El costo de capital es alto debido a las altas temperaturas requeridas en la etapa de reformación y a las altas presiones requeridas en la etapa de síntesis [13].

Para implementar energías renovables en procesos industriales, siempre es deseable que la inyección de energía al proceso se haga por vía eléctrica, pues la inyección de calor de origen renovable es menos eficiente especialmente cuando se requieren altas temperaturas [3]. Con la generación de plasmas se logra este objetivo.

Este proceso genera especies difíciles de obtener en un



Fig. 1. Prototipo de calentador de agua de placa plana de acero galvanizado. Desarrollo realizado con fines de proveer a las amplias capas de la población residente en el altiplano mexicano de un dispositivo robusto y de bajo costo, aprovechando el excelente recurso solar que se da en esta zona, ante todo en las temporadas de otoño e invierno, cuando más requiere de agua caliente.

sistema en equilibrio térmico, como moléculas excitadas, radicales libres e iones positivos. Estas especies son sumamente reactivas y su presencia hace del medio un sistema mucho más reactivo que el estado de equilibrio termodinámico. Puesto que la inyección energética al sistema se hace mediante un campo eléctrico, y no por vía térmica, la compatibilidad con energías renovables se incrementa de manera significativa.

Para la síntesis de amoníaco se generan especies reactivas de hidrógeno y nitrógeno, a partir de plasmas de metano y aire, respectivamente. Posteriormente estas interactúan formando la molécula de amoníaco más CO_2 como producto secundario.

Dos estrategias pueden implementarse para reducir las emisiones asociadas con la producción de amoníaco: 1) disminución en la temperatura de reformación, y 2) utilizar el CO_2 generado durante la síntesis para fabricar otro compuesto, como puede ser ácido carbónico, o urea. La primer estrategia puede implementarse utilizando energía renovable para alimentar el proceso; la segunda requiere una integración de cadenas de producción. En el caso del amoníaco la síntesis de urea es la opción lógica, pues es un proceso que requiere NH_3 y CO_2 como reactivos. La implementación de ambas estrategias reduce las emisiones directas de CO_2 asociadas con el proceso, en



Fig. 2. Helióstatos empleados para la captación de la radiación solar. La energía incidente es direccionada a un espejo concentrador parabólico fuera de eje, el cual dirige la radiación hacia la entrada de una cámara de cocción.

casi un 100 %.

Otro de los proyectos de interés en este campo, es el desarrollo de un dispositivo para el reformado de metano, a partir de plasmas, a bajas temperaturas para la producción de hidrógeno en el propio sitio de consumo. Este dispositivo se aplicaría en conjunto, con celdas de combustible para generar energía eléctrica que pueda ser empleada en, por ejemplo, automóviles. El gran problema de la tecnología de celdas de combustible es que se requiere el almacenamiento de hidrógeno en tanques presurizados a 3,000 psi, cuestión que resulta inconveniente. La alternativa, entonces, es emplear cilindros de metano, o etano, gases fácilmente licuables, generando plasmas para la producción de hidrógeno.

Otros proyectos están relacionados con el aprovechamiento de plasmas de hidrógeno en reactores tipo tokamak. Entre ellos, el estudio de impacto de plasmas muy energéticos sobre superficies de tungsteno o de carbono reforzado, que se utilizan como primera pared en estos reactores.

Adicionalmente a los proyectos que contemplan la generación de plasmas para la producción de hidrógeno, cabe mencionar un desarrollo de los investigadores del CICATA. Se trata del uso de aluminio de desecho (por ejemplo, latas de cerveza o

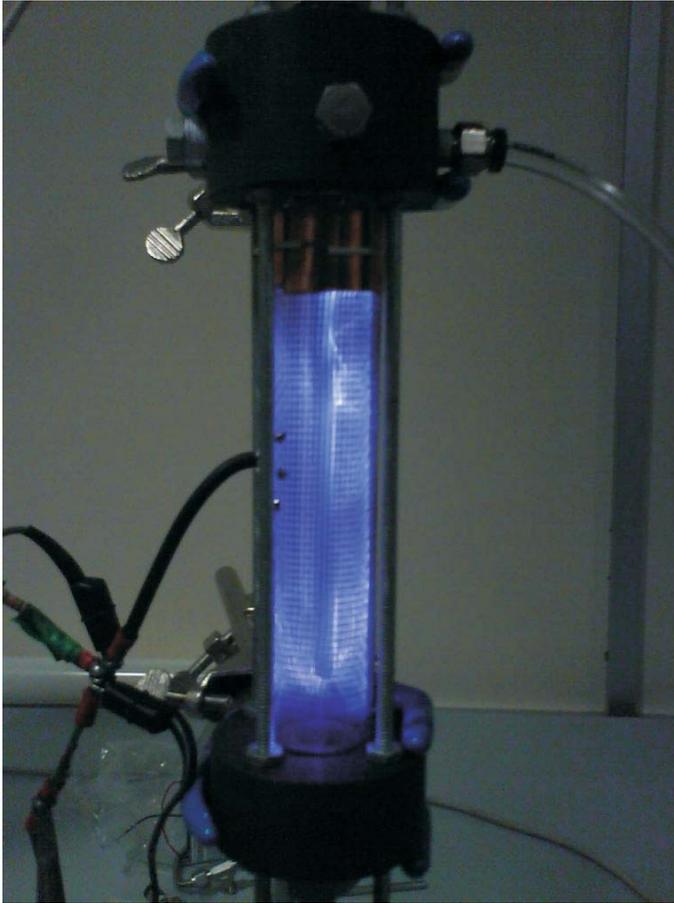


Fig. 3. Prototipo de reactor de plasma de barrera dieléctrica. Desarrollo aplicado en la generación de hidrógeno y síntesis química.

de refresco) como materia prima para la producción de gas hidrógeno, para utilizarse de inmediato en la energización de celdas de combustible o de un refrigerador basado en el sistema de absorción amoníaco-agua, en donde el boiler es calentado por combustión directa de hidrógeno en aire. El gas hidrógeno se libera con facilidad mediante hidrólisis alcalina del aluminio de desecho.

Conclusiones

Es de suma importancia valorar y atender el compromiso que se tiene con la naturaleza y las generaciones futuras, una forma de afrontarlo es a través de la educación, en todos los niveles, enfocada a estimular el desarrollo y empleo de energías alternativas y de dispositivos eficientes, donde estas puedan ser aplicadas.

Referencias

- [1] <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7053/1/QuesonER211009>.
- [2] Wohlgemuth, N.; Monga, P. "Renewable energy for industrial applications in developing countries". Proc. of ISES Solar World Congress 2007. Solar Energy and Human Settlement, 2940-4, 18-21 Sept. 2007, Beijing, China.
- [3] Schnitzer, H.; Brunner, C.; Gwehenberger, G. "Minimizing greenhouse gas emissions through the application of solar thermal energy in industrial processes". *Journal of Cleaner Production* 15, p. 1271 (2007).
- [4] Jorge Blazquez, José María Martín-Moreno, "Tendencias globales del consumo de energía y sus implicaciones sobre las emisiones de gases de efecto invernadero", AMBIENTA, gobierno de España, 86, p. 47 (2009).
- [5] <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7067/1/termica>.
- [6] Ono, S. "The dawn of atmospheric-pressure plasma". Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan A, vol. 126-A, pp. 8 (2006).
- [7] Kogelschatz, U. "Dielectric-barrier Discharges: Their History, Discharge Physics, and Industrial Applications". *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 23, p. 1 (2003).
- [8] Penetrante, B. M.; J. N. Bardsley, et al. "Kinetic analysis of nonthermal plasmas used for pollution control." *Japanese Journal of Applied Physics* 36, n. 7B, p. 5007 (1997).
- [9] Cernakova, L.; Kovacik, D. et al. "Surface modification of polypropylene non-woven fabrics by atmospheric-pressure plasma activation followed by acrylic acid grafting." *Plasma Chemistry and Plasma Processing* 25 n. 4, p. 427 (2005).
- [10] Mizushima, T.; Matsumoto, K. et al.. "Tubular membrane-like catalyst for reactor with dielectric-barrier discharge plasma and its performance in ammonia synthesis." *Applied Catalysis A: General* 265, p. 53 (2004).
- [11] Haber, F. "The synthesis of ammonia from its elements", 1920 Nobel Lecture
- [12] Russel, J. G.; Stokes, K. J. "Energy efficiency in ammonia plants". *Chemical Engineering Progress* 80, n. 6, p. 33 (1984).
- [13] Sukumaran-Nair, M. P. "Ammonia industry – today and tomorrow". *Hydrocarbon Processing*, n. 4, p. 47 (2006).

Correo electrónico autores:

Martin de Jesús Nieto Pérez <mnietop@ipn.mx>,
 Jorge Pineda Piñón <arqjpp@yahoo.com>,
 Reynaldo Pless Elling <rpless@ipn.mx>,
 Gonzalo Alonso Ramos López <gramos@ipn.mx>,
 Mónica Araceli Vidales Hurtado <aravidh@gmail.com>,

Panorama general del uso de aerogeneradores como una alternativa para la generación de energía eléctrica

Autores: Franco-Piña J. Alejandro, Méndez-Loyola C. Maurino, Toledano-Ayala Manuel, Soto-Zarazúa Genaro Martín, Herrera-Ruiz Gilberto, Peniche-Vera Rebeca del Rocío.

División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, Querétaro, Qro., México C.P. 76010.

Resumen

En este trabajo se presenta un panorama general de la situación actual del uso de generadores a nivel mundial, considerando la capacidad total instalada de energía eólica, donde se muestra el crecimiento a partir del año 2001 hasta el proyectado para el año 2010; la tasa de crecimiento del mercado (1998-2009); los países con mayor crecimiento en este rubro, donde destaca México encabezando la lista con un 370% obtenido en el 2009, seguido de Turquía, China, Marruecos y Brasil; la nueva capacidad instalada de distribución encabezada por China, seguida por Estados Unidos, entre otros datos de relevancia. Al final del artículo, se dan a conocer proyectos que se han realizado en México, el esquema de trabajo, desarrolladores, fechas, capacidad de generación y otros datos adicionales que muestran las oportunidades de desarrollo de sistemas tecnológicos basados en el aprovechamiento del recurso eólico.

1. Introducción

El aumento de la demanda energética, como consecuencia del crecimiento de la población mundial -que hoy en día es cuatro veces mayor que la del siglo XX [1]-, la producción y el mayor nivel de vida alcanzado, llevan consigo problemas ecológicos de diversa índole, como, por ejemplo, el agotamiento de los recursos naturales. El uso excesivo de combustibles fósiles tales como el petróleo, el gas natural y el carbón, continúa constituyendo una parte muy significativa en la dinámica del balance energético internacional. El agotamiento de estos recursos, junto con el necesario control de los procesos de contaminación, se han convertido en los elementos esenciales de decisión para el uso de fuentes de energías alternas como la energía eólica, la cual forma parte de las alternativas propuestas por las energías limpias y renovables [2] en contraste con la utilización de energías tradicionales.

La generación de energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles no sólo genera incrementos en los costos de la energía eléctrica [3], sino que también contribuye a propagar la contaminación y los cambios climáticos debido a que los gases producidos afectan directamente a la atmósfera [4-7]. En el futuro, para seleccionar los recursos de energía primaria necesarios para cubrir la gran demanda energética, los parámetros más importantes en la producción de energía serán los factores económicos y ambientales.

Hoy en día el 85% de las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo se obtienen mediante el sector energético [8,9]. Dado que el aumento de la contaminación del medio ambiente se determina en función del incremento de la generación de energía y el consumo, ambos deben de ser tomados en consideración al establecer las medidas adecuadas que permitan la reducción de dichos gases.

Para la evaluación de las fuentes de energía se deben de considerar algunos factores determinantes tales como las reservas restantes, la distribución geográfica, las cuotas de producción, la estabilidad de precios, la situación comercial, la fiabilidad de origen y los efectos ambientales. Sopesando la perspectiva que impone la consideración de todos estos factores, las tecnologías de energías renovables ocupan un lugar preponderante en la generación de energía en el futuro [10]. Específicamente, el uso de energía eólica como una posibilidad de energía alternativa ha cobrado un gran ímpetu en todo el mundo debido a los grandes beneficios y características inherentes, considerándola como una de las mejores opciones de energía alterna [11].

A este respecto los aerogeneradores, mecanismos conversores de energía eólica, pueden producir energía eléctrica de dos formas:

1. Por medio de aplicaciones aisladas: son generalmente de mediana potencia y se utilizan para usos domésticos o agrícolas.

También se utilizan los de gran potencia pero sólo en usos específicos tales como desalinización de agua marina, producción de hidrógeno, etc. [12].

2. Conexión directa a la red: esta variante se distingue de forma específica por la utilización de aerogeneradores de grandes potencias, los cuales forman parques eólicos encargados de abastecer de energía a zonas urbanas principalmente. Sin embargo, para que la energía eólica pueda ser utilizada con cierta eficacia en una zona determinada, las características del viento deben cumplir una serie de condiciones relativas a velocidad, continuidad, estabilidad, entre otras.

La energía generada por sistemas eólicos ha tenido un mayor incremento dinámico en los últimos años. Desde 2007, las instalaciones alrededor del mundo han crecido más del doble, lo cual significa que en tan sólo dos años la proliferación de generadores eólicos instalados en el mundo se duplicó, por lo que se abre la posibilidad de que en este 2010 se registre un 15% en el crecimiento con respecto al 2009 [8]. Estos datos reflejan una tendencia particular que motiva a los autores de este trabajo a investigar el panorama global de la energía eólica, con el fin de encontrar nichos de oportunidad para el aprovechamiento del recurso eólico en nuestro país.

2. Panorama global de la energía eólica.

El crecimiento de la energía eólica en el mundo se ha incrementado en este último año con respecto a periodos anteriores. La capacidad eólica en el mundo registrada en el año 2009 fue de 159,213 Megawatts (MW), después de los 120,903 MW del 2008, 93,930 MW en 2007, 74,123 MW en 2006, y 59,012 MW en 2005, de acuerdo con la World Wind Energy Association (WWEA). Como se puede observar en las cifras anteriores, la tendencia a incrementar capacidad eólica instalada es más del doble en intervalos de tres años (Figura 1).

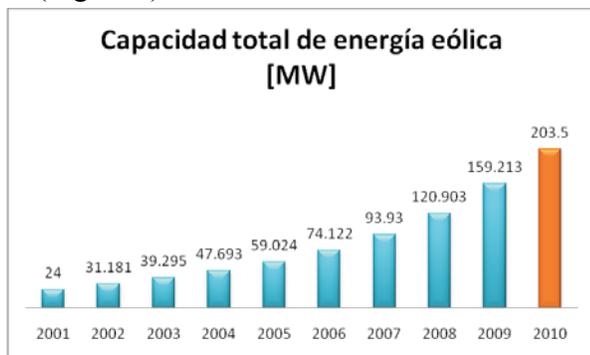


Figura 1. Capacidad total instalada de energía eólica en el mundo. Fuente: WWEA

En cuanto al sector mercantil, los nuevos aerogeneradores mostraron una alza de 42.1% y se alcanzó un volumen global de 38,312 MW, siendo de 26,969 MW en 2008, de 19,808 MW en 2007 y de 15,111 MW en el año 2006. Hace diez años, el mercado de los nuevos aerogeneradores tenía un tamaño de 4 GW, es decir, solamente una décima parte del tamaño de 2009 (Figura 2).

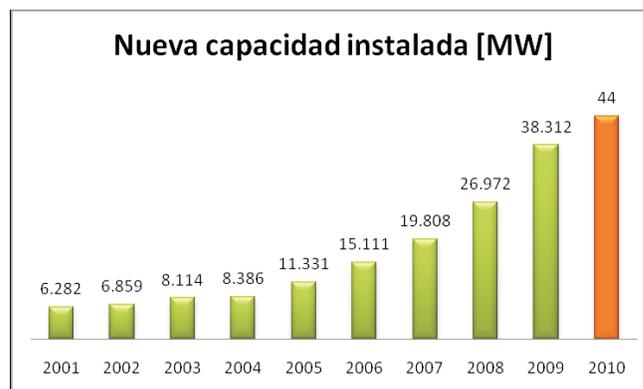


Figura 2. Capacidad instalada de energía eólica en el mundo. Fuente: WWEA

Asimismo, el volumen de ventas del sector eólico a nivel mundial en el año 2009 alcanzó los 50 mil millones de euros en comparación con 40 mil millones de euros generados en el año anterior. Estos datos pronostican un futuro próspero para esta industria, no obstante, no está exenta del contexto económico mundial que enfrentamos en la actualidad.

2.1 La energía eólica y la crisis financiera mundial.

A pesar de la crisis económica mundial y las magras condiciones financieras que ésta provocó, el desarrollo general del sector eólico no se detuvo. Muchos gobiernos están en franco proceso de acelerar el uso del viento en sus países, ya que la inversión en energía eólica y otras energías renovables son vistas como la respuesta financiera más viable para la resolución de los problemas del sector energético. La utilización de energía eólica en las naciones permite la regularización de los precios de la energía en general, lo que propicia, por consiguiente, una reducción sustantiva de los riesgos económicos de inversión que eventualmente pudieran presentarse.

Adicionalmente han surgido perspectivas interesantes para la financiación de proyectos de energía eólica y otras energías renovables, como la que se presentó en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Allí, la Alianza

Internacional de Energía Renovable propuso la XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático (COP15) en Copenhague, Dinamarca, la cual propone la creación de un fondo mundial para la inversión de energía renovable, incluyendo un programa de tarifas para el consumo global. Esta propuesta está dirigida principalmente a los países en vías desarrollo recientemente industrializados enfocada a la inversión de gran escala en energías renovables.

2.2 Tasa de crecimiento de la energía eólica.

La tasa de crecimiento de la energía eólica se determina por la relación entre la nueva capacidad eólica instalada y la capacidad instalada del año anterior. La tasa de crecimiento anual ha aumentado sostenidamente desde el año 2004, alcanzando el 31.7% en 2009, siendo ésta la tasa más alta registrada desde 2001, después de 28.7% en 2008, 26.7% en 2007, 25.6% en el año 2006, 23.8% en 2005 y 21.3% en 2004 (Figura 3).

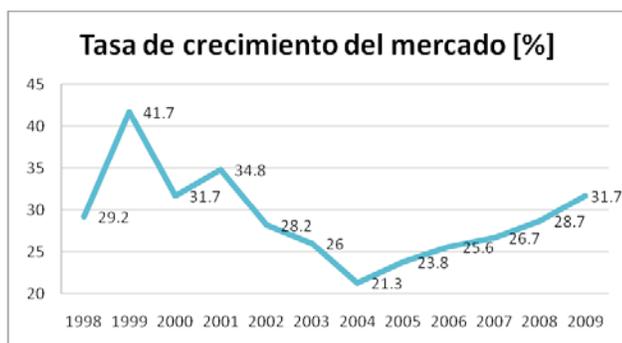


Figura 3. Tasa de crecimiento del mercado mundial en energía eólica. Fuente: WWEA

En este sentido, los países con tasas de crecimiento en energía eólica mayores al 100% en el año 2009 fueron los siguientes (Figura 4):

- " México en primer lugar quien cuadruplicó su capacidad instalada y tuvo la tasa más alta entre los gobiernos y organizaciones internacionales;
- Turquía con un crecimiento de 132%;
- " China con el 113%;
- Marruecos con un 104% [8].

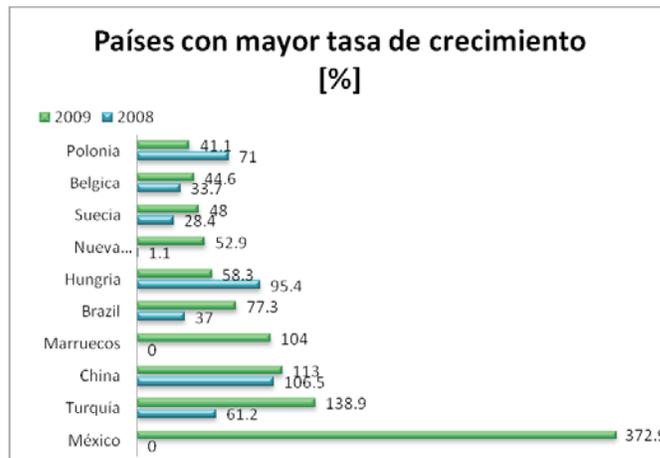


Figura 4. Primeros 10 países con mayor tasa de crecimiento en energía eólica en 2009. Fuente: WWEA

Es alentador ver que tres de los cinco mercados más dinámicos se encuentran en África (Marruecos) y en América Latina (México y Brasil), dos regiones que, sin embargo, siguen estando detrás del resto del mundo en el uso comercial de energía eólica. Entre los principales mercados se encuentran EE. UU. con un 39.3%, Canadá con el 40.1% y Francia con un 32.8%, los cuales mostraron tasas de crecimiento superiores a la media [8].

2.3 Principales mercados de energía eólica en 2009.

En el año 2009, en total 82 países utilizan la energía del viento con fines comerciales, de los cuales 49 países aumentaron su capacidad instalada. China y EE. UU. se han establecido como los países con mayor capacidad para la instalación de energía eólica. En conjunto, los mercados de nueva capacidad eólica representan el 61.9% de la capacidad adicional, porcentaje que es sustancialmente mayor que el año anterior 53.7%.

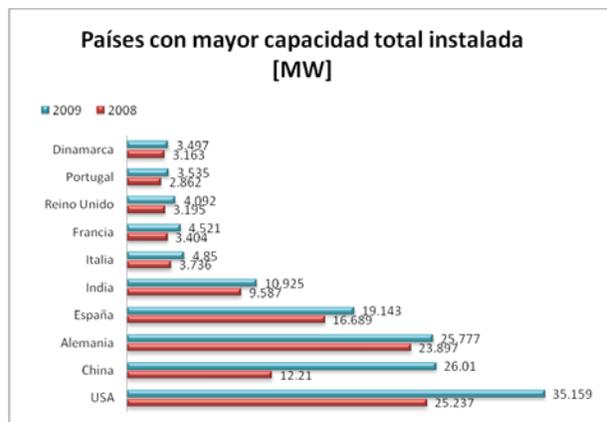


Figura 5. Primeros 10 países con mayor capacidad total instalada de energía eólica en 2008 y 2009 Fuente: WWEA

Diez países pueden considerarse como los principales mercados con ventas de aerogeneradores en un rango entre 0.5 y 2.5 Gigawatts (GW): China, Estados Unidos, España, Alemania, India, Francia, Italia, Canadá, Reino Unido y Portugal (Figura 6).

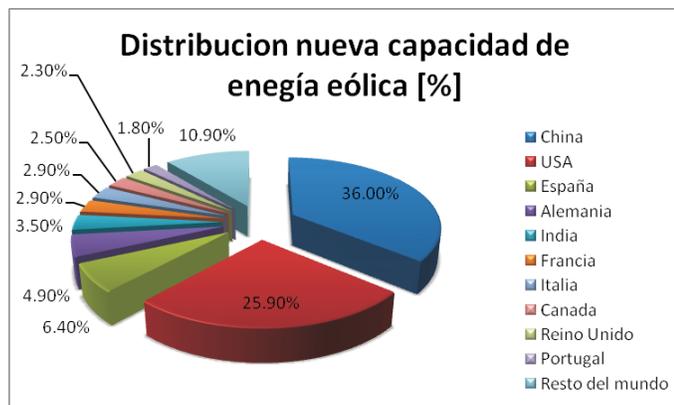


Figura 6. Distribución de la nueva capacidad de energía eólica en el mundo en 2009. Fuente: WWEA

Así mismo, doce nuevos mercados para los aerogeneradores tienen un tamaño medio entre 100 y 500 MW: Turquía, Australia, Dinamarca, México, Brasil, República de Irlanda, Polonia, Japón, Nueva Zelanda, Bélgica, Corea del Sur y Grecia.

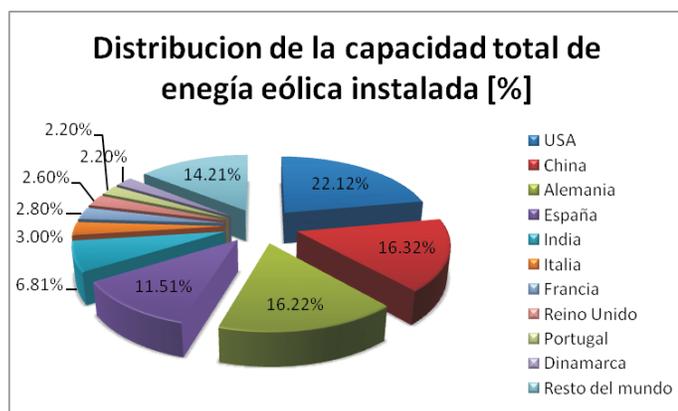


Figura 7. Distribución mundial de la capacidad total de energía eólica instalada al 2009. Fuente: WWEA

En la figura anterior se puede observar que EE. UU. y China, en conjunto, representaban 38.4% de la capacidad eólica mundial. Además, los cinco países (EE. UU., China, Alemania, España e India) registraban un 72.9% de la capacidad eólica en todo el mundo (un poco más del 72.4% en comparación con 2008). Asimismo, se observa que la diversificación de la capacidad instalada en otros países ocupa ya un lugar preponderante dentro de la distribución mundial del uso de energía eólica a gran escala.

Continuando con los datos estadísticos, para finales de

2009 17 países tenían instalaciones de más de 1,000 MW, en comparación con 16 países a finales de 2008, 13 países al término del año 2007 y 11 terminando el 2005. Además, en el 2009 había en todo el mundo 35 países con parques eólicos que contaban con una capacidad instalada de 100 MW o superior, en comparación con 32 países en el año anterior y 24 países de hace cuatro años.

3. Recurso eólico en las zonas urbanas.

La energía producida por el viento en sectores urbanos presenta más dificultades de ser aprovechada debido a que las edificaciones, construcciones y estructuras urbanas inherentes a una ciudad provocan un flujo de viento complejo, lo que disminuye el valor del recurso con respecto al viento convencional por ser un flujo muy turbulento; a su vez, las variaciones de dicho viento son muy significativas en poca distancia. Como resultado, las turbinas eólicas deben ser instaladas a

alturas superiores a los 3 metros, lo cual incrementa el costo debido a la instalación de torres [13].

Actualmente, la mayoría de las turbinas fabricadas son de eje horizontal. Se utilizan comúnmente en aerogeneradores emplazados en zonas sin conexión a la red eléctrica representando una buena alternativa para la generación de energía. No obstante, en la actualidad, en zonas con un adecuado suministro eléctrico como las ciudades, su instalación no es tan sencilla pensando, por ejemplo, en un aerogenerador de mediana a gran escala. Por esta razón, cada día son más los fabricantes de turbinas verticales ya que su uso dentro de las poblaciones urbanas es creciente. La instalación y utilización de aerogeneradores domésticos como fuentes de energía alternativa pueden ser la solución para abastecer de electricidad a viviendas, empresas y pequeños núcleos urbanos no conectados a la red eléctrica. Sin embargo, un problema frecuente que presentan los aerogeneradores es el exceso de sus dimensiones en caso de su estructura así como las vibraciones y ruido que provocan, por lo cual empresas y científicos de todo el mundo se encuentran trabajando para construir aerogeneradores pequeños, silenciosos y eficientes que puedan ubicarse en zonas urbanas [13-14].

3.1 Empresas y organización de energía eólica en las zonas urbanas.

A continuación se incluye una breve descripción de las principales empresas y organizaciones orientadas al desarrollo e investigación en aerogeneradores para uso urbano, con sus respectivos sitios *web*.

ExRo Technologies: Los generadores VIEG tienen la particularidad de haber sido concebidos desde el inicio para adaptarse en forma casi completa a velocidades extremas de viento, incluso aprovechando velocidades muy bajas cercanas a cero.
<http://www.exro.com/>

Quietrevolution (QR): Se trata de aerogeneradores que tienen la ventaja de ser silenciosos y modernos. Ideales para ser instalados en zonas urbanas, donde los ruidos y vibraciones pueden molestar a los vecinos. La novedad que introduce *QR* es el diseño de aerogeneradores de ejes verticales con forma de S. Esta disposición ayuda a amortizar el ruido molesto que generan las turbinas y a reducir las vibraciones.
<http://www.quietrevolution.co.uk/>

Energy Ball: Es una turbina ideada para el uso doméstico compuesta por seis paletas que giran alrededor de un eje. Gracias a su particular diseño, la pequeña esfera eólica produce menos ruido y es más eficaz al aprovechar vientos más suaves.
<http://www.homeenergy.com>

Enflo: Es un equipo de fácil instalación, genera una potencia de 0,5 kW y produce muy poco ruido, por lo que puede instalarse en zonas urbanas.
<http://www.enflo-windtec.com>

Urban Green Energy: Son aerogeneradores de pequeña escala ideales para uso doméstico, ya sea en ciudad o en zonas donde no es posible el uso de la red eléctrica.
<http://www.urbangreenenergy.com>

Skystream: Empresa dedicada a la fabricación de aerogeneradores de eje horizontal de baja potencia para uso doméstico.
<http://www.skystreamenergy.com/>

AirBreeze: Son turbinas de baja potencia para uso doméstico.
<http://www.airbreeze.com/>

World Wind Energy Association: Es una asociación internacional sin fines de lucro que abarca el sector eólico a nivel mundial y cuenta con miembros en 90 países.
<http://www.wwindea.org>

Global Wind Energy Council: Representación de la industria eólica a nivel internacional en negociaciones del cambio climático.
<http://www.gwec.net/>

La Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C AMDEE: nace en 2005 para promover la generación y desarrollo de la energía eólica en México.
<http://www.amdee.org>

4. Proyectos eólicos en México

Tanto Europa como Norteamérica son las regiones líderes en el aprovechamiento de energía eólica a gran escala en donde los bajos costos propician muchas oportunidades de establecer convenios comerciales, no solamente en lugares donde el acceso a la energía es más difícil, sino especialmente en lugares donde existe oportunidad de producción de plantas eólicas de generación distribuida. La reducción de dichos costos lleva consigo nuevas investigaciones, lo que propicia la generación de tecnologías más eficientes y económicas, favoreciendo un número creciente de aplicaciones que hace algunos años eran impensables [15].

Desde 1977, la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) creó un Acuerdo para la Cooperación en la Investigación y Desarrollo de Sistemas de Generación Eolo-eléctrica (“The Implementing Agreement for Cooperation in the Research and Development of Wind Turbine Systems”). Hasta 1995 se habían integrado 16 países (Alemania, Australia, Austria, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Grecia, Italia, Japón, Países Bajos, Noruega, Nueva Zelanda, Reino Unido y Suecia.), los cuales, en su mayoría, han establecido programas gubernamentales para apoyar la investigación y desarrollo tecnológico en el tema. Asimismo, casi todos los países integrados al acuerdo cuentan actualmente con un marco regulador que apoya la implantación de la generación eolo-eléctrica. Cabe destacar que México ingresó a dicho Acuerdo en 1997 [16].

De acuerdo a la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), en nuestro país el porcentaje de generación mediante energía eólica es 0.11%, con una capacidad eólica instalada de 2.1 MW que genera el 0.002% de la electricidad anual; a diferencia de Costa Rica, donde el 3% de la generación eléctrica se realiza mediante energía eólica. La energía eólica explotable en el Istmo de Tehuantepec podría suministrarnos un 7% de las necesidades de energía eléctrica a nivel nacional referido al consumo del 2005. Desde el 2004 se sigue un plan de acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eolo-eléctrica en México Fase I, un proyecto del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) para apoyar a la energía eólica en nuestro país. El proyecto comprende la revisión del marco regulatorio, la

capacitación de los personal ejecutivo encargado de la toma de decisiones y del personal técnico mediante el establecimiento de un Centro Regional de Tecnología Eolo-Eléctrica en Oaxaca, que incluye un banco de pruebas, una evaluación continua de los recursos

eólicos y la compilación de estudios de viabilidad para preparar tres granjas eólicas comerciales de 15 a 20 MW. Esta ayuda del GEF suma \$4,7 millones de dólares. En la tabla 1 se muestra un resumen de los proyectos de energía eólica en México de acuerdo a la AMDEE.

Proyectos de Energía Eólica en México						
Proyectos en Operación						
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
La Venta	Oaxaca	OPF	CFE	Vestas	1994	1.6
La Venta II	Oaxaca	OPF	CFE	Gamesa	2006	83.3
Parques Ecológicos de México	Oaxaca	Autogeneración	Iberdrola	Gamesa	2009	79.9
Eurus, 1ra Fase	Oaxaca	Autogeneración	Cemex/Acciona	Acciona	2009	37.5
						202.28
Proyectos en Construcción						
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
Bii Nee Stipa I	Oaxaca	Autogeneración	CISA-Gamesa	Gamesa	2010	26.35
Gobierno Baja California	Baja California	OPF	GBC/Turbo Power Services	Gamesa	2010	10
La Venta III	Oaxaca	PEE	CFE/Iberdrola	Gamesa	2010	101
Oaxaca I	Oaxaca	PEE	CFE/EYRA	Vestas	2010	101
La Mata - La Ventosa	Oaxaca	Autogeneración	Eléctrica del Valle de México (EDF-EN)	Clipper	2010	67.5
Eurus 2da Fase	Oaxaca	Autogeneración	Cemex/Acciona	Acciona	2010	212.5
Fuerza Eólica del Istmo	Oaxaca	Autogeneración	Fuerza Eólica	Clipper	2010-2011	50
						568.35
Proyectos en Desarrollo						
Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Turbinas	FOC	MW
Oaxaca II, III y IV	Oaxaca	PEE	CFE/???	Por definir	2011	304.2
Vientos del Istmo	Oaxaca	Autogeneración	Preneal	Por definir	2011-2012	395.9
Bii Hioxio	Oaxaca	Autogeneración	Unión Fenosa	Por definir	2010-2011	227.5
Bii Stinú	Oaxaca	Autogeneración	Eoliatec del Istmo (Eolia)	Por definir	2010-2014	164
Santo Domingo	Oaxaca	Autogeneración	Eoliatec del Pacífico (Eolia)	Por definir	2010-2014	160
Bii Nee Stipa	Oaxaca	Autogeneración	CISA-Gamesa	Gamesa	2010-2014	288
Desarrollo Eólicos Mexicanos	Oaxaca	Autogeneración	Renovalia	Por definir	2010-2014	227.5
Unión Fenosa	Baja California	Exportación	Gas Natural/Union Fenosa	Por definir	2011-2014	400
Sempra	Baja California	Exportación	Sempra	Por definir	2011-2014	300
Fuerza Eólica	Baja California	Exportación	Fuerza Eólica	Por definir	2011-2014	400
						2,867.1
Total MW						3,637.7

OPF: Obra Pública Financiada

FOC: Fecha de Operación Comercial

PEE: Productor Externo de Energía

Tabla 1.

5. Conclusiones

El presente trabajo ha mostrado un panorama internacional y nacional del estado que guarda la implantación y aprovechamiento de la energía eólica. Las cifras muestran un crecimiento sostenido en lo concerniente a la capacidad total instalada, la nueva capacidad instalada, el crecimiento del mercado y la distribución de energía eólica durante el último lustro. Desde hace algunos años, las energías renovables han ocupado un papel importante en el mundo, sin embargo, es a partir del año 2009 cuando se presenta un “boom” en materia de energía, especialmente energía eólica. Es importante señalar que, en el año en curso, México ocupó el primer lugar a nivel mundial en porcentaje de crecimiento en energía eólica.

Finalmente, a pesar del gran incremento que se presentó en nuestro país en el 2009, la capacidad instalada es aún inferior comparada con la de otros

países, lo que representa un área de oportunidad para que los desarrollos tecnológicos se incorporen a parques eólicos de mediana y gran escala. Además, se espera que se genere una conciencia cada vez mayor tanto a nivel gubernamental como de la iniciativa privada para que, consecuentemente, se impulse la investigación y la industria relacionada con el recurso eólico para la generación de energía eléctrica, oportunidad que los ingenieros especialistas no deben dejar pasar.

Referencias

- [1] M. Arif Ozgur, (2008). Review of Turkey's renewable energy potential. *Renewable Energy*. 33(11): 2345-2356.
- [2] A. K. Hossain y O. Badr, 2005. Prospects of renewable energy utilization for electricity generation in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 11(8): 1617-1649.
- [3] Poder Ejecutivo Federal, 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. *Energía, Electricidad e Hidrocarburos*. Págs. 130-133.
- [4] G. Wood y M. Newborough, (2003). Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behavior and design. *Energy and Buildings*. 35(8):821-841.
- [5] G. Verbeeck, y H. Hens, (2005). Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable. *Energy and Buildings*. 37(7):747-754.
- [6] OECD/International Energy Agency, 2006. WEO: World Energy Outlook 2006. ISBN: 92-64-10989-7.
- [7] International Energy Agency (IEA), (2006). *Energy Technology Perspectives Scenarios and Strategies to 2050*. ISBN 978-92-64-04142-4.
- [8] International Energy Agency (IEA), (2004). *World energy outlook 2004*. 2004(22): i-576-577.
- [9] Turkey Environment Foundation Publication, (2006). *Assessing the potential of renewable energy sources in Turkey*. 28(15):2303-2315.
- [10] R. Edinger y S. Kaul, (2000). Humankind's detour toward sustainability: past, present and future of renewable energies and electric power generations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 4(3): 295-313.
- [11] P. D. Lund, (2008). Effects of energy policies on industry expansion in renewable energy. *Renewable Energy*. 34(1): 53-64.
- [12] G.L. Park et al., (2008). Potential of wind-powered renewable energy membrane systems for Ghana. *Desalination*. 248(1-3): 169-176.
- [13] C.P. Underwood et al., (2007). Renewable-energy clusters for remote communities. *Applied Energy*. 84(6): 579-598.
- [14] F. Wang, et al., (2007). The methodology for aerodynamic study on a small domestic wind turbine with scoop. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 96(1): 1-24.
- [15] "Wind Power Green Tech Renewable Energy Investment Opportunities".! <http://www.marketoracle.co.uk/Article17349.html> (Consultada 20 marzo de 2010).
- [16] R. Borja Díaz Marco Antonio, (1998). *Estado del Arte y Tendencias de la tecnología eolo-eléctrica*. Programa Universitario de Energía UNAM, México. ISBN 968-36-7433
- [17] Los sitios web de las empresas y organizaciones mencionadas, así como sus documentos oficiales.

Evolución de la innovación en las patentes de los diseños de calentadores solares para agua

Autores: Víctor Ariel Paulín Ruiz, Dra. Rosa María Romero González, Dr. Guillermo Rodríguez Vilomara

Resumen

El estudio trata sobre una investigación descriptiva que recopila información acerca de los diseños patentados de calentadores solares para agua de uso residencial, incluyendo una recapitulación de los conceptos básicos de la propiedad intelectual y de las características generales de los calentadores solares comerciales. El objetivo de la investigación está enfocado hacia la búsqueda y el análisis del nivel de innovación en los diseños de los calentadores solares para agua en un proceso de evolución tecnológica, como un factor auxiliar de la evaluación sobre la madurez tecnológica de los productos.

La metodología siguió cuatro etapas: exploración (búsqueda de patentes y solicitudes de patentes en las bases de datos de los organismos reguladores de la propiedad industrial); clasificación (identificación de diseños representativos con variantes significativas de la tecnología vigentes); análisis (sobre su comportamiento como innovación incremental o radical en los diseños, buscando las relaciones entre los factores constructivos de las tecnologías desarrolladas, con la época, y; conclusiones de los resultados obtenidos.

Palabras clave: colectores solares, calentadores de agua, innovación, patentes.

Abstract

The study is a descriptive research which provides information on the patented designs of solar water heaters for residential use including a recap of the basics of intellectual property and general characteristics of commercial solar water heaters. The objective of the research is focused on search and analysis of the relationship of the level of innovation in the design of solar water heaters in a process of technological change as an auxiliary factor in the assessment of technological maturity of the products.

The development methodology four stages: exploration, patent search and patent applications in the databases of regulatory agencies of industrial property, classification, identification of representative designs with significant variants of existing technology, analysis, about his behavior as an innovation incremental or radical designs,

Introducción

Hay varios caminos para alcanzar el conocimiento práctico necesario y desarrollar el diseño conceptual de un prototipo. Uno importante, pero usualmente poco valorado por los inventores, es realizar una investigación de patentes. Para cubrir una necesidad tecnológica no hay sólo una manera. Una base de datos de patentes puede auxiliar a observar varios modos de resolver un mismo problema. Más aún, permite no partir de cero. El examinador de patentes de la Armada soviética, Genrich Altshuller, utilizó esta idea para desarrollar, en el año de 1946, el método TRIZ (Teoría para Resolver Problemas de Inventiva). El método se apoya en la hipótesis de que hay principios de creatividad universal que son la base para las innovaciones y los avances tecnológicos. Si estos principios pueden identificarse y codificarse, enseñarán a las personas cómo hacer más predecible un proceso creativo.

El objetivo de esta investigación no se enfoca en las metodologías para la creación de innovaciones, sino en la búsqueda y análisis de la relación del nivel de innovación en las patentes de los diseños de los calentadores solares para agua en un proceso de evolución tecnológica, la variación de los diseños a través del tiempo; como un indicador de la madurez tecnológica de los calentadores.

Una patente tiene dos aspectos fundamentales: el reconocimiento al trabajo del inventor mediante los derechos exclusivos de explotación comercial de su invento por un lapso de tiempo determinado, y la difusión de los inventos a fin de fomentar el desarrollo tecnológico entre los distintos sectores de la sociedad.

La propiedad intelectual

Aunque en la mayoría de los países hay coincidencia en que las leyes sobre propiedad intelectual son una adecuada manera de promover el desarrollo, al garantizar el derecho individual a obtener beneficios de sus innovaciones, para Posey (1999) éstas no son la panacea del desarrollo de las sociedades, y de acuerdo con Casas (2005) muchas veces se ha cuestionado el derecho de la propiedad intelectual. Sin embargo, las sociedades recurren al Derecho de la Propiedad Intelectual como un instrumento para beneficiar al innovador a través de la explotación exclusiva de su invención.

Los derechos de propiedad intelectual, y más propiamente los de propiedad industrial, buscan ser un mecanismo para fomentar el desarrollo económico mediante la innovación, y para garantizar beneficios a empresas o a particulares. Estos derechos siempre se otorgan a título de los individuos dedicados al quehacer de la investigación y del desarrollo tecnológico, para su aplicación. En este marco, muchos países, como México, buscan atraer soluciones innovadoras a sus problemas locales, pero garantizando los derechos de explotación de los propietarios de aquellas soluciones, aunque sean originadas en otras naciones.

Hernández (2000) señala que la competitividad, en el contexto global, adquiere para las empresas una importancia vital. La competitividad se busca acrecentando la eficiencia económica y con el impacto que tiene la innovación tecnológica en ellas. El ciclo productor aumenta su eficiencia con la incorporación de nuevas tecnologías, mejores métodos de procesos, productos diferenciados, diversificación de productos, y con la creación o el incremento de mercado con nuevos productos.

Cabe aclarar --de acuerdo con Carrillo (2003)-- que a pesar de la importancia que tienen para la economía mexicana, los Derechos de Propiedad Intelectual son un tema poco estudiado por los profesionales del Derecho y de otros ámbitos. Prueba de ello es la escasez de textos nacionales al respecto, para la educación.

En ese tenor, es importante diferenciar los dos tipos de protección jurídica para los productos del intelecto: Derechos de Autor (cuando se crean obras con fines estéticos o culturales, incluyendo programas de cómputo), y; Derecho de la Propiedad Industrial (cuando se hace referencia a la creación de instrumentos o procesos de aplicación industrial). A los Derechos de la Propiedad Intelectual suele llamárseles Derechos Intelectuales, como una manera

más apropiada. Pero en el ámbito del comercio internacional y de sus tratados, es más común la primera forma o, simplemente, Propiedad Intelectual. La legislación mexicana contempla estos derechos en el Artículo 28 de nuestra Carta Magna, pero se obtuvo un ordenamiento más claro y específico con la Ley de la Propiedad Industrial, la Ley Federal de Derecho de Autor, y con la creación del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) y del Instituto Nacional de los Derechos de Autor (INDAUTOR) como organismos rectores de aquellos derechos, cuyas políticas se rigen con el derecho internacional. Lo anterior ha permitido signar distintos convenios, con, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), o firmar tratados comerciales y de intercambio científico o tecnológico entre México y otros países, como lo fue el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) y los suscritos con universidades y centros públicos de investigación con los de otros países, con la certidumbre de que hay una legislación que protege las invenciones realizadas en otros países.

Una vez descritos estos conceptos generales sobre los derechos de propiedad intelectual, así como su importancia para el desarrollo económico y comercial entre las naciones, vale la pena señalar que la presente investigación se centra en los Derechos de la Propiedad Industrial, debido a que es la figura jurídica que involucra a las patentes y a los modelos de utilidad apropiados para las invenciones con aplicación industrial. En particular, se busca aplicar esta investigación en el desarrollo de los diseños para calentadores solares.

Así, en el siguiente segmento se describe la importancia del uso de las energías alternativas. Posteriormente, el estudio se focaliza en los calentadores solares para agua.

Energías alternativas y calentadores solares para agua

Menciona Godrej (2002) que desde los años 90 del siglo XX el clima ha sido más caluroso que en el resto del milenio, y que la posibilidad de que ocurra un cambio climático mayor es cada vez más alta. El problema no radica sólo en que el clima se altere en el futuro, pues de hecho ya observamos cambios en el presente debido a las actividades humanas que, según se ha aceptado, provocan un aumento de las temperaturas y, consecuentemente, alteran el clima de nuestro planeta. El principal fenómeno asociado al incremento en la temperatura ambiental es el llamado “efecto invernadero”, ocasionado principalmente por

el aumento en la atmósfera del bióxido de carbono proveniente de la combustión de los combustibles fósiles para la generación de energía.

Puede resultar redundante mencionar el problema ambiental que provoca la quema de los combustibles fósiles, debido al mayor grado de conciencia que ha adquirido la sociedad en temas ambientales. Sin embargo, la importancia de lo anterior se manifiesta en acciones como el endurecimiento, en los últimos 20 años, de la legislación en materia de reducción de contaminantes por parte de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos (Rincón).

El futuro de la humanidad sólo podrá garantizarse si se utiliza, inteligentemente, la energía existente (Orozco, s.f.). Hace apenas dos décadas que las políticas económicas no consideraban el agotamiento de los recursos naturales. Hoy, se tiene conciencia de que el ritmo actual de consumo terminará por agotar los recursos no renovables en este siglo XXI. En ese sentido, no puede posponerse más la tarea de profundizar en el conocimiento de la energía, un bien vital para la sociedad ligado a casi todas las actividades humanas.

De acuerdo con Rincón, alrededor del 90 % del consumo energético a nivel mundial es proporcionado por combustibles fósiles, aunque se ha logrado una mayor eficiencia en el consumo energético. Prueba de ello es que se ha mantenido prácticamente igual, a pesar del crecimiento poblacional.

Las nuevas tecnologías aún no pueden sustituir el volumen requerido de combustibles. Así, por ejemplo, se ha estimado que para cubrir la demanda de energía de los Estados Unidos se requiere utilizar el 37 % de su territorio con celdas fotovoltaicas. Además, la mayoría de las energías alternativas requieren desarrollar más la tecnología de almacenamiento.

Aun cuando las energías alternativas todavía no pueden sustituir a los combustibles fósiles, afortunadamente se vienen desarrollando tecnologías con aplicación práctica como la eólica, la fotovoltaica, la mareomotriz o undimotriz, que son renovables. Todas estas energías alternativas tienen una fuente de generación directa o indirecta: el Sol. Como menciona González (s.f.), la intensidad de la energía solar que llega a la Tierra es baja y, por lo mismo, es una desventaja para el consumo humano. Pero tiene tres grandes ventajas: es limpia, disponible en todo el mundo, y para fines prácticos, inagotable.

Un dispositivo sencillo que aprovecha los rayos solares y logra grandes ahorros en el consumo del gas utilizado para calentar agua de consumo doméstico y comercial, es el calentador solar para agua (CSA). En

fechas recientes México está impulsando la instalación del CSA mediante apoyos como el de la Ley para el Desarrollo y Promoción de los Bioenergéticas, que entró en vigor en el año de 2008, o el de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), buscando cuadruplicar hasta 800 000 m² la superficie total instalada de colectores solares para el año 2012. Caso particular son las “hipotecas verdes”, mediante las cuales las personas pueden adquirir viviendas que incorporan equipos para ahorro de energía financiados por la misma hipoteca. Entre esos equipos está el CSA.

Marroquín (2009) menciona que los CSAs son una tecnología sencilla, pero con gran impacto en la disminución del consumo de gas en los calentadores de agua domésticos y comerciales. Siendo una tecnología probada, aún tiene un gran potencial de aplicación a nivel mundial. Los CSAs buscan absorber el calor irradiado por el Sol para incorporarlo al agua de uso doméstico, comercial o industrial. Los calentadores solares trabajan, en conjunto, con el calentador convencional de gas o bomba de calor que se activa como auxiliar cuando es necesario. Cuando se usa un CSA el agua que llega al calentador de gas convencional, está precalentada, de ahí que el calentador de gas o eléctrico no necesita encenderse o sólo se enciende por periodos muy cortos de tiempo. De este modo se ahorra dinero en el gasto de combustible.

Un calentador de agua se compone de tres elementos principales: un colector por donde circula el agua para ser calentada por el sol (llamado panel o colector solar); un tanque térmico en donde se almacena el agua caliente (conocido como termotanque), y; la estructura de soporte del tanque y colector, así como la instalación hidráulica. La cantidad de agua caliente que un CSA produce depende del tipo y tamaño del sistema, de la instalación hidráulica, de la cantidad de sol disponible en el lugar, y de los niveles de insolación por la posición geográfica.

Para su instalación se requiere de un área sin sombra. Lo más común es sobre el techo, por ser la ubicación menos expuesta a la sombra. La orientación recomendable es hacia el sur (en el hemisferio norte). La inclinación del colector busca optimizar la incidencia de los rayos solares. Hay dos tipos comunes de instalación, y de esto dependerá el tipo de calentador:

La instalación abierta, o sistemas pasivos, es conectada directamente al tinaco y requiere de una diferencia de alturas entre el tanque y el calentador -- por lo común de 1.3 a 1.5 metros de altura del piso al tinaco, como se muestra en la Figura 1--. La

instalación cerrada o sistemas activos se conecta a los hidroneumáticos, o a una bomba de recirculación. Se puede optimizar la capacidad del termotanque y su

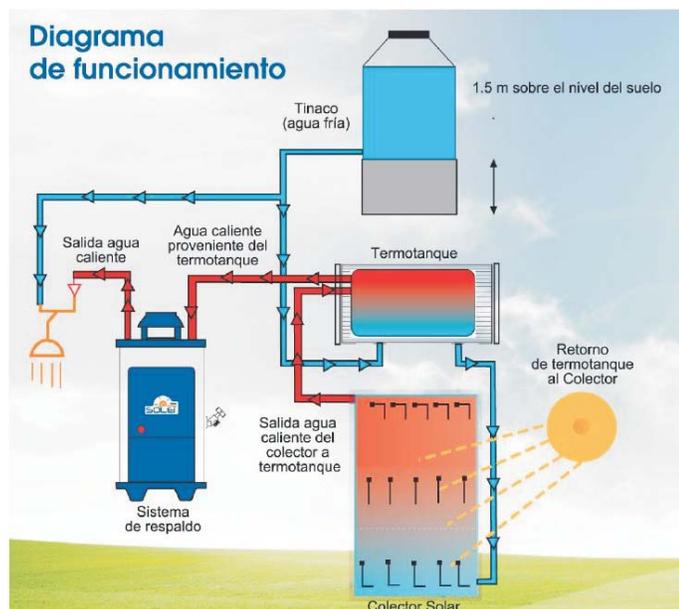


Figura 1. Diagrama de funcionamiento calentador solar, sistema abierto (s.f.).

aplicación, pero se requiere de una bomba auxiliar.

El sistema pasivo mueve el agua sin necesidad de bomba; es decir, no necesita ningún componente eléctrico, y por tanto requiere de un mantenimiento mínimo. Ello hace a los calentadores más fiables, fáciles de mantener y más duraderos que los sistemas activos.

Este arreglo utiliza el principio de termosifón, el cual provoca que el agua caliente se eleve por convección (por cambio de densidad) para circularla a través de los colectores y del tanque de almacenamiento. En este tipo de instalaciones el tinaco de agua fría debe ubicarse arriba del sistema solar. Cuando el agua fría entra al tanque de almacenamiento fluye hacia abajo, a la parte inferior del panel solar. Conforme el agua de los colectores se calienta, se aligera y sube naturalmente al tanque. El agua continúa circulando, manteniéndola caliente en el tanque de almacenamiento. En el diagrama superior se muestra el principio de convección: el agua fría entra en el tanque, fluye naturalmente hacia abajo del colector solar y sube cuando está caliente. Como el agua que viene del colector es más caliente que la que se encuentra en el tanque, sube hasta la parte de arriba de éste. El agua que se halla en el fondo (que, aunque caliente, no lo está tanto) fluye hacia el colector para recalentarse.

El sistema activo mueve el agua con bomba, o sistema hidroneumático, por lo que no requiere de un tanque al

CSA; sin embargo utiliza un tanque de almacenamiento aislado, llamado termotanque. Al requerir de una bomba para su recirculación, aumenta los costos operativos que pueden compensarse por varias razones: 1) No requiere en su instalación de grandes diferencias de alturas entre el colector y el tanque de suministro de agua. 2) Puede almacenar una mayor cantidad de agua caliente para consumo nocturno. 3) Incorpora mejor los calentadores auxiliares, como eléctricos o de gas a pasos, en una sola unidad con el termotanque. 4) Como los colectores de tubos de vidrio al vacío no soportan grandes presiones, el calentamiento se hace indirectamente, incluyendo un serpentín dentro del termotanque.

El presente trabajo abarca únicamente los siguientes tipos de calentadores, objetos de este estudio: los calentadores de paneles solares con tubos de vacío, y los calentadores con paneles planos. En ambos casos existen versiones para tubería con arreglo atmosférico (a tinacos) y con arreglo presurizado (sistemas hidroneumáticos). Los dos sistemas tienen un termotanque, por lo que el enfoque se centra en la diferencia más importante: los colectores o paneles solares. Los tipos más comunes son el colector plano (*flat-plate*) y el colector de tubos al vacío.

La principal relevancia social de este proyecto, estriba en su gran impacto ambiental. Un calentador solar promedia ahorros de entre 70 y 80 % en el consumo del gas para el calentador de agua doméstico, dependiendo de la ubicación geográfica y de los hábitos de consumo de cada familia. Esto representa un ahorro económico y una disminución en la generación de gases de “efecto invernadero”, que se multiplica por cada casa habitación, comercio o industria que los usa. México, por su ubicación geográfica (en donde la mayor parte del país tiene muchas horas-día de exposición a los rayos solares) tiene un gran potencial de aplicación de los CSAs.

Hay varios aspectos de valor teórico en el desarrollo de cualquier prototipo, pero en particular, en esta investigación puede establecerse un conocimiento más profundo con respecto al marco jurídico y técnico de la propiedad industrial.

Metodología

El estudio es una investigación documental en donde se analizan las patentes en el diseño de los calentadores solares, la descripción de la tecnología en campo, y su madurez tecnológica asociada al tipo de patentes. El análisis toma como base dos modelos de innovación: la innovación incremental y las

innovaciones radicales, mencionados por Tushman y Anderson (1986).

La innovación incremental (que en este estudio son los diseños de los calentadores solares) se caracteriza en que el desarrollo requerido del nuevo producto o servicio, se construye sobre conocimientos previos. La mayoría de las innovaciones son incrementales y se consideran promotoras de competencia.

En cambio, las innovaciones radicales se caracterizan en que el conocimiento tecnológico, o su aplicación, es muy diferente al conocimiento en campo. A tal innovación se le denomina “destructora de la competencia”.

La metodología desarrolló cuatro etapas: 1) Exploración, búsqueda de patentes y solicitudes de patentes en las bases de datos de los organismos reguladores de la propiedad industrial; 2) Clasificación e identificación de diseños representativos con variantes significativas de la tecnología vigentes; 3) Análisis de su comportamiento como innovación incremental o radical en los diseños, buscando las relaciones entre los factores constructivos de las tecnologías desarrolladas, con la época, y; 4) Conclusiones de los resultados obtenidos.

Resultados

Exploración

En la realización de este estudio se llevó a cabo una búsqueda electrónica, primordialmente en la base de patentes del IMPI, por medio de su buscador ViDoc (Visualizador de Documentos), aunque también se recurrió a la base de datos de la Oficina de Patentes Europea a través de su buscador `esp@cenet` y de la Oficina de Patente de los Estados Unidos. Adicionalmente, se realizó una exploración en Internet sobre las características de los calentadores solares de agua ofrecidos al público en general.

Dentro de la legislación de la propiedad industrial, tanto en México como en los países de la Comunidad Europea, existe la figura jurídica del modelo de utilidad, también conocida como “minipatente” o “patente de mejora”. Esta figura corresponde a las variantes de las tecnologías base. Sin embargo, como todo desarrollo tiene algún antecedente tecnológico entre la figura de patente y la de modelo de utilidad, sólo hay criterios de evaluación sobre qué tanto se aleja el invento con respecto a las tecnologías existentes para resolver una necesidad particular. Más aún, la concesión de los derechos de propiedad de la invención está en función de esta distancia. En los Estados Unidos no existe la figura de modelo de utilidad. Las invenciones son protegidas por la

patente, la cual agrupa tres tipos de patentes: *utility patents* o patentes de utilidad, equivalente a la patente de la legislación mexicana; *design patents* o patentes de diseño, equivalente a los diseños industriales, y; *plant patents* o patentes de las plantas, equivalente a las especies vegetales cuya protección en México está regida bajo la Ley de Protección de Especies Vegetales mediante el Registro Nacional de Variedades Vegetales. Es importante mostrar estas distinciones pues la propiedad industrial es un término de uso común en el mundo. Sin embargo, las características jurídicas de los Derechos de la Propiedad varían en cada país. En este aspecto la legislación mexicana de los Derechos de la Propiedad está más relacionada con los modelos europeos basados en los Acuerdos de París de 1883 y sus posteriores revisiones, suscritos en la OMPI, un organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas con sede en Ginebra, Suiza.

Clasificación y análisis

Los diseños de calentadores solares encontrados en la base de datos de solicitudes de patentes, tienen una gran variedad, la mayoría de las cuales son variantes sustentadas en la misma tecnología. Para seleccionar los diseños, el principal criterio de separación es que aporten un principio diferente de funcionamiento al sustentado por un colector solar aislado, y el principio de termosifón para el almacenamiento del agua caliente. A esta característica se le conoce como “tecnología base”. Un diagrama de esta tecnología base se muestra en la Figura 1 de un calentador solar plano. El principio de tres efectos físicos, observados desde la antigüedad, fundamenta la tecnología base para construir los calentadores solares actuales. Uno es la capacidad del agua para absorber el calor irradiado por la luz solar. Otro es su aislamiento para conservar ese calor absorbido por más tiempo. El tercero es la propiedad de la luz infrarroja para atravesar materiales traslúcidos, como el vidrio, el policarbonato o el acrílico, que pueden servir como aislantes térmicos y, al mismo tiempo, no impiden la absorción de los rayos solares. Estos tres principios definen la tecnología base.

Diseños variantes de la tecnología base

La aplicación de los tres principios mencionados se han empleado desde épocas remotas, en lo referente a los registros de patente pueden observarse aplicaciones similares. Por ejemplo, el generador de vapor solar de 1920 de la patente US1345758, y más específicamente, en 1931 se concede la patente

US1801710 para calentar fluidos con la radiación solar, cuya aplicación puede ser la de calentar agua para uso doméstico (Figura 2).

Muchas veces la invención patentada no resuelve, con suficiente satisfacción, el problema a resolver, como para garantizar el éxito comercial. Lo anterior porque influyen otros factores, primordialmente de tipo económico, como para poder desplazar la tecnología vigente que se está usando para resolver un problema. Pero algunas de esas invenciones sólo están esperando a que la evolución tecnológica -como los procesos de fabricación o nuevos materiales—ofrezca alguna mejor solución. Esta evolución tecnológica se observó en los años 70 y a principios de los 80, cuando se generó una mayor cantidad de solicitudes y patentes de tecnologías de calentadores tipo plano, como el mostrado en la Figura 3, un diseño de calentador solar plano. La solicitud es la número 0217705 de la Oficina de Patentes de España, con fecha del 26 de diciembre

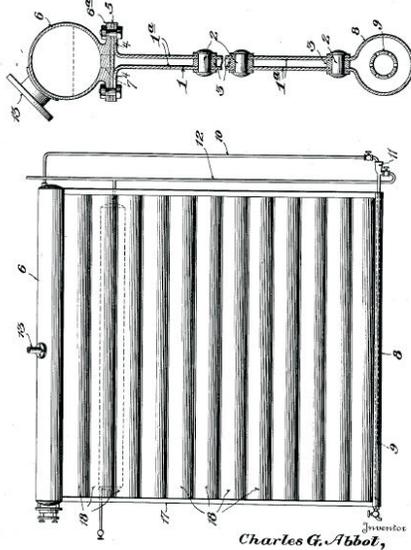


Figura 2. Dibujo patente US1801710, de 1931.

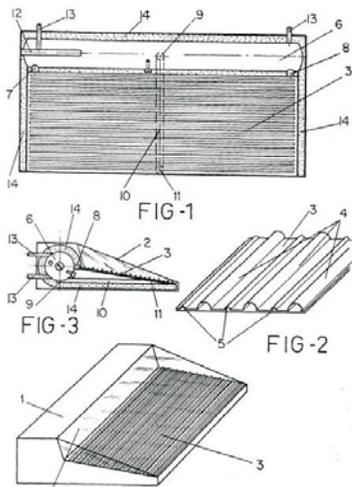


Figura 3. Dibujo de solicitud de modelo de utilidad 217705 en España, 1975.

de 1975, cuyo solicitante pide la concesión como modelo de utilidad, siendo un diseño variante de los colectores solares tipo plano.

En los años 80 ya se tienen las patentes de los colectores solares planos, como los que se comercializan actualmente (Figura 4, de la patente US4299204 de 1981). Y para los años 90 ya se desarrollan diseños con tubos aleteados, un paso lógico para aumentar la superficie de absorción de rayos solares y, al mismo tiempo, la conducción de este calor hacia los tubos con el agua colectora, como se observa en la patente núm. 5477848 de los Estados Unidos

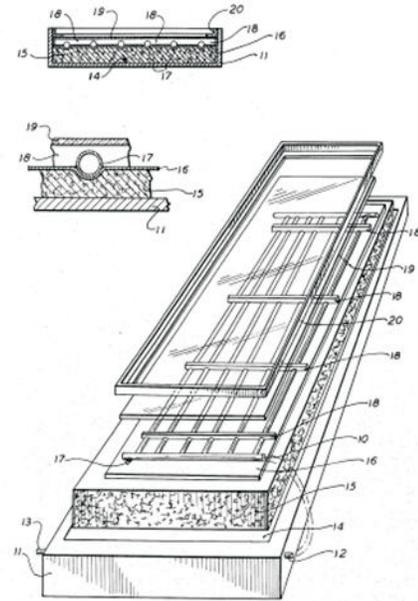


Figura 4. Colector tipo plano, patente US4299204, 1981.

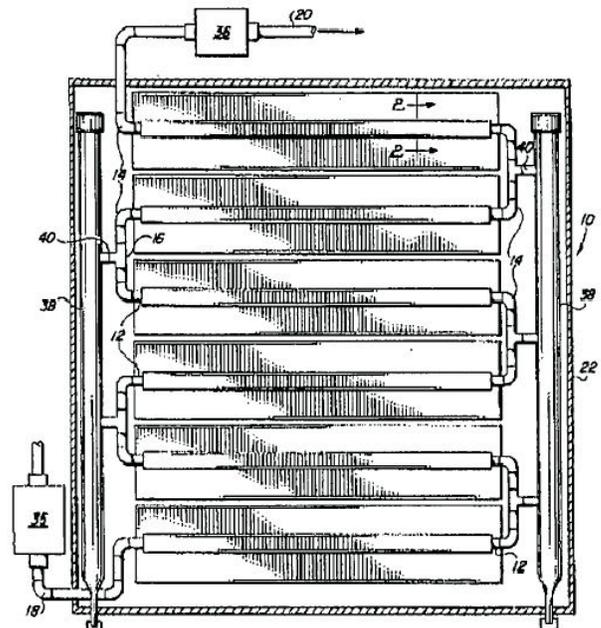


Figura 5. Dibujo patente 5477848 solicitada en los Estados Unidos, 1994.

solicitada el 20 de septiembre de 1994 (Figura 5). También para esta década (años 90), ya se tienen diseños que agregan el principio del ciclo termodinámico con cambio de fase de un líquido a vapor, utilizando en el colector solar una mayor concentración de calor en una menor cantidad de fluido colector, para después cederlo. Esto es muy útil en zonas de muy bajas temperaturas. Un ejemplo de esos diseños se observa en la Figura 6, de la patente número 192116 del IMPI solicitada el 29 de octubre de 1996.

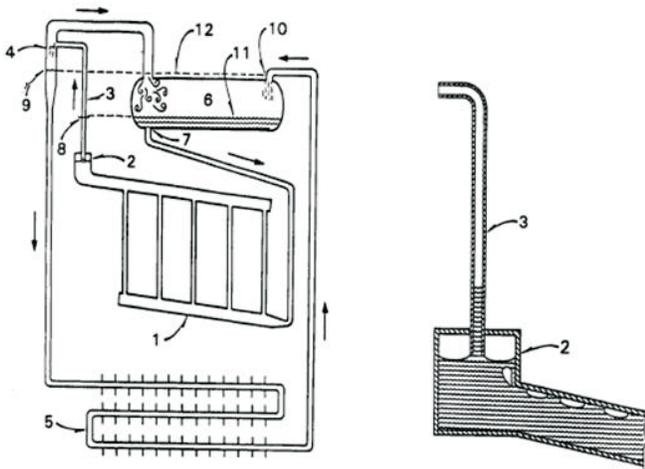


Figura 6. Dibujo patente 192116 solicitada en México, 1996.

Finalmente, aparecen en los años 90 los calentadores de tubos de vacío, consolidándose esta tecnología a principios del siglo XXI tanto en las patentes como en los modelos comerciales, como puede observarse en la solicitud de patente núm. 0010335 en los Estados Unidos, del año 2003 (Figura 7).

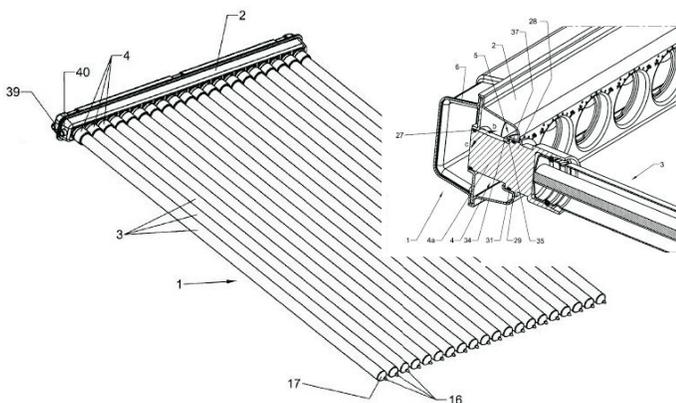


Figura 7. Colector de tubos de vacío. Solicitud de patente 0010335, 2003.

Conclusiones

Aun cuando el número de solicitudes de Derechos de la Propiedad de los inventos puede ser un indicativo del interés por resolver algún problema, o una necesidad en particular, o inclusive una moda tecnológica, también puede ser un indicativo del ciclo de vida de una innovación tecnológica relacionada con el número de innovaciones incrementales, o la disminución de éstas a través del tiempo.

Los diseños producidos con cambios incrementales durante un lapso de tiempo, terminan su evolución con una discontinuidad tecnológica al ser sustituidos por nuevos diseños con características radicalmente diferentes a la tecnología base inicial.

Esto nos indica que, para fines prácticos, las mejoras de un diseño sobre una tecnología base se han agotado, debido a que la solución tecnológica de un problema determinado gira hacia una innovación radical, muy distinta de la tecnología base vigente.

En las patentes estudiadas se confirma que la mayoría de las invenciones son innovaciones de tipo incremental. Así, podemos concluir que han casi agotado la tecnología base de los calentadores solares con colectores planos, los cuales tienen varias décadas en el mercado.

Las variantes encontradas utilizan los mismos principios pero con diferentes arreglos constructivos, o distintos tipos de materiales. Pero la aparición de los calentadores solares con tubos de vacío marca una diferencia radical, al agregar un efecto adicional a los de los paneles planos: la propiedad del vacío con un mejor aislante térmico.

Estos calentadores usan una serie de tubos de vidrio concéntricos. Un tubo interior, en donde se encuentra el agua colectora del calor solar, y un tubo exterior, que aísla al tubo interior, con vacío, de las pérdidas de calor, primordialmente por el viento.

Sin embargo, como ya se mencionó, el criterio para considerar una innovación radical es la distancia sobre las tecnologías aplicadas hasta ese momento, y esta distancia puede ser cuestionable.

Aventurándose a prospectar, puede pronosticarse que las mejoras futuras se enfocarán en los materiales utilizados en los calentadores solares, en particular los materiales usados en la parte colectora de las llamadas "superficies selectivas" (la selectividad se define como el cociente entre la radiación absorbida y la radiación emitida; las superficies selectivas aprovechan la diferencia de las longitudes de onda de la radiación solar incidente, y la radiación emitida desde la superficie absorbente).

Finalmente, puede recomendarse el uso de los CSAs

en la mayoría de los hogares y comercios que requieran de agua caliente. La tecnología de estos dispositivos está bastante desarrollada, es sencilla, económica, redituable y, sobre todo, amigable con el medio ambiente.

Referencias

- Agustino, A., Casas, R., Cerrillo, A., Peguera, M., et al. (2005). *Derechos y nuevas tecnologías*. Barcelona: Editorial UOC.
- Carrillo, P. (2003). *Derecho intelectual en México*, México: Editorial Plaza y Valdés.
- Posey, D., Dutfield, G. (1999). *Más allá de la Propiedad Intelectual. Los derechos de las comunidades indígenas y locales a los recursos tradicionales*. Uruguay: Editorial Nordan.
- Hernández, E. (2000). *La competitividad Industrial en México*. México: Editorial Plaza y Valdés.
- Coronado, M., Oropeza, R., Rico, E. (2005). *TRIZ, La metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática*. México: Panorama Editorial.
- Marroquín, A., Olivares, J., Ramos, G. y Pless, R. (Julio-agosto, 2009). *Un colector solar plano construido de lámina de acero galvanizada, operando por flujo termosifónico, optimizado para las condiciones mexicanas*. *Ingeniería Investigación y Tecnología*. X (3). Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
- Rodríguez, J., Rincón, J., Orozco, P., González, J, et al. s.f., *Energía: sus perspectivas, conversión y utilización en Colombia*. Colombia: Editolaser.
- Godrej, D. (2002). *Cambio Climático*. Barcelona: Editorial Romanyá Valls.
- Ibáñez, M., Rosell, J.R., Rosell, J.I. (2004). *Tecnología Solar*. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa
- Hoyt, E., Olivas, R. y Grajales, F. (octubre, 2006). *Alternativa financiera para la promoción del uso de calentadores solares de agua (CSA) en el sector doméstico mexicano*. Obtenido el 3 de octubre de 2009 desde la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía: http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_24_energias_renovables
- Las energías renovables en México y el Mundo- Semblanza*.(s.f.) Obtenido el 3 de octubre de 2009 desde la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía: http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_24_energias_renovables
- CINSA. Diagrama de funcionamiento de calentador solar (imagen) Obtenido el 15 de julio, 2009: <http://www.cinsaboilers.com.mx/solei/ficha.html>
- ViDoc, Visor de Documentos de patentes del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial http://vidoc.impi.gob.mx/impi_vidoc/search.aspx
- Freepatentsonline, Documentos de patentes de los E.U obtenidas en febrero y marzo de 2010: <http://www.freepatentsonline.com/>
- Oficina de Patentes de Europa, Documentos de patentes de la Comunidad Europea, obtenidas en enero y febrero de 2010: <http://lp.espacenet.com/>

Correos electrónicos de los autores

Víctor Ariel Paulín Ruiz

vpaulin01@gmail.com

Dra. Rosa María Romero González

rossyrg04@yahoo.com.mx

Dr. Guillermo Rodríguez Vilomara

vilomara@cidesi.mx

