

"Estrategia de Transición para promover el uso de Tecnologías y Combustibles más limpios en el tema de energía solar"

Oscar Alfredo Jaramillo Salgado, Manuel Martínez Fernández, Jorge Alberto Tenorio Hernández
y Jesús Antonio del Río Portilla

Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México

1. Resumen Ejecutivo

Las tecnologías de conversión de la energía solar se pueden dividir en dos: Tecnologías de energía eléctrica y tecnologías de energía térmica. Las primeras transforman directamente la energía solar en electricidad mediante semiconductores y metales depositados como conectores y sustratos (celdas fotovoltaicas) (Brooks, 2013) y las segundas utilizan la transferencia de calor para obtener calor útil para una aplicación específica, incluso la generación de electricidad mediante ciclos termodinámicos de potencia (Pitz-Paal, 2013; Hudon, 2013).

La Energía Solar es fundamental para realizar la transición energética de largo plazo, de una economía de los hidrocarburos a una sustentable. En el corto plazo, tendrá una aportación muy significativa en la producción de calor de proceso en los sectores doméstico e industrial, así como en la generación local y descentralizada de electricidad.

Las tecnologías con viabilidad técnica y económica son solar fotovoltaica (FV) y solar fototérmica (FT), ambas en opciones distribuidas y centralizadas de pequeña, mediana y gran capacidad. Los costos nivelados de generación de electricidad esperados en el 2020 son, en USD 2013 por MWh (OECD/IEA Medium-Term Renewable Energy Market Report 2014): en el caso de solar fotovoltaica, para usos residencial y comercial, entre 60 y 300 (que deben ser comparados con el precio de venta in-situ de la electricidad que alcanza los 100) y para usos en red, entre 70 y 170, y en el caso de generación de electricidad con sistemas solares fototérmicos con concentración y almacenamiento para uso en red, entre 130 y 290 (ambos costos en red deben compararse con un costo de generación promedio de 70 en el 2013). Con relación a la producción de calor de proceso para usos en edificaciones, residenciales, comerciales e industriales, el costo de inversión se paga entre 2 y 4 años, con sistemas que tienen una vida útil de 10 años. Las áreas de investigación con mayor impacto innovador son los desarrollos en celdas solares de película delgada y de almacenamiento de energía. La parte de generación de calor de proceso es otro nicho de oportunidad. Las principales restricciones para la inversión en este tema radican en los subsidios a la energía proveniente de los

hidrocarburos y a que los precios de la energía proveniente de los hidrocarburos o nuclear) no contemplan las llamadas externalidades ambientales.

2. Situación actual de la energía solar en México.

Es imprescindible actualizar al marco jurídico existente a las leyes secundarias en materia de transición energética y uso sustentable de la energía.

Sistemas fotovoltaicos: En 2011, la capacidad total instalada de sistemas fotovoltaicos fue de 32 MW, principalmente para la electrificación rural, suministro de energía en el sector residencial, bombeo de agua, en los sectores comercial e industrial (i. e. iluminación de exteriores, alimentación de sistemas de emergencia, etc.) (ANES, 2010). A partir de la publicación de los instrumentos regulatorios que facilitan la interconexión de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica, la CFE registró una capacidad adicional instalada de estos sistemas en pequeña y mediana escala por 3.48 MW, en el periodo 2010-2011. Al considerar el crecimiento de la capacidad de generación eléctrica por este tipo de sistemas interconectados a la red, principalmente en el sector residencial y de servicios, su crecimiento fue del 763% (1.34 MW) en el año 2010 y 128% (1.95 MW) en 2011. Por otro lado, la capacidad de generación eléctrica por sistemas fotovoltaicos aislados de la red, fue de 0.2 MW (5.71%); se estima que el factor de planta promedio fue de 0.207.

Termosolar de alta concentración: Actualmente, en México no se cuenta con centrales en operación que utilicen este tipo de tecnologías de aprovechamiento de la energía solar. Sin embargo, en el estado de Sonora se encuentra en desarrollo el proyecto 171 CC Agua Prieta II, a cargo de la CFE, mismo que consiste de un sistema híbrido de ciclo combinado (477 MWe) y de un campo termosolar de canales parabólicos con una potencia de 14 MWe (ANES, 2010).

Solar térmica de media y baja temperaturas: En la actualidad, la energía solar térmica en México se aplica fundamentalmente en el calentamiento de agua para usos residenciales, institucionales y recreativos; de acuerdo con estadísticas de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y la SENER, hasta el año 2010 se encontraban instalados cerca de 1.66 millones de metros cuadrados de superficie de colección, con una generación de calor útil de 1,332.78 GWh/año (ANES, 2010).

A nivel componente o dispositivo, a pesar de que existen normas internacionales que se han homologado como normas nacional relativas a “la calidad” de los productos o dispositivos que intervienen en los SFV. Lamentablemente no existen laboratorios en el país equipados para poder llevar a cabo dichas pruebas. Aun cuando en un futuro próximo se tengan dichos laboratorios, falta una regulación, norma o ley que exija el

cumplimiento de las normas correspondientes para que estas normas no se queden solo con el carácter de cumplimiento voluntario.

A nivel de sistema, no existen normas que exijan pruebas de desempeño o de eficiencia, incluso, las Unidades Verificadoras de instalaciones eléctricas solo verifican que la instalación cumpla los requisitos de la NOM001SEDE2012, la cual contiene solo los requisitos mínimos de seguridad a cumplir, mismos que para ciertas instalaciones pueden ser insuficientes.

3. Tecnología Solar

Los Sistemas Fotovoltaicos, Sistemas Fototérmicos de baja y mediana temperaturas y Sistemas Pasivos son las tecnologías claves para el aprovechamiento de la energía solar. Este aprovechamiento se lleva a cabo mediante la utilización de dos tipos de tecnologías: Fotovoltaicas, que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas fotovoltaicas, y Termosolares, que transforman la energía del Sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C, o “concentradores” con los que se obtienen temperaturas por arriba de los 150 °C.

La tecnología que puede resultar clave para la utilización a gran escala de la energía fotovoltaica es la implementación de las plantas fotovoltaicas de concentración (NREL, 2012) que operan desde el orden de kilowatts hasta Megawatts. En estos sistemas se reduce el costo nivelado de electricidad al sustituir el uso de material semiconductor por material reflejante o refractante que es más barato (Brooks, 2013).

Una tecnología solar que puede ser clave para su utilización de pequeña escala son los sistemas híbridos térmicos-fotovoltaicos con o sin concentración solar. El sistema híbrido se basa en dos tecnologías ya existentes; la fotovoltaica y la solar térmica fusionadas en una única unidad. De esta forma sobre la superficie del absorbedor del colector solar se instalan celdas fotovoltaicas y se logran 3 objetivos: obtener electricidad solar, obtener calor útil y mejorar el costo-beneficio del panel solar fotovoltaico. El calor útil generado puede ser entonces usado para: agua caliente sanitaria, acondicionamiento de espacios (calentamiento o enfriamiento), refrigeración solar, bombas de calor, desalinización, entre otros.

Las tecnologías de concentración de energía solar (CSP) que resultan clave en la generación de energía eléctrica a gran escala son: los sistemas cilíndrico-parabólicos, los de torre central-heliostatos, los reflectores tipo Fresnel lineal y los discos/Stirlings. Estos dispositivos logran alcanzar altas temperaturas por lo que el calor útil obtenido se utiliza para operar ciclos termodinámicos convencionales, como una turbina de vapor o de gas, o bien un motor de Stirling, que impulsan un generador eléctrico. Estas tecnologías permiten la generación de potencia eléctrica desde el orden de kilowatts hasta Megawatts.

Además, dado que las tecnologías de CSP primero generan calor, este se puede almacenar y posteriormente convertirlo en electricidad por lo que se puede producir electricidad durante el día y la noche. Si la ubicación de la planta CSP tiene una radiación solar predecible, entonces la planta se convierte en una central confiable de generación de energía (Duffie and Beckman, 1991).

La tecnología de los captadores solares de mediana temperatura (CSMT) entre los 80 y 250° puede ser clave en los requerimientos de calor de procesos de la industria química, papelera, textil, de alimentos, etc., en procesos como los de secado, esterilización de productos, limpieza, evaporación, producción de vapor, acondicionamiento (calefacción y refrigeración) de naves industriales, secado y deshidratación de alimento o madera, entre otros. Las principales tecnologías de CSMT son: el colector solar plano avanzado, el colector de tubo evacuado, el colector parabólico compuesto, el colector tipo Fresnel y el colector de canal parabólico (Kalogirou , 2003).

Sistemas Fotovoltaicos: integración a la red de sistemas de 250 MW o mayores, acoplamiento a redes inteligentes con otros sistemas de generación, reducción de costos de los subsistemas electrónicos y, para el largo plazo, desarrollo de baterías e incremento en eficiencia y reducción de costos de las celdas solares.

Sistemas Fototérmicos de mediana y baja temperaturas: integración de sistemas para usos industriales, acoplamiento de sistemas híbridos térmicos y fotovoltaicos, reducción de costos y aumento de eficiencia de tubos evacuados y sistemas de concentración del orden de 10 soles, y reducción de costos por manufactura de gran volumen.

Sistemas Pasivos: herramientas numéricas para cálculo de aportación de calor por arquitectos e ingenieros en casas habitación y edificios.

Existen varias regulaciones que son importantes para que se pueda impulsar con un cierto orden la generación distribuida con Sistemas Fotovoltaicos:

Entre los elementos más importantes para el desarrollo de las tecnologías de energía solar se encuentran:

- La energía solar es una fuente de energía local inagotable lo que permite independencia energética al evitar la importación de combustibles y no está sujeta a la los precios de los combustibles fósiles.
- La tecnología solar tanto para las fotovoltaicas como para las fototérmicas no presenta alta complejidad en su manejo e implementación por lo que permite independencia tecnológica.
- El uso de la energía solar promueve el desarrollo sustentable.

- Los usos de la energía solar presentan un impacto ambiental bajo pues no emiten gases de efecto invernadero y no produce residuos peligrosos y de difícil manejo. En un Análisis de Ciclo de Vida, durante la etapa de construcción contaminaría tanto como cualquier otra fuente; durante la operativa no emite gases de efecto invernadero y no produce residuos peligrosos y de difícil manejo, y en la etapa de desmantelamiento se están reciclando todos los materiales que podrían considerarse peligrosos.
- A largo plazo, la electricidad solar es más barata que la energía convencional ya que se hace un ahorro en la compra de combustibles fósiles asociados a la generación eléctrica. Los costos nivelados de generación de electricidad esperados en el 2020 son, en USD 2013 por MWh (OECD/IEA Medium-Term Renewable Energy Market Report 2014): en el caso de solar fotovoltaica, para usos residencial y comercial, entre 60 y 300 (que deben ser comparados con el precio de venta in-situ de la electricidad que alcanza los 100) y para usos en red, entre 70 y 170, y en el caso de generación de electricidad con sistemas solares fototérmicos con concentración y almacenamiento para uso en red, entre 130 y 290 (ambos costos en red deben compararse con un costo de generación promedio de 70 en el 2013). Con relación a la producción de calor de proceso para usos en edificaciones, residenciales, comerciales e industriales, el costo de inversión se paga entre 2 y 4 años, con sistemas que tienen una vida útil de 10 años.
- La energía solar permite la diversificación de la matriz energética. Además, permite obtener tanto electricidad como calor útil dependiendo de la tecnología de transformación.
- La energía solar puede proveer de electricidad a lugares aislados donde instalar una red eléctrica puede resultar más costoso o bien crear micro-redes eléctricas inteligentes que pueden auto-regularse usar el sistema eléctrico convencional como respaldo.
- Los sistemas de energía solar pueden ser diseñados para ser modulares y escalable por lo que permiten obtener desde unos cuantos watts hasta el orden de Megawatts, tanto en generación eléctrica como energía térmica. (ya hay instalados de 500 MW)
- El grado de madurez de la tecnología solar es competitivo con respecto a fuentes convencionales de energía.

La energía solar es una excelente alternativa para proveer las necesidades de energía de la sociedad moderna, ya que no contamina el ambiente, es eficiente y propicia el uso sustentable de la energía. Aunque tiene desventajas en ubicaciones específicas donde la luz solar no es adecuada. Para países como México, que cuentan con una ubicación excelente para el aprovechamiento de la energía solar, esta forma de energía es una excelente opción que debe aprovechar al máximo.

Ya existen desarrollos sistémicos en el ámbito de la energía solar como:

Sistemas Fotovoltaicos: En USA, se están instalando dos sistemas de 500 MW cada uno conectados a la red y hay muchos con capacidades entre 100 y 200 MW. En México, la conexión de sistemas domésticos a la red ya es económicamente viable, para uso industrial ya se han instalado exitosamente sistemas de 1 a 5 MW, y para interconexión a la red del orden de 30 MW.

Sistemas Fototérmicos: el calentamiento de agua para albercas y uso doméstico es generalizado en todo el mundo; en México, el desarrollo de la industria de calentadores solares es incipiente por el subsidio a los combustibles fósiles.

Los Sistemas Pasivos: En términos generales se considera que con una inversión adicional del 5 por ciento en la construcción de una edificación, se puede ahorrar el 30 o 40 por ciento del gasto de la electricidad en iluminación y, para zonas templadas, en acondicionamiento ambiental.

Por supuesto que estas tecnologías pueden ser resultados de trabajo en México. Tenemos todos los conocimientos y herramientas; faltaría experiencia en grandes instalaciones y capacitación de personal, debido a lo pequeño que ha sido el mercado en México. Los retos tecnológicos y de inversión más importantes están en la fabricación de los materiales y las celdas solares. Contamos con la tecnología comercial en las áreas eléctrica, electrónica, de estructuras, térmica y de sistemas ópticos.

Crear una cultura en pro de la seguridad que implique una profesionalización de los técnicos relacionados con tecnologías como esta, pues se debe considerar que la instalación debe operar adecuadamente durante al menos 25 años y los vicios de instalación pueden causar daños en menos tiempo.

4. Regulaciones y política pública.

En México, sólo existen normas no obligatorias porque se quería impulsar el desarrollo de la industria nacional. Muy pocas compañías exportan productos solares y, entonces, sus productos ya satisfacen normas oficiales de otros países, norteamericanos y europeos. Ante la avalancha de equipos y sistemas extranjeros, buenos y malos, es imprescindible que ya se implanten las normas oficiales mexicanas.

En otros países del mundo, la instalación y operación de estos sistemas ya cumple todas las normas y regulaciones técnicas; si no fuera el caso, no estarían funcionando.

En los sistemas de pequeña escala o individuales, tanto solar-térmicos como fotovoltaicos se requiere:

- Certificación de los sistemas a través de laboratorios autorizados para dar garantías técnicas, modos y capacidades de uso, así como instalaciones en uso.
- Regulación para permitir que los sistemas compitan bajo las mismas condiciones y oportunidades que las fuentes convencionales.
- Regulación que permita establecer las capacidades, manejo, desarrollo de instalaciones y mantenimiento de sistemas híbridos de energía convencional y los sistemas solar-térmicos y fotovoltaicos.
- Regulación para establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones de los sistemas.
- Adaptación de normas internacionales mediante comités técnicos locales que tomen en cuenta las condiciones específicas de los sistemas solar-térmicos y fotovoltaicos.
- Las reglas generales de interconexión a la red que expidió la CRE son un buen comienzo para que los inversores que se conecten a la red cumplan con ciertos parámetros técnicos relativos a la calidad de la energía, México no se puede dar el lujo de contaminar sus redes con energía que pueda afectar el funcionamiento de la red.
- La especificación de CFE G0100-04 “Interconexión a la red eléctrica de baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30 kW” es otro buen intento, pero lamentablemente no es suficiente. Esta regla en particular contiene criterios de diseño que están ya en desuso y que además frenan el uso en México de nueva tecnología como la de los inversores sin transformador, la cual permitiría bajar los tiempos de retorno de inversión, pues estos nuevos inversores además de ser más eficientes son más baratos.
- En ninguna de las dos se menciona la obligatoriedad de que los inversores tengan un sistema de monitoreo y control que permita la inyección de energía reactiva que ayude a estabilizar la red o que limite la inyección a la red cuando se llegue a presentar un problema de saturación de nodos. Afortunadamente algunas de las nuevas tecnologías ya están equipadas para ofrecer estas soluciones pero aquí en México aún no se cuenta con la regulación correspondiente que exija o fomente su uso.

Antes de hablar de la regulación técnica es importante comentar que debido a la naturaleza probabilística e intermitente de la radiación solar es necesario contemplar algunos aspectos importantes para el funcionamiento. Ya hay centrales fotovoltaicas de cientos de MW que están plenamente integradas a redes eléctricas de transmisión y decenas de miles de sistemas de varios kW plenamente integrados a las redes eléctricas de distribución. La sexta edición en el Laboratorio de seguimiento solar en Berkely reporta series que describen la tendencia histórica de los sistemas fotovoltaicos instalados en EE UU. El reporte se basa

en datos de más de 200,000 sistemas fotovoltaicos instalados en residencias, comercio entre 1998 y 2013 a lo largo de 29 estados de los EE UU.

Sin embargo, falta conocer el límite de capacidad con que un sistema eléctrico convencional puede aceptar la inyección de energía eléctrica con esta naturaleza.

En los sistemas de gran escala para la generación eléctrica, ya sea vía termo-solar o fotovoltaica se debe considerar la regulación técnica de:

- Regulación de voltaje, de potencia tanto reactiva como activa, de corriente y frecuencia que son dependientes de la topología de la red.
- Regulación para la protección de la red del sistema eléctrico tanto en la generación como en la distribución.
- Regulación de los códigos de red para la interconexión y desconexión de las centrales renovables.
- Regulación de los niveles de falla de red, seguridad de la red y estabilidad de la red.
- Regulación para considerar el crédito por capacidad instalada de las centrales renovables intermitentes.
- Implementación de sistemas de control para la activación de cambios deseables en el suministro a la red. (v.g. el aumento de la excitación en un generador síncrono o la apertura o el cierre de una línea de transmisión que permita la regulación de potencia reactiva).
- Implementación de nuevas normas que consideren la naturaleza probabilística de las centrales renovables intermitentes y de los patrones de demanda. Estas normas deben ser más tolerantes y reducir los costos de conexión y las sanciones impuestas a la producción integrada.
- Implementación de estrategias de crecimiento e integración a la red eléctrica que consideren la naturaleza probabilística de las centrales renovables intermitentes.

En los sistemas solares de pequeña y mediana capacidad no hay necesidad de tener arreglos sociales sobre el uso del territorio, ya que estarán principalmente instalados en los techos de las propiedades a las que proveerán de calor y electricidad. Aunque, también, existen arreglos comerciales para rentar los techos de edificaciones cercanas.

En el caso de sistemas de gran capacidad sí existe la necesidad de arreglos económicos para la compra o renta de terrenos, pero al no tener problemas de contaminación ambiental o visual su negociación es más sencilla que con otras opciones. En ciertas zonas donde exista una diversidad cultural, como con cualquier otra fuente, debe existir una negociación con las comunidades locales para encontrar acuerdos ganar – ganar.

Los grandes proyectos de generación de energía solar a escala comercial pueden requerir grandes extensiones de terreno. Sin embargo, la mayoría de los lugares donde se instalan estas tecnologías de gran escala corresponden a zona desérticas donde se presenta alta intensidad de radiación solar con pocos nublados, lo que proporciona un flujo de energía permanente a lo largo de las horas útiles de asoleamiento. Así, en la mayoría de los casos los terrenos no presentan un valor importante para el desarrollo de actividades agrícolas o ganaderas lo que refiere un bajo impacto tanto social como económico. Para casos particulares se puede considerar la compra de tierras o bien un contrato de arrendamiento con o sin remuneración prevista para los propietarios de la tierra.

En el uso del territorio se debe considerar caracterizar los impactos del uso del suelo utilizando métricas adecuadas, por ejemplo, en la pérdida de la biodiversidad. Además, se debe comprender los efectos de transporte y de distribución de energía; por ejemplo, la construcción de vías de acceso y de la red eléctrica. También se debe tomar en cuenta que los sistemas de gran escala pueden afectar significativamente el paisaje del sitio de operaciones y de sus alrededores, así como la percepción que los individuos le atribuyen al paisaje. Se debe considerar también áreas protegidas por su biosfera o por ser el sitio un lugar arqueológico.

Por otro lado, las aplicaciones industriales y domésticas de mediana y pequeña escala no requieren de grandes espacios para su instalación, y de ser el caso la mayoría de las instalaciones se llevan a cabo en terrenos de propiedad privada.

Es importante contar con otras políticas públicas más allá de las asociadas a la tecnología o a la energía, como:

- Impulso al desarrollo sustentable
- Protección del ambiente
- Fomento a la investigación, desarrollo e innovación
- Establecimiento de apoyos fiscales focalizados
- Combate a la pobreza en zonas rurales y urbanas marginadas
- Mejora en la calidad y capacidad de los sistemas de educación y capacitación

Dentro de las políticas que se deben considerar para el desarrollo de la tecnología se tienen los siguientes puntos:

- Favorecer las condiciones para la innovación, adecuación e implementación de las tecnologías a través de una mayor formación de recursos humanos tanto a nivel técnico-profesional como de investigadores.
- Mejorar tanto la eficiencia como la eficacia en la inversión destinada a investigación, desarrollo e innovación, mediante el fomento de la colaboración público-privada.
- Promover la competencia para aumentar la innovación y el desarrollo de las tecnologías maduras actuales.
- Dar seguridad del mercado tanto a la inversión extranjera como a la nacional tomando en consideración la regulación impuesta por el Estado para la implementación de la tecnología.
- Implementar políticas y estrategias adecuadas para promover el desarrollo de energías renovables y atraer inversiones en este rubro.
- El sistema financiero debe valorar los beneficios sociales a alcanzar en los aspectos de la salud, empleo, educación y medio ambiente local y global, que las energías renovables traen consigo.

5. Instituciones.

Con relación a las atribuciones que por Ley tienen ahora la SENER y la CRE, no se requieren órganos reguladores adicionales. Sin embargo, es necesario afinar las atribuciones de la nueva Comisión sobre seguridad industrial y protección al ambiente.

Además, se debe adecuar y fortalecer tanto a la Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico (SENER) como a la CONUEE y al Consejo Consultivo de las Energías Renovables para que puedan enfrentarse con éxito a la nueva realidad del sector energético mexicano.

También, organizar y financiar a los Centros Mexicanos de Innovación en Energía Solar, Eólica y Geotermia, para que puedan cumplir con el mandato factible de coadyuvar en la generación del 35 por ciento de la electricidad en el año 2025.

Hace falta una instancia para la implementación y desarrollo tecnológico de la energía renovable que facilite y complemente diversas acciones en los proyectos. Por supuesto, tenemos todos los conocimientos y herramientas; faltaría experiencia en grandes instalaciones y capacitación de personal, debido a lo pequeño que ha sido el mercado en México.

- Se requiere a nivel institucional una oficina de apoyo con capacidad para facilitar la elaboración y promoción de proyectos de energía renovable financiables.

- Será deseable la conformación de una instancia o espacio de trabajo que tome la forma de un Comité Consultivo Permanente de carácter autónomo y amplio, para promover e incidir en la formulación y aplicación de políticas apropiadas en energías renovables, permitiendo plantear y coordinar acciones que faciliten el desarrollo y la implementación de proyectos de energías renovables. Este Comité estará conformado por desarrolladores de proyectos, privados, ONGs, entidades gubernamentales, universidades, cámara de industria, empresas energéticas, y otros sectores interesados.

Se necesita organizar vínculos estrechos con organizaciones especializadas que no están en el sector energético, como con áreas de SEMARNAT, SEDATU, SEDESOL, SHCP, SEP, SE y CONACYT. Estos vínculos se deben a que la energía solar puede satisfacer las necesidades de energía útil de manera más eficiente y económica en situaciones específicas que otras.

Es importante contar con instituciones dedicadas al tema de la energía solar, porque las nuevas empresas públicas productivas trabajarán descentralizadas geográficamente y, además, la radiación solar se puede aprovechar en cualquier parte del territorio nacional. Por ejemplo, la Asociación Nacional de Energía Solar tiene secciones en todos los Estados de la República o el Instituto de Energías Renovables de la UNAM tiene ex alumnos y proyectos de colaboración con muchas Universidades Estatales, ambos con la finalidad de aportar soluciones a los problemas locales.

Tenemos dos empresas energéticas del estado: PEMEX y CFE. Con relación a PEMEX, ampliar el uso de equipos solares que satisfagan usos específicos para telecomunicaciones, informática, emergencias y consumos de electricidad localizados.

Con relación a CFE, además del anterior, que ya participe decididamente en la generación distribuida de electricidad, lo que le permitirá ser más eficiente técnica y económicamente. También, su participación masiva en el área solar hará que la cadena de suministros se fortalezca y reduzca sus costos por márgenes de volumen.

- Promover la competitividad de las energías renovables en el mercado energético a través de incentivos fiscales que compense las actuales consideraciones de mercado que gozan las fuentes convencionales de energía.
- Incentivar el uso eficiente de la energía tanto convencional como renovable.

- Realizar e incentivar las mejores prácticas para la reducción de tarifas y costos asociados a la generación.

Las organizaciones no gubernamentales siempre tienen un papel que jugar, ya que deben ser las voceras de las preocupaciones de la sociedad civil que deben tomar en cuenta los sectores público y privado. En el caso del aprovechamiento de la energía solar y de la protección ambiental, siempre han apoyado para aumentar su participación de uso a niveles nacional e internacional. El diseño, puesta en marcha, control y evaluación de toda política pública debe involucrar a estos voceros de la sociedad.

En México, existen muy pocas organizaciones no gubernamentales que abordan el fomento de las energías renovables en forma consistente y con una larga permanencia, aunque hay que reconocer a la ANES que tiene presencia en cada Estado y ha funcionado de manera continua por 38 años. Las organizaciones no gubernamentales juegan un papel muy importante al subsanar parcialmente las posibles omisiones de las entidades gubernamentales, en materia de difusión, educación, demostración y promoción del aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

6. Capacidades técnicas.

Se requiere que una mayor comunicación en cuanto a aspectos de energía solar, no solamente de divulgación, sino también programas de formación que contengan contenido y habilidades específicas para los diferentes sistemas. En particular, estas modalidades de capacitación deben formar parte de un esquema de certificación con varios niveles que exijan demostrar diferentes competencias y en la que se puedan probar los conocimientos y experiencias acumuladas.

La formación de profesionales en sistemas de energía solar que sean capaces de:

- Evaluar los recursos energéticos de una manera multidisciplinaria e integral,
- Diseñar de manera óptima las instalaciones de los dispositivos y equipos que representen la mejor solución desde el punto de vista energético, tecnológico y económico, para una localidad dada,
- Realizar análisis para integrar energías renovables y la eficiencia y ahorro de energía,
- Evaluar críticamente el impacto ambiental y social que la implementación de las energías renovables tendrá en una localidad dada,
- Mantenerse siempre actualizados frente a un área de conocimientos y tecnologías rápidamente cambiantes.

El profesional debe estar preparado para contribuir de manera determinante en la transición energética hacia el desarrollo sustentable del país, resolviendo y planeando el uso y la implementación de tecnologías

Si bien es indispensable la formación de técnicos calificados en cantidades muchos mayores y acordes a las expectativas de crecimiento del sector, se necesita también que existan ingenieros capaces de diseñar aplicando todos los criterios de seguridad y que además maximicen el rendimiento de los sistemas.

Otro nivel es el que debe tener quien revise:

- La instalación física del sistema
- La memoria de cálculo
- El desempeño del sistema
- La seguridad del lugar

Se debe también formar personal capaz de analizar la estabilidad de la red ante diferentes escenarios de funcionamiento de los sistemas.

Es fundamental la formación de doctores para ampliar la base de conocimientos científicos para apoyar los futuros desarrollos tecnológicos e impulsar la innovación basada en ciencia de gran relevancia en la sociedad de conocimiento.

Se debe pensar principalmente en programas de “Capacitación a capacitadores” para que estos puedan replicar el conocimiento, con el compromiso de mantenerse ellos mismos en constante preparación.

Se requiere de recursos económicos y humanos que permitan desarrollar la infraestructura adecuada para ofertar cursos con los equipos y materiales didácticos adecuados, preparados no solo por quien tiene el conocimiento sino por quienes conocen las técnicas adecuadas que maximizan la transferencia de conocimiento.

Alianzas con la industria para colaborar o al menos conocer y probar los nuevos desarrollos.

Si bien las universidades tienen el compromiso de ofertar cursos de primer nivel que le permitan a sus estudiantes salir y enfrentar las diferentes adversidades o situaciones que se pudieran presentar en la vida

laboral, muchas de ellas no cuentan con la infraestructura necesaria para hacerlo. El Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar podría ser un ente indicado para organizar estos cursos de capacitación.

Los profesores de los CONALEP, Bachilleratos técnicos o Preparatorias abiertas podrían ser preparados para la capacitación de técnicos especializados.

7. Mercados y financiamiento.

Existen dos barreras para ampliar los mercados a nivel internacional: financiamiento asequible, del orden del 5 por ciento, y reducción de costos para disminuir el número de años del retorno de la inversión, alcanzar la meta de dos a cuatro años.

Los principales factores para los que los productos y servicios asociados a los sistemas térmicos-solares y fotovoltaicos se generalicen en el mercado son:

- Eliminación del subsidio a la generación de energía con hidrocarburos.
- Incorporación de las externalidades ambientales en el costo de la energía proveniente de los hidrocarburos y nuclear.
- Mejoramiento del financiamiento para la adquisición de equipos y sistemas.
- Sistemas adaptados para la transformación del recurso particular de su ubicación.
- Marcos regulatorios con garantías al consumidor.
- Aseguramiento de uso de energía limpia de bajo impacto ambiental.
- Incremento de la potencia instalada para favorecer el desarrollo de la industria nacional de fabricación de equipos.

Una de las mayores oportunidades para empresas mexicanas se encuentra en el posicionamiento como jugadores clave en la cadena de proveeduría para plantas de producción eléctrica de gran capacidad con fines industriales, principalmente aquéllas de la región del sur de California y Arizona donde se detectan oportunidades para abastecimiento de espejos, reflectores, receptores solares, soportes estructurales y servicios de ingeniería. Otras oportunidades para empresas mexicanas abarcan diversas áreas, desde la exportación y venta de equipo termoeléctrico a nivel industrial hasta el diseño y manufactura de paneles fotovoltaicos, sistemas solares de calentamiento de agua y alumbrado público basado en energía solar.

Existen diferentes modelos de negocio para empresas mexicanas interesadas en penetrar el mercado americano. Estos incluyen participar en diseño y producción de equipos, venta y distribución, integración de servicios entre otros.

Algunas oportunidades de negocio para los sistemas de energía solar incluyen: desarrollar alianzas con empresas en los Estados Unidos y Europa tanto en lo referente a diseño y manufactura de componentes solares como a integración de sistemas a gran escala, tanto de colectores solares de mediana temperatura como sistemas de iluminación y bombeo fotovoltaico; Integrarse a las cadenas de generación eléctrica a través de plantas solares o sistemas híbridos; Exportar energía renovable a los Estados Unidos asociándose a las iniciativas de productores independientes; Exportar productos y sistemas propietarios para integrarlos a las cadenas internacionales de producción de energía solar como son: Sistemas solares de calentamiento de agua, Sistemas públicos de iluminación, Paneles fotovoltaicos, Equipo para fabricar paneles fotovoltaicos: Sistemas para balancear componentes de paneles fotovoltaicos, Rediseñar y producir equipos que se alimenten de energía solar como refrigeradores, congeladores, radios, sistemas de recarga de baterías, etc. Además, impulsar y exportar las capacidades multidisciplinarias de ingeniería e instalación que se han desarrollado a través de las experiencias en sistemas de enfriamiento, sistemas industriales de procesamiento de calor, electrificación rural y proyectos de uso de energía solar fuera de la red.

Estas cadenas productivas ya existentes en México podrían agrupar en consorcios que desarrollaran con participación 100 por ciento nacional todas las partes necesarias para la fabricación e instalación de sistemas que aprovechen la energía solar.

Para impulsar el uso de la energía solar se requieren algunos mecanismos financieros como:

- Promover y buscar fuentes de financiamiento con condiciones adecuadas para el desarrollo de proyectos de energía renovable.
- Crear un fondo de financiamiento para proyectos donde se disponga recursos para la fase de pre-inversión.
- Crear los mecanismos de créditos para proyectos de energías renovables, para que facilite a los desarrolladores de proyectos lograr el financiamiento de sus proyectos.
- Revalorizar los beneficios sociales y ambientales en la formulación de los proyectos de energía renovable.
- Impacto directo en empresas a través de préstamos, becas y estímulos fiscales para expansión, generación de empleos y clusters.
- Préstamos y créditos para promover el consumo de productos solares producidos localmente.
- Estímulos federales y estatales para ayudar a los fabricantes de productos solares a través de “créditos de energía renovable”.

En México no existe subsidio para electricidad solar y se compite contra tarifas subsidiadas en energía eléctrica residencial lo que ha dificultado la penetración de la tecnología. Los subsidios a la inversión fotovoltaica reducirían los tiempos prolongados de recuperación de la tasa de retorno.

Otro mecanismo que no considera ofrecer subsidios para la energía solar puede ser el incentivar los programas patrocinados por los gobiernos estatales y locales y las compañías de servicios públicos donde se ofrecen préstamos, exenciones tributarias y descuentos para la compra de sistemas solares. Dependiendo del nivel de consumo se podrían crear programas de generación de electricidad solar que podría ofrecer pagos por los excesos de electricidad entregados a la red.

8. Investigación y desarrollo.

Las 10 instituciones académicas líderes en el tema de energía solar son: NASA Goddard Space Flight Center, National Renewable Energy Laboratory, University of Colorado at Boulder, University of Tokyo, University of Maryland, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Indian Institute of Technology, Delhi, Massachusetts Institute of Technology UC Berkeley, Imperial College London. Mientras que los países líderes son: Estados Unidos, China, Alemania, Japón, Reino Unido, India, Francia, Italia y Rusia.

Las 10 compañías en sistemas fotovoltaicos son: Yingli (China), First Solar (US), Trina Solar(China), Canadian Solar (China), Suntech (China), Sharp Solar (Japón), Jinko Solar (China), SunPower (US), REC Group (Noruega) y Hanwha SolarOne (China).

Las principales compañías en solar térmica por tipo de tecnología son: Canal Parabólico, Abengoa, Acciona, Flagsol, Rackam, Schott Receiver Tubes, SkyFuel, Solar Millennium (Bankruptcy), Sopogy Micro CSP y Ultra Lite Solar; Torre central-heliostatos, BrightSource Energy/Luz II, Aora Solar, formerly E.D.I.G Solar Distributed Solar Thermal, Torresol Energy; Concentrador tipo Fresnel Reflectivo, AREVA Solar, Novatec Solar y Feranova; Concentrador Plato Parabólico (Sin máquina Sterling), HelioFocus.

Estas instituciones son tanto públicas como privadas y todas compiten para satisfacer la demanda de educación, capacitación, investigación e innovación; así como la instalación y operación de los sistemas necesarios.

Con base en la investigación, la formación de recursos humanos especializados y la generación de empleo se pueden resolver muchos de los problemas económicos y sociales. Pueden generarse nuevas tecnologías que propicie la propiedad de patentes en apoyo al incremento de la competitividad del país; puede apoyarse para un mejor uso de la inversión en infraestructura por el gobierno en las universidades, elevando sus niveles de pertinencia con los sectores social y productivo, y también puede mejorarse el grado de

empleabilidad de los egresados de las instituciones públicas de educación superior. Es importante tomar en consideración que la investigación, el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos, son parte de un mismo proceso para el éxito de una política sobre energías renovables. Sin lugar a dudas, una apreciación de esta naturaleza influye positivamente en la operación, la confiabilidad y la durabilidad de algún proyecto determinado.

Actualmente se encuentran en desarrollo las siguientes líneas de investigación para el uso de energía termo-solar donde México puede realizar contribuciones importantes que aceleren el desarrollo de la tecnología.

La priorización de las actividades de investigación y desarrollo con alto impacto en reducción de costos: Componentes para generación directa de vapor, Conceptos novedosos para los sistemas de torre para el aumento de las temperaturas de operación, Materiales avanzados para absorbedores de alta temperatura y reactores, Fluidos térmicos para el aumento de las temperaturas (mezclas de sales, aceites sintéticos, metales líquidos, gases, etc), Control de heliostatos y mantenimiento del campo para obtener un alto índice de concentración en gran escala. Desarrollo de nuevos recubrimientos para mejorar rendimiento a temperaturas más altas.

Confiabilidad en la evaluación de los componentes y sistemas térmicos-solares: Métodos para evaluar la fiabilidad de componentes a escala de laboratorio y en el campo, Desarrollo de instrumentos para la caracterización.

Desarrollo de métodos para la predicción de tiempo durabilidad y vida útil: Instrumentos mejorados para medir la degradación de los sistemas, Desarrollo de modelos para la predicción de vida útil para diferentes materiales, Pruebas circulares para la comparación de los resultados, Propuesta de normas sobre las pruebas de durabilidad y predicción de vida útil.

Herramientas y métodos para asegurar la calidad de los sistemas de concentración: Desarrollo de herramientas comerciales para la garantía de calidad de los diferentes tipos de concentradores, Creación de estándares de calibración de instrumentos, Mejoramiento de los métodos y la aplicación de instrumentos avanzados.

Directrices para las mediciones de rendimiento de componentes: Elaboración de directrices para la medición de la forma, el rendimiento del receptor, métodos de envejecimiento acelerado, etc. Nuevos instrumentos capaces de medir según los nuevos estándares.

Rendimiento de los componentes en el entorno desértico (suciedad, mantenimiento, limpieza): Análisis de la tipología de los diferentes ambientes desérticos en relación con la suciedad y las características climáticas,

Modelos para la simulación de plantas de torre central y canal parabólico, Nuevos instrumentos para monitorear la suciedad y Desarrollo de procedimientos de limpieza con bajo consumo de agua.

9. Conclusiones y recomendaciones generales

La energía solar ya compite comercialmente con otras fuentes convencionales de energía en un número muy significativo de mercados a nivel internacional.

Datos de preliminares muestran un mercado en crecimiento en el 2013, por primera vez en dos años. Al menos 36.9 GW de SFV han sido instalados y conectados a la red en el mundo el año pasado. Si bien estos datos tendrán que ser confirmados en los próximos meses, algunas tendencias importantes ya se distinguen:

- El mercado fotovoltaico mundial creció a por lo menos 36.9 GW en 2013, en comparación con alrededor de 29 GW en los últimos dos años.
- Con instalaciones adicionales aún no reportadas, el número final para el mercado PV 2013 podría ser superior a 38 GW.
- Asia ocupa el primer lugar en 2013, con más del 59% del mercado mundial de energía fotovoltaica.
- El mercado en Europa ha disminuido significativamente de 22 GW en 2011 a 17 GW en 2012 y 10,3 GW en 2013, por primera vez desde 2003, Europa ya no es el máximo generador en el mercado mundial.
- Los mercados asiáticos experimentaron el crecimiento más alto (+ 170%) y China mostró el primer lugar (con un estimado de 11,3 GW de sistemas fotovoltaicos conectados a la red), por delante de Japón (6,9 GW) y los EE.UU. (4,75 GW). El primer país europeo en el cuarto lugar, con 3,3 GW instalados es Alemania.
- En los 10 países con mayor instalación de SFV hay 4 países de Asia-Pacífico (China, Japón, India, Australia), 5 países europeos (Alemania, Italia, Reino Unido, Grecia y Rumania), y un país en la región de las Américas (EE.UU.).
- Alemania, Italia y Grecia tienen ahora suficiente capacidad fotovoltaica para producir, respectivamente, 6,2%, 7,8% y 5,8% de su demanda anual de electricidad con SFV. 15 países tienen suficiente SFV para producir al menos el 1% de su demanda de electricidad con energía solar.
- SFV representan el 3% de la demanda de electricidad en Europa y el 6% de la demanda máxima de electricidad.
- SFV representan al menos el 0,85% de la demanda mundial de electricidad y debe llegar a la marca de 1% en 2014.
- 17 países tuvieron al menos 1 GW de capacidad acumulada con sistemas fotovoltaicos al final de 2013 y de 9 países instalado al menos 1 GW en 2013.

En China, donde se instalaron más de 90 GW de nuevas fuentes de generación de energía, el carbón y la hidráulica dominaron a la electricidad fotovoltaica y la eólica, pero en conjunto representan más de 24 GW de nuevas instalaciones, en comparación con 40 GW de nuevas plantas de carbón y 25 GW de energía hidroeléctrica. En Japón, las instalaciones fotovoltaicas fueron 10 veces más altas que las nuevas centrales eléctricas convencionales

En particular, generación de electricidad local, distribuida y, bajo ciertos esquemas, centralizada con sistemas fotovoltaicos; la producción de calor de proceso a baja e intermedia temperaturas ya es competitiva con otros métodos convencionales, y el acondicionamiento del ambiente en edificaciones alcanzó la madurez técnica y económica.

La penetración masiva de la energía solar depende hoy de la puesta en marcha de mecanismos de financiamiento específicos y de considerar plenamente al desarrollo sustentable como política pública fundamental.

10. Bibliografía

ANES. (2010). "Balance Nacional de Energía 2010" Obtenido el 1o de diciembre de 2011, de la página http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=13.

Brooks A. E. (2013) Chapter 18, Solar Energy: Photovoltaics. Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet. (T. Letcher, Ed.), Elsevier Science.

CFE (2011). Comportamiento de los Contratos de Interconexión en pequeña y mediana escala, CFE, 31 de diciembre de 2011. <http://www.cre.gob.mx/documento/2109.pdf>

Duffie, J., and Beckman, W., (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd Ed., Wiley-Interscience, U. S. A.

Hudon K. (2013) Chapter 20, Solar Energy: Water Heating. Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet. (T. Letcher, Ed.), Elsevier Science.

Kalogirou, S. (2009) Solar Energy Engineering: processes and systems, 1st Ed., Academic Press, U. S. A.

Kalogirou S. (2003) The potential of solar industrial process heat applications., Applied Energy 76, 337–361

NREL. www.nrel.gov (2012). «Opportunities and Challenges for Development of a Mature Concentrating Photovoltaic Power Industry».

Pitz-Paal R. (2013) Chapter 19, Solar Energy: Concentrating Solar Power. Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet. (T. Letcher, Ed.), Elsevier Science.

A Snapshot of IEA Global PV 1992-2013 (ISBN 978-3-906042-19-0)