

Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México

Background, prospects and potential of photovoltaic solar energy in the industry in Puebla, Mexico

ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica †*

Doctorado Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 17 sur 901, Barrio de Santiago, C.P. 72410, Puebla, México

ID 1^{er} Autor: Norma Angélica, Enciso-Chávez / ORC ID 0000-0002-7536-8606, Researcher ID Thomson: E-3249-2019
CVU CONACYT ID: 460022

DOI: 10.35429/JRE.2019.9.3.10.27

Recibido 3 de Abril, 2019; Aceptado 08 Junio, 2019

Resumen

El contexto actual para la generación de energía a nivel mundial está en transición hacia las energías renovables, convirtiéndose en un tema prioritario en las agendas energéticas, las cuales compiten cada vez más con los combustibles fósiles predominando el carbón, gas natural y el petróleo, que están provocando consecuencias hacia el cambio climático representando retos económicos, sociales y ambientales. La energía renovable como la solar fotovoltaica despliega una gran oportunidad para favorecer la seguridad energética en México, dado que cuenta con el potencial de radiación solar en su territorio. Sin embargo, no ha sido suficiente para que el sector industrial invierta en proyectos para satisfacer las necesidades de energía. El objetivo de esta investigación tiene como finalidad analizar y crear un marco de referencia para el uso de energía solar en la industria mexicana, la conveniencia, los beneficios, zonas de potencial, así como algunos esfuerzos internacionales donde se incluya la vertiente social y ambiental, de igual manera que tan favorable es la ubicación geográfica de Puebla para esta tecnología y las pautas a tomar en cuenta para motivar las inversiones encaminadas a la transición en lo relativo al uso de esta energía renovable y mejorar la eficiencia energética

Energías renovables, Energía solar fotovoltaica, Uso de energía solar FV en la industria

Abstract

This article describes the current context for energy generation worldwide is in transition towards renewable energies, becoming a priority in energy agendas, which are increasingly compete with fossil fuels predominating coal, natural gas and oil, which they are causing climate change consequences to representing economics, social and environmental challenges. Renewable energy such as solar photovoltaic deploys a great opportunity to promote energy security in Mexico, since it has the potential of solar radiation on its territory. However, it was not enough for the industry to invest in projects to meet energy needs. The objective of this research is to analyze and create a framework for the use of solar energy in the Mexican industry, the convenience, the benefits, potential zones, as well as some international efforts which include the social and environmental aspect, in the same way as so favorable is the geographical location of Puebla for this technology and the guidelines to be take into account to encourage investment aimed and the transition with regard to the use of this renewable energy and improve energy efficiency.

Renewables energies, Photovoltaic solar energy, Using solar PV industry

Citación: ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica. Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. Revista de Energías Renovables. 2019 3-9: 10-27

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: angelica.ech@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La energía es el elemento central para el desarrollo de las inversiones, la innovación, las industrias y el crecimiento de la economía. Considerando que la energía proviene principalmente de recursos energéticos fósiles (petróleo, gas, carbón), los cuales se han aprovechado por más de 100 años como fuente de calor, energía luminosa, combustible para vehículos y energía eléctrica (INEEL, 2009; UK, 2009; DOF, 2013). El cambio que se necesita debe estar basado en los nuevos paradigmas tecnológicos que desvinculen el crecimiento de los problemas ambientales –en particular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) – mediante el desarrollo y la utilización de nuevas tecnologías. (Altenberg y Pegel, 2012).

Así mismo, la energía eléctrica ha representado un desarrollo tecnológico de gran impacto, para el crecimiento económico de la humanidad, hay que mencionar, además, que actualmente constituye el 65% de la producción de energía mundial. El acceso confiable y sostenible de energía se encuentra ante una transformación fundamental que resulta esencial para hacer frente al cambio climático, donde la energía renovable desempeña el eje principal para ayudar al desarrollo de sistemas energéticos seguros, contribuyendo a resultados asombrosos en el acceso a la energía.

Hasta ahora el aprovechamiento de la energía renovable y su impacto sobre el ambiente es muy positivo ya que la obtención de electricidad no recurre a ningún tipo de combustión y no genera emisiones para contaminar la atmósfera.

Acorde a la secretaria de Energía Georgina Kessel (2009), en su contexto energético actual, los beneficios económicos y sustentables de las energías renovables han adquirido creciente relevancia, y se tiene que aprovechar su potencial energético.

Este potencial despliega una gran oportunidad para favorecer la seguridad energética se adiciona al esfuerzo global de reducir el impacto ambiental de las emisiones de CO₂ diversificando la cartera de tecnologías y recursos energéticos e impulsar el desarrollo sustentable.

En 2007, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) presentó un reporte alarmante en el que se concluyó que al ritmo de crecimiento actual la temperatura del planeta aumentaría 6 °C para el fin de siglo XXI (IPCC Core Writing Team et al., 2007). En 2009, la Agencia Internacional de Energía presentó diversos escenarios y estrategias de mitigación por país con el fin de limitar el aumento de la temperatura a 2 °C en el año 2010 (International Energy Agency, 2009). Así los objetivos prioritarios son: seguridad de abastecimiento, competitividad y sostenibilidad, es decir, fomento de hacer uso de energías renovables en el sector eléctrico y energético, para hacer cumplir el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Es necesario recalcar que, la CMNUCC es el acuerdo de mayor importancia a nivel internacional sobre acción por el clima. Uno de los tres convenios adoptados en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río en 1992. Hasta la fecha varios acuerdos se han alcanzado desde entonces, el Acuerdo de París en la Conferencia de las Partes (COP21) establece el marco global de lucha contra el cambio climático. Sin embargo, la Unión Europea no contaba con la competencia energética de los Estados Miembros, por lo que se tomó la acción como competencia medioambiental (Solorio, 2011b).

Así, la CMNUCC celebró la COP24 en la ciudad de Katowice, Polonia en diciembre de 2018 y resulta clave para el diseño de los instrumentos que permitirán abordar de forma efectiva y eficiente el cumplimiento de los objetivos climáticos y poner en marcha el Acuerdo de París. La adopción de objetivos globales para el fomento del desarrollo sostenible en 2015 tiene metas respecto de la energía asequible y no contaminante considerando el consumo de energía como elemento vital para los grandes desafío y oportunidades a los que enfrenta el planeta. Además, industria, innovación e infraestructura, donde las inversiones en infraestructura e industria son fundamentales para lograr el desarrollo sostenible e incrementar la productividad con estabilidad social. Para que esto suceda, se requiere de estimular la transferencia de conocimientos, tecnología y promover la inversión.

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca al uso de energías renovables, mismas que son amigables con el ambiente, aprovechando los recursos naturales para generarlas (Vega, 2010).

Ante este escenario, el desarrollo de la tecnología ha permitido el poder utilizar la energía del sol de forma controlada.

Existe especial interés en la energía solar, por su disponibilidad en mayor o menor medida en cualquier parte del mundo, y su aprovechamiento permite un crecimiento sustentable y no se encuentra atado a la volatilidad del precio de los combustibles fósiles. (Bimal, 2014; REN21, 2013; BP, 2014).

Uno de los métodos para la generación de electricidad, empleando la energía solar como materia prima, es mediante un sistema solar fotovoltaico, cuya producción de módulos fotovoltaicos se ha incrementado considerablemente, dichos sistemas están demostrando ser prometedores, cada vez más eficientes y menos costosos, por lo cual se recurre a esta tecnología.

En últimas décadas la tecnología fotovoltaica a nivel mundial ha experimentado enormes avances a nivel científico y tecnológico. Las innovaciones de diferentes tipos de celdas se han incrementado cinco veces, contando con tres generaciones de celdas desarrolladas, sus costos y cantidad de energía necesaria para fabricar paneles ha reducido en tal medida que la inversión puede ser recuperada durante los dos primeros años de uso. Así mismo la capacidad solar instalada corresponde a 161 GW que equivalen al 9% de aumento en 2016 en comparación con 2015. El total registrado es de 303 GW en 2017. Así la capacidad solar fotovoltaica representa cerca del 47%.

Considerando que la electricidad dada su adaptabilidad se usa en todas las actividades económicas, conviene subrayar que la industria hace uso aproximadamente de la mitad de la energía eléctrica, al mismo tiempo, la industria genera desarrollo, riquezas y empleos para las naciones, sin embargo, puede llegar a contribuir a la creación de graves consecuencias ambientales y sociales si no es administrada de una forma sostenible (Aida América, 2016).

Los centros industriales constituyen una significativa fuente de viables clientes de autoconsumo, su importancia radica en que producen gran variedad de productos que se ofrecen globalmente usados para tener una calidad de vida adecuada, estos procesos constituidos por etapas consumen energía para la producción, minimizando la presencia de residuos los cuales contribuyen a la contaminación ambiental.

Un principio importante de la ingeniería, es la optimización de los procesos, es decir aumentar la tasa de producción en relación con los recursos utilizados, esto es reducir los costos al hacer más eficientes los distintos sistemas y componentes que intervienen en la fase productiva. Estos procesos tienen que contribuir al desarrollo sostenible con el manejo racional de los recursos, propiciando su conservación, recuperación, uso adecuado y mejoramiento (Loayza Pérez & Silvia Mesa, 2013). El incentivar el desarrollo del autoconsumo en la industria, incluye la pronosticabilidad de los costos energéticos, mejoras ambientales, además de puntos de imagen de marca.

En este contexto, la necesidad de energía limpia, fiable y sustentable ha alentado a algunos gobiernos para promover el desarrollo y uso de tecnologías de energía renovable (Kyeongseok, Hyoungbae & Hyoungkwan, 2017), para México el reto es aprovechar la oportunidad de transformar el sector energético para atraer inversión y generar empleos.

Considerando que ya se empieza a fomentar la inversión para la generación de energía renovable como parte de la reforma energética de 2013, colaborando en acciones de mitigación de emisiones y adaptación a los efectos del cambio climático, acorde a los diversos convenios internacionales y estrategias para el desarrollo nacional, también se crean los Certificados de Energía Limpia (CEL's), lo que posiciona a México en la etapa de transición para optar por las mejores prácticas en el uso y generación de energía que permitirá competir en el giro energético.

Se requiere que la innovación en los procesos de producción, además de los modelos comerciales, debe estar acompañada de la adecuada alternativa tecnológica lo que representará la solución a los desafíos ambientales de la actualidad.

La presente investigación se realizó para establecer un panorama de las fuentes de energía considerando los antecedentes relacionados con la situación de la actual producción y uso de generación de energía eléctrica, que sirva como insumo de información para analizar los retos y oportunidades que permitan promover el uso de fuentes renovables como la solar fotovoltaica para la generación de energía en la industria y coadyuvar en el logro de competitividad en el sector.

Para efectos de esta investigación se realizó un análisis de la literatura especializada en materia de la producción y obtención de energía en fuentes como artículos científicos, estudios de impacto, sitios web de instituciones oficiales y especializados haciendo inferencia a palabras clave como energías renovables, energía solar, uso de la energía solar fotovoltaica, así como libros y tesis en el tema de exploración, como pieza importante para el desarrollo económico e industrial, a fin de establecer la base para crear y avanzar en la aplicación del conocimiento.

La metodología de este artículo es cualitativa, donde el proceso consta de los siguientes pasos: selección, revisión, comprensión, análisis y síntesis.

Explora el contexto a nivel internacional, después examina la conceptualización nacional de la seguridad energética en México y la disponibilidad del recurso solar, examinando el potencial de la energía renovable.

Posteriormente se analiza Puebla, como importante foco de observación por ser un estado con un peso relevante en la economía mexicana, así como, el uso de la energía en el sector industrial, tomando en cuenta el alto consumo energético.

El tipo de investigación es descriptiva y explicativa, la cual, según Hurtado (2010) tiene como objetivo lograr especificar las propiedades de personas, grupos, comunidades, objetos o cualquier otra unidad sometida a investigación.

El texto finaliza con algunas conclusiones, en las que se explora el potencial de promover la energía renovable en México, para consumo sustentable de mediano y largo plazo.

Energía Solar Fotovoltaica

Recurso energético disponible

El sol está en el origen de todas las energías renovables porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que predispone la formación de nubes, por tanto, las lluvias. También del sol procede la energía hidráulica. Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica. (Iberdrola, s.f).

El papel de la energía solar, puede llegar a ser la fuente energética más importante para el 2050, debido a que este tipo de energía tiene el potencial más amplio de todo el portafolio de energías disponibles con un 40%. (IEA, 2014; REN21, 2014). La energía solar que llega a la superficie terrestre es 10,000 veces mayor que la que se consume en todo el planeta, y la generación eléctrica fotovoltaica posee la mayor densidad energética media global, 170 W/m^2 de todas las fuentes renovables de energía (FER) (Aubrecht, 2012). La conversión de la energía del sol en electricidad es obtenida mediante dispositivos denominados celdas solares fotovoltaicas (FV), fabricados del material semiconductor por excelencia: silicio cristalino, además de diversas tecnologías fotovoltaicas alternativas, haciendo uso del proceso físico llamado efecto fotovoltaico descubierto por Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891).

A mediados de la década de los 90's las actividades en el campo fotovoltaico fueron impulsadas por la creciente presión ecológica de la sociedad, además de la reducción en los costos de los paneles y de los sistemas en su conjunto. Desde entonces, la evolución de la tecnología aplicada a los módulos solares fotovoltaicos se ha dado de forma progresiva y continua, y en la actualidad siguen sus mejoras en eficiencia, además de su reducción en costos. Recientemente se ha hecho uso de perovskita híbrida en las células con una eficiencia del 44,5%, convirtiendo dos tercios de la luz en electricidad. Teniendo en cuenta la primera célula fotovoltaica en 1954, el tamaño ha podido ser reducido en un 96 % generando la misma potencia.

Definitivamente la evolución del tamaño de los paneles se ha dado año con año consiguiendo mayor potencia, adaptación a diferentes superficies y flexibilidad.

Esta alternativa se ha posicionado como un medio principal de generación de energía en el sector eléctrico junto con las tecnologías de generación eólica e hidráulica. (REN21, 2014). Esto ha establecido en varios países producir energía con fuentes como la solar fotovoltaica comparable en costos de la obtención con fuentes no renovables, esta tecnología ha creado un mercado, el cual sigue en desarrollo para sus mejoras en eficiencia y disminución de sus costos.

Actualmente, las celdas de silicio cristalino dominan el mercado fotovoltaico, con una participación de 85% de las tecnologías que lo conforman. Se espera que este material continúe como líder en el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas por lo menos durante la siguiente década (MIT, 2016).

Tendencias del mercado fotovoltaico mundial

Las políticas industriales y tecnológicas en el campo de energías renovables de algunos países han logrado liderazgo en tecnologías como la solar fotovoltaica y han podido desarrollarse en sectores industriales, además de la creación de empleos, así como la formación de capital humano para los sectores en desarrollo. Por otro lado, la demanda mundial de energía sigue en crecimiento, a finales de 2014 las energías renovables aportaron el 59% de la capacidad de generación instalada, lo cual corresponde un total de 22,8% de la electricidad a nivel global. (GSR, 2015).

Cabe destacar que la energía fotovoltaica ha superado la barrera de los 400 GW acumulados consolidándose como un sector maduro y altamente atractivo para todo tipo de empresas y se encuentra en su momento de mayor crecimiento a nivel mundial, potenciado por el desarrollo en países de Asia: Corea del Sur (5,6 GW), Tailandia (2,7 GW) y Pakistán (1,8 GW), Taiwán (1,8 GW) o Filipinas (1,4 GW) China, India o Japón. La potencia instalada que engloba casi el 70% del total es aumentado principalmente por el desarrollo de la tecnología fotovoltaica por los cuatro países con mayor potencia: China, Estados Unidos, Japón y Alemania. (Anuario Fotovoltaico, 2018).

El Gráfico 1 muestra los 10 primeros países asociados con la penetración de la tecnología solar fotovoltaica como fuente de generación.

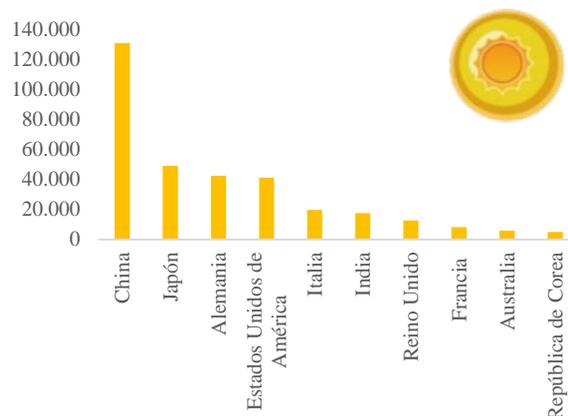


Gráfico 1 Top 10 países/áreas. Capacidad instalada (MW) solar fotovoltaica 2017

Fuente: IRENA, 2019.

Puede verse entonces que, la energía solar FV crece a un ritmo sostenido y con enorme potencial. El Gráfico 2 muestra las tendencias de la capacidad instalada y que dan cuenta de su crecimiento.

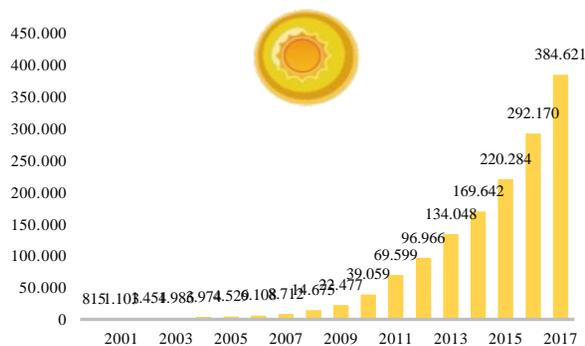


Gráfico 2 Tendencias en energías renovables (capacidad instalada MW) solar fotovoltaica 2017

Fuente: IRENA, 2019.

China es el país que ha crecido rápidamente y cuenta con una venta importante respecto al resto de los países, en 2016 llegó a 34,45 GW instalados. En 2017, confirma su dominio con 53 GW, lo que representa un 51% de la potencia total instalada a nivel mundial.

En los últimos años, India se confirma con un fuerte interés por la energía fotovoltaica, aumentando de 2015 a 2017 su potencia instalada de 2 GW a 9,1 GW augurándole un futuro para el desarrollo de la fotovoltaica en el país.

Cabe destacar que el mercado europeo ya es maduro y se mantiene relativamente constante: Reino Unido 2 GW, Alemania 1,8 GW, Francia 875 MW y Holanda 853 MW. En 2016 Turquía desatacó en Oriente Medio con 2,6 GW. (GTM Research, 2018). Una de las prioridades respecto de impulsar el compromiso y luchar para hacer frente contra el cambio climático es garantizando una energía segura, sostenible y asequible. Para América la distribución de la potencia se encuentra de forma desigual, donde la mayor concentración es en el norte del continente, en tanto, en los países del sur esta tecnología es incipiente, destacando Chile (1.8 GW) como país pionero. Por otro lado, los países de América latina siguen confirmando su enorme potencial, destacan Brasil (910 MW), Chile 67 (MW) y México (150 MW) en 2017 (Anuario Fotovoltaico, 2018).

A continuación, la Tabla 1, muestra la potencia instalada por los principales países en 2017, donde China deja claro su liderazgo en la instalación de potencia fotovoltaica la cual se mantendrá dada su ventaja sobre el resto de los países.

País	Potencia Instalada (GW)	País	Potencia Instalada (GW)
Rep. Popular China	53	Italia	0,41
Estados Unidos	10,6	Bélgica	0,28
India	9,1	Suiza	0,26
Japón	7,0	Tailandia	0,25
Turquía	2,6	Canadá	0,21
Alemania	1,8	España	0,15
Filipinas	1,4	Austria	0,15
Australia	1,25	México	0,15
Corea	1,20	Suecia	0,09
Brasil	0,91	Israel	0,06
Reino Unido	0,90	Dinamarca	0,06
Francia	0,88	Portugal	0,06
Países Bajos	0,85	Malasia	0,05
Pakistán	0,80	Noruega	0,02
Chile	0,67	Finlandia	0,02
Taiwán	0,52	Sudáfrica	0,01

Tabla 1 Potencia instalada (GW) por los principales países en 2017

Fuente: IEA-PVPS, 2018

A nivel global, la inversión en el mercado de la energía fotovoltaica ha crecido y los costes de la tecnología son cada vez menores.

De modo que, los marcadores que definirán su desarrollo en el mundo son: el diseño de mercados energéticos flexibles e interconectados que promuevan la integración de nuevos actores, el papel de los consumidores juega un papel significativo y requiere de regulaciones adecuadas, desarrollo de tecnologías para el almacenamiento de energía que favorezca la integración fotovoltaica a pequeña y gran escala para ser distribuida cuando se requiera, la existencia de la digitalización en las redes de distribución para control y monitoreo de la energía, y por último, un marco regulatorio para las subastas a largo plazo.

Disponibilidad del mercado fotovoltaico en México

El análisis de la distribución espacial del potencial energético del sol se lleva a cabo mediante mapas y tablas que establecen los valores promedio diarios de la radiación solar global, brillo y radiación ultravioleta solar que incide sobre la superficie plana por metro cuadrado. Así, la cartografía solar proporcionada por el Banco Mundial, identifica las regiones donde es apropiada la utilización de energía solar. Precisamente, México cuenta con las características geográficas y gran cantidad de recursos, y con el potencial necesario para generar energía mediante fuentes renovables, tomando en consideración factores técnicos como la disponibilidad del recurso, temperatura, latitud y altitud, entre otros. Por tal motivo, cuenta con una gran diversidad de fuentes de energía, además, contempla el cambio climático como asunto de seguridad nacional por lo que ha impulsado medidas de mitigación y adaptación, permitiéndole destacar a nivel internacional, con Políticas Energéticas enfocadas a la inclusión de las fuentes de energía limpia en la matriz energética. Sin embargo, la generación de energía a través de dichas fuentes no es aprovechada en su totalidad (Olivera & Colín, 2012:1).

De acuerdo con la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2015), la ubicación geográfica de México se encuentra dentro del llamado “cinturón solar” entre los 14° y 33° de latitud septentrional, donde la radiación presenta los mayores niveles del mundo, región considerada ideal para el aprovechamiento de recursos solares.

Se toma en cuenta no sólo la radiación solar, además el tamaño del territorio para la generación de electricidad provista por el sol, como se muestra en la Tabla 2.

País	Tamaño del territorio (Km ²)	Radiación solar (kWh/m ²)	Generación de energía solar (GWh)
México	1,964,000	5.5	114.2

Tabla 2 Aprovechamiento solar en territorio mexicano
Fuente: CIEP con datos del Bank (2017) y SOLARGIS (2017)

La irradiación global media diaria en el territorio nacional es de alrededor de 5.5 kWh/m²/d (la unidad de medición de radiación solar) (Aleman-Nava et al. 2014). La irradiación promedio diaria cambia a lo largo del país y depende también del mes en cuestión, descendiendo ligeramente por debajo de 3kWh/m² y logra alcanzar valores superiores a 8.5kWh/m². Este potencial de energía renovable puede ser aprovechado con tecnología fotovoltaica, la cual reporta ventajas de tipo energético y económico.

En la Figura 1, se detalla un mapa visual de la radiación solar en México, en el cual se observa que la zona noroeste de país es la franja con mayor potencial donde la radiación excede los 8kWh/m² en primavera y verano. No obstante, los puntos de demanda más altos se localizan en el centro del país, esto implica un reto/oportunidad en la mayor parte del territorio nacional ya que cuenta con un buen recurso de brillo solar (horas de sol).



Figura 1 Mapa de radiación global horizontal de México del potencial de energía fotovoltaica
Fuente: Banco Mundial, Solargis, 2017. Recuperado de: <http://globalsolaratlas.info>.

La Tabla 3 ejemplifica la irradiación anual que presenta el territorio de México, considerando el rango máximo y mínimo, así como su promedio de forma mensual.

Mes	Mínimo	Máximo	Promedio
Enero	3.1	5.4	4.1
Febrero	3.3	6.3	4.7
Marzo	3.1	6.6	5.3
Abril	3.8	7.5	5.7
Mayo	4.1	8.3	5.9
Junio	4.4	8.6	5.6
Julio	4.5	7.0	5.6
Agosto	4.5	6.6	5.5
Septiembre	4.1	6.7	5.1
Octubre	3.5	6.0	4.7
Noviembre	3.1	5.7	4.3
Diciembre	2.8	5.6	3.8

Tabla 3 Irradiación solar global diaria promedio mensual en México (kWh/m²)
Fuente: CONUEE. Irradiación Global Media en la República mexicana

Sin embargo, con base a la proporción que tiene México en su territorio y la irradiación anual mostrada en la tabla 3, el aprovechamiento de la energía solar está muy por debajo con respecto a otros países. De hecho, México continúa aumentando el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, de esta manera, la huella de carbono producida lo sitúa en el lugar 13 en el mundo en emisiones de GEI (INECC, 2015), pese a que cuenta con una de las mejores radiaciones solares en el mundo, la generación de energía está en gran medida atada a la energía fósil como se observa en la Figura 2, donde el consumo de carbón en la generación de electricidad se incrementó 13.2% a 2016.

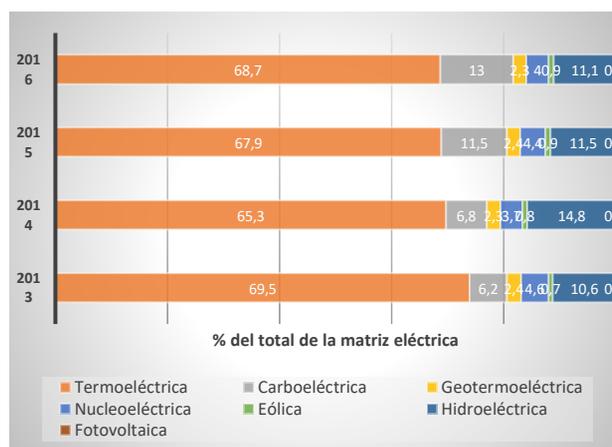


Figura 2 Generación de energía eléctrica por tecnología en México.
Fuente: CIEP, con información del Sistema de Información Energética, 2016

Para cumplir los compromisos asumidos por México en París en 2015 de los *Intended Nationally Determined Contributions* (INDC) ahora *Nationally Determined Contributions* (NDC), para cambiar la matriz energética, debe renunciar a su “forma acostumbrada de hacer negocios” (el modelo *business as usual*, BAU) y reducir sus emisiones de GEI de forma sustancial para alcanzar la ruta trazada a partir de 2025 (INECC, 2015).

Así mismo, la búsqueda de otras fuentes de energía por la creciente demanda para su consumo, el Gobierno Federal, a través de la Ley de Transición Energética (LTE) (DOF, 2015), establece que, del total de energía eléctrica generada, la mayor proporción sea mediante tecnologías verdes.

Por ende, México tiene el desafío de satisfacer la demanda creciente de energía con medios limpios, así se ha autoimpuesto el compromiso de generar el 35% de la electricidad mediante energías limpias para el 2024 y reducir las emisiones GEI en 30% respecto de la línea base para 2020, además, se estableció el objetivo de alcanzar una capacidad instalada mínima, una generación efectiva, así como estrategias y acciones que permitan alcanzar la diversidad de fuentes de energía.

La transición energética del país hacia fuentes de energía renovables le permitirá no sólo asegurar el suministro de energía a usuarios residenciales e industriales, sino también garantizar un crecimiento y desarrollo económico sustentable (Centro de Investigación para el Desarrollo, 2014: 9).

Conforme los datos del Inventario Nacional de Energía Renovables (INERE) a junio de 2015, se puede observar que la energía solar representaba una importante área de oportunidad para diversificar la generación de energía eléctrica puesto que ya se cuentan estudios de factibilidad del aprovechamiento. (SENER, 2014).

Gracias a las reformas implementadas en el sector energético se han eliminado barreras que impedían el desarrollo de nuevos proyectos y tecnologías. La estructura de las fuentes que conforman la oferta interna bruta de energía en México ha permanecido prácticamente constante en los últimos años. Sin embargo, la oferta de energía ha ido en ascenso, pasando de casi 8,000 PJ en 2005, a poco más de 8,500 PJ en 2015.

Las fuentes limpias (renovables y nuclear) participaron con 9% del total de la oferta energética nacional, con 769.5 PJ (SENER, SIE 2017). En 2016, el 20.31% de la energía eléctrica fue generada con fuentes limpias. Así, la capacidad instalada para generar energía creció en 10% llegando a 21,179 MW que representan el 28.81% de la capacidad total nacional. (SENER, 2016).

Los Gráficos 3 y 4 muestran la estructura de la oferta de energía en México en los años 2005 y 2015.

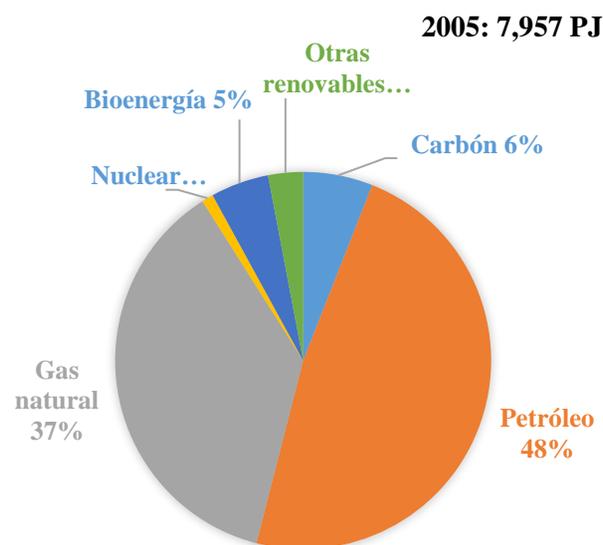


Gráfico 3 Estructura de la oferta bruta de energía en México (petajoules), 2005

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER

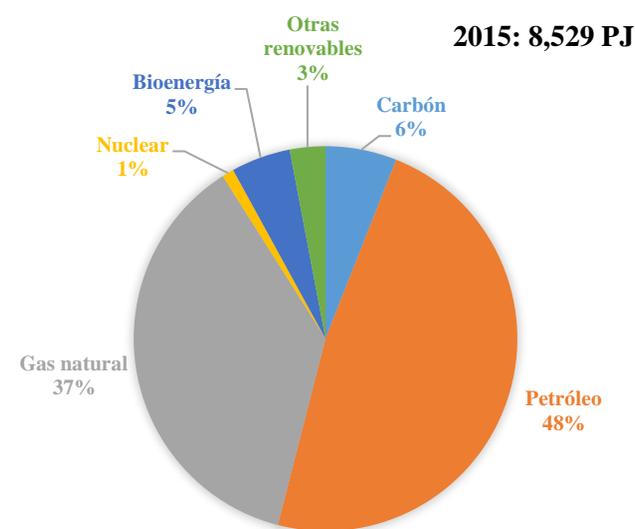


Gráfico 4 Estructura de la oferta bruta de energía en México (petajoules), 2015

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

En este contexto, la energía solar es subaprovechada, contribuyendo con tan solo 0.12% del total de energía, equivalente a 10.15 PJ.

El Gráfico 5 muestra el crecimiento en la producción de energía a partir del sol como fuente hasta el 2015.

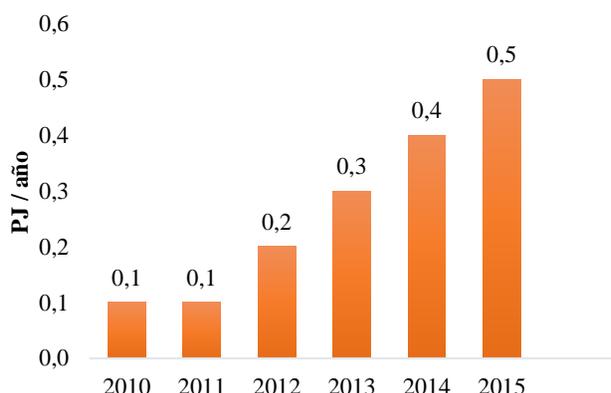
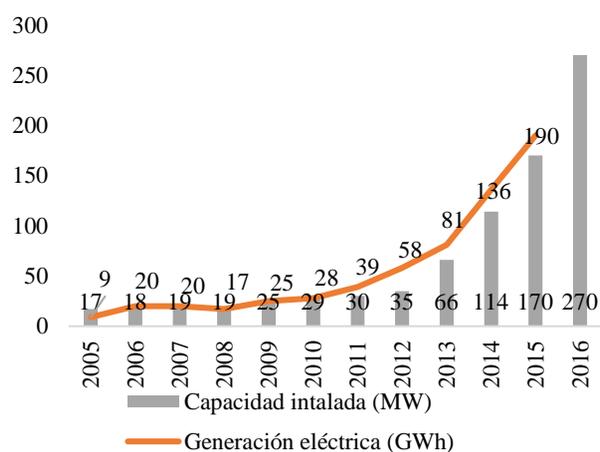


Gráfico 5 Producción primaria de energía solar fotovoltaica en México (PJ)

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

En el caso, de la demanda de energía por el sector industrial, éste consume con fines térmicos 0.49 PJ. Por otro lado, los proyectos solares a gran escala en el sector eléctrico representaron el 25% en 2016, donde la energía solar estuvo presente con una capacidad instalada de 270 MW, es decir, 0.38% del total de la capacidad a nivel nacional. El Gráfico 6 muestra la generación de electricidad a partir de sistemas fotovoltaicos ascendiendo a 190 GWh y 270 MW de capacidad instalada.



Gráficos 6 Evolución de la capacidad y generación de electricidad en México

Fuente: CRE y Sistema de Información Energética, SENER

El sector productivo, en pocos casos ha considerado la implementación de procedimientos que le permitan lograr la disminución de los costos de producción con el uso de tecnología y la aplicación de conocimientos aplicados a las tendencias estrategias de competitividad.

En este contexto, el reto para México es aprovechar la oportunidad para transformar el sector energético atrayendo inversión, ligando competitividad con redes de innovación y definiendo estrategias que permitan superar los retos a los que se enfrenta la industria, la academia, el gobierno y la sociedad.

El número de participantes en el desarrollo de proyectos solares ha crecido en México con 28 proyectos fotovoltaicos desarrollados por 20 empresas, como resultado de dos subastas con una inversión de más de 4,500 millones de dólares, las cuales entrarán en operación comercial en 2018 y 2019.

La capacidad instalada de energía fotovoltaica se concentra en seis estados del país: Coahuila, Aguascalientes, Yucatán, Sonora, San Luis Potosí y Chihuahua con un 93% de la capacidad por las dos subastas (3,310MW); el 7 % restante se instalará en Jalisco, Morelos, Baja California y Baja California Sur.

La tabla 4 muestra las empresas desarrolladoras como resultado de las subastas de largo plazo para adquirir energía, potencia y certificados de energías limpias.

Primera Subasta	Segunda subasta
	Acciona (180 MW)
	Ienova (41 MW)
	Zuma Energía (148 MW)
Sunpower (100 MW)	OPDE (112.17 MW)
Enel (787 MW)	Fisterra Energy (125 MW)
Recurrent (63MW)	Gestamp Solar (X-Elio) (150 MW)
Sunpower (500MW)	ENGIE (126 MW)
Jinko (188 MW)	Ienova & Trina Solar (100 MW)
Alter Enersum (30 MW)	Fotowatio Renewables (300 MW)
Thermion (23 MW)	Hamwha Q-Cells (101.08 MW)
	Alten Energías Renovables (290 MW)
	EDF (90 MW)
	Grenergy (30 MW)

Tabla 4 Empresas desarrolladoras (subastas)

Fuente: Elaborado con información del CENACE.

En México, el sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía con 31.4% de participación del consumo energético total del país en 2015. Al respecto, la energía proveniente del sol despierta mayor interés como fuente confiable, a precios estables, además de una alternativa para reducir el consumo de combustibles fósiles y la emisión de GEI. En 2013, se publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40 (ENACC), donde se describen los ejes estratégicos y las líneas de acción que orienten las políticas de los tres órdenes de gobierno y así fomentar la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad. (Semarnat, 2013).

Como resultado de las reformas estructurales, además de establecer la Ley de Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) ratifica la Ley General de Cambio Climático que estipula que el 35% de la generación eléctrica provenga de energías limpias para ese mismo año (SENER, 2016).

Los compromisos que México está asumiendo se apegan a los objetivos y prioridades establecidas en la Ley General de Cambio Climático, además de los acuerdos asumidos en la CMNUCC. Todas estas observaciones se relacionan también con la participación del sector energético e industrial para alcanzar las metas de contribución que se mencionan a continuación:

- Generar el 35% de energía limpia en el 2024 y 43% al 2030. La energía limpia incluye fuentes renovables, la cogeneración eficiente con gas natural y termoeléctricas con captura de CO₂.
- Sustituir en la industria nacional los combustibles pesados por gas natural, energías limpias y biomasa.
- Reducir en 25% las fugas, venteo y quemas controladas de metano.
- Controlar las partículas negras de hollín en equipos e instalaciones industriales.

En México, al 2015 se reportaron nueve centrales de generación con energía solar fotovoltaica, éstas se encuentran distribuidas en distintas áreas operativas: dos en Baja California, una en Baja California Sur, una en Noroeste, una en el área Norte, dos en el área Occidental, una en el área central y la última en Mulegé.

En conjunto, suman 56.0 MW de capacidad y generaron 78.0 GWh de energía eléctrica. (SENER, 2016).

El gran potencial de la energía solar se vio reflejado en los resultados de la segunda subasta eléctrica al ganar el 54% del total requerido (4,836, 597.0 MWh), cabe recordar que la energía limpia adquirida en esta subasta equivale a aproximadamente el 3% de la generación anual de electricidad en México. Se espera que al cierre de 2019 se adicione 5,400 MW de capacidad (20 veces la capacidad actual), debido a las adiciones de capacidad de nuevas centrales, y a los proyectos ganadores de la primera y segunda subasta que contribuirán con 1,691 MW y 1,853 MW respectivamente.

Contexto regional: Puebla

La premisa para entender el aporte de esta investigación regional en el desarrollo nacional precisa tratar algunos aspectos de definición y características. Cuando se habla de la región, se hace en términos geográficos; definida como: una porción de la realidad geográfica cuyo interior prevalecen algunos atributos que le confieren homogeneidad suficiente para distinguirse de otras y así tener identidad y existencia propia.

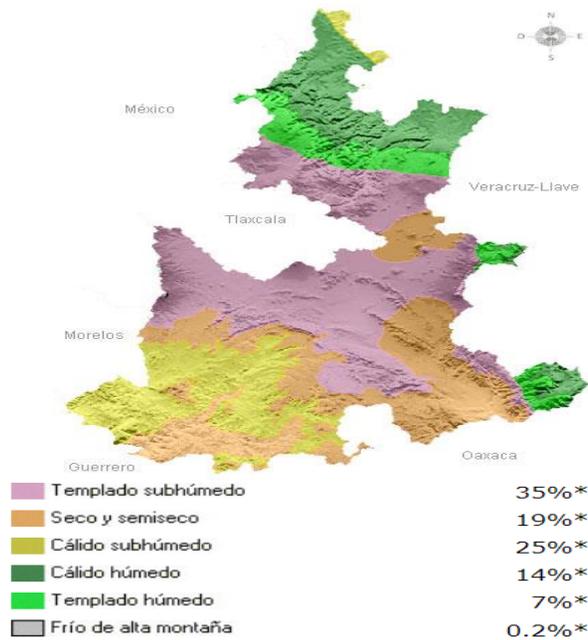
El nivel de desarrollo de un territorio en el enfoque de complejidad económica se relaciona con la sofisticación de su organización y de las capacidades productivas disponibles. De este modo, una región puede progresar de forma sostenida en la medida en que se incrementa su acervo de capacidades, las cuales pueden generarse de manera endógena a partir de procesos descentralizados de aprendizaje, o bien se pueden estimular a partir de una política industrial que tome en cuenta las ventajas comparativas existentes.

El INEGI presenta en el panorama sociodemográfico de México 2015, los datos relevantes sobre las características demográficas y económicas de la población contemplando todos los estados. Los datos presentados a continuación son estimadores de los valores poblacionales para el estado de Puebla.

El estado de Puebla se ubica al norte 20°50'24", al sur 17°51'39" de latitud norte; al este 96°43'29", al oeste 99°04'14" de longitud oeste.

Su capital es Heroica Puebla de Zaragoza, así, representa el 1.75% de la superficie del país que corresponde a 34,309.1 km². La superficie estatal forma parte de las provincias: Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte.

La Figura 3 ejemplifica las regiones y los climas que presenta el estado de Puebla.



*Referido al total de la superficie estatal.

Figura 3 Representación del clima en el estado de Puebla
Fuente: Elaborado con base en INEGI. Carta de climas 1:1,000,000

Así, el 35% de la superficie de estado presenta clima templado subhúmedo en la región central sureste, el 25% presenta clima cálido subhúmedo en la parte norte sureste, 19% presenta clima seco y semiseco hacia el sur y centro oeste, 14% presenta clima cálido húmedo en el norte y sureste, 7% presenta clima templado húmedo en la región norte y una pequeña área hacia el sureste, un pequeño porcentaje (0.2) de clima frío en la cumbre de los volcanes.

La temperatura media anual del estado es de 17.5°C, la temperatura máxima promedio es de 28.5°C y presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 6.5°C durante el mes de enero.

La precipitación media estatal es de 1,270 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre.

Enfocándonos en la ciudad de Puebla se presenta la fluctuación de radiación solar, de acuerdo con los datos del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER) IIE-GENC y del Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, las horas de sol pico por día y de modo mensual para Puebla se evidencian en la Tabla 5.

Entidad federativa	Ciudad	Latitud norte	
Puebla	Puebla	19.06	
Horas de sol pico			
Horizontal = Plano horizontal		Inc = Plano inclinado a la latitud de la localidad	
5.22		5.44	
Irradiación solar en kWh/m2 – Día			
Enero	4.9	Julio	5.8
Febrero	5.5	Agosto	6.0
Marzo	6.2	Septiembre	5.2
Abril	6.4	octubre	5.0
Mayo	6.1	Noviembre	4.7
Junio	5.7	Diciembre	4.4
Mínima 4.4		Máxima 6.4	Media 5.5

Tabla 5 Horas de sol pico para la ciudad de Puebla.
Fuente: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana (R. Almanza S., E. Cajigal R., J. Barrientos A. 1997) Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development

Debido a que la generación de electricidad mediante tecnología fotovoltaica depende del recurso solar y con base a datos proporcionados por fabricantes de las tecnologías se ha determinado el rendimiento del módulo. La Tabla 6 presenta los valores de irradiancia, temperatura y rendimiento para el estado de Puebla.

Recurso solar promedio diario anual (kWh/m ²)			Temperatura promedio anual (C)		
Min.	Max.	Media.	Min.	Max.	Media.
3.97	6.58	5.25	10.00	24.30	17.10
Rendimiento de tecnología fotovoltaica (%)					
Mono-Si	Poli-Si	m/a-Si	a-Si	CdTe	CIGS
87.61	89.48	94.17	87.90	93.93	88.49

Tabla 6 Valores de irradiancia, temperatura y rendimiento de tecnologías
Fuente: Elaborado con datos de NASA, SMN y fabricantes de tecnología

Hay que mencionar, que a la cantidad de irradiación acumulada durante un tiempo determinado se llama insolación donde la unidad de tiempo es una hora (h), las unidades de insolación son $W\cdot h/m^2$, generalmente la insolación es reportada como horaria, diaria, mensual, estacional y anual. Se debe agregar que, otra forma de expresar la insolación es mediante el término Hora Solar Pico (HSP) y se refiere a la energía acumulada durante una hora a una irradiación promedio de $1000W/m^2$.

Puebla tiene un amplio potencial para llevar a cabo la generación de energía eléctrica a través de paneles solares, ya que cuenta con una radiación de 5.8 a 6 kWh, cuando la media nacional es de 5.2, así hay un amplio mercado para el uso de energías limpias, permitiendo abaratar costos en los procesos de producción en las empresas.

Sector industrial

El sector industrial ocupa el segundo lugar como consumidor de energía en México, con 31.4% del consumo energético total en el país a 2015. La industria manufacturera juega un papel estratégico dentro de la economía en México, se constituye de empresas pequeñas hasta conglomerados, clasificándose en tres rubros: actividad industrial (productos metálicos, maquinaria y equipo; productos alimenticios, bebidas y tabaco; sustancias químicas, derivados del petróleo, productos del acuchado y plásticos), conviene subrayar que concentra el 76.6% del producto Interno Bruto (PIB).

Para el sector industrial, las tarifas de electricidad que se aplican son las de uso general, su clasificación corresponde a la tensión en la que se suministran, por lo que muestran diferencias en estructura y cargo. El potencial técnico usado en el sector industrial es el referente a tarifa media y alta tensión distribuido en 15 entidades federativas y que en su conjunto representan el 83% del potencial identificado.

Puebla, presenta una estructura productiva en donde la actividad manufacturera tiene relevancia y está constituida comenzando con empresas muy pequeñas hasta grandes conglomerados. De acuerdo con los datos del Censo Económico de 2014 sobre el personal ocupado, a nivel nacional los servicios privados no financieros tienen una participación del 35.8%, el comercio del 29.6%, las manufacturas del 23.5% y las demás actividades del 11.1%. (CIDE, 2017).

Las actividades del sector secundario, utiliza maquinaria y procesos cada vez automatizados para transformar las materias primarias que se obtienen en el sector primario. Pertenecen a este sector las fábricas, los laboratorios, talleres, industrias (sector 31-33) como la de la construcción, minería y de manufactura. La industria manufacturera contribuye con 159,709 mdp, equivalente al 33.51% de aportación al PIB estatal y 4.7% de la aportación al PIB nacional. (INEGI, 2016).

En Puebla existen 251 mil 318 unidades económicas, de las cuales 41 mil 114 se enfocan al sector manufacturero; es decir, 16.3% de las empresas del estado se dedican a la transformación de las materias primas y le agregan valor extra para su comercialización. El municipio de Puebla concentra el 15.6% de la industria manufacturera, respecto a las unidades económicas, sin considerar la minería petrolera, se localizan en la ciudad de Puebla 7385 (INEGI, 2014).

Como se puede observar en el Gráfico 7 la demanda de electricidad en el sector industrial se ha incrementado de forma importante en el sector.

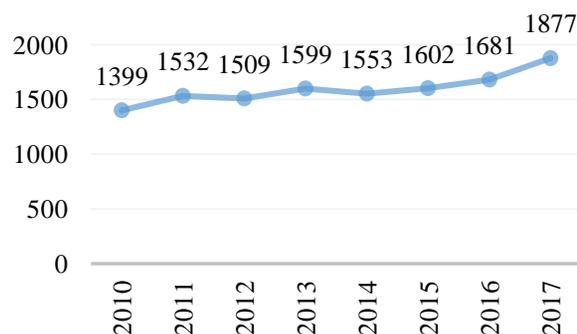


Gráfico 7 Balance Nacional de Energía: consumo final de energía en el sector industrial

Por otra parte, las tarifas no cuentan con un subsidio gubernamental, no obstante, los precios son relativamente bajos y así contribuyen a la competitividad industrial.

La tecnología solar comienza a mostrar dinamismo e interés como fuente confiable, a precios estables, además de establecer retos importantes para implementar alternativas sustentables con sistemas fotovoltaicos en el sector, por el potencial técnico al ser posible en México puesto que el avance tecnológico ha traído como resultado la disminución en costos.

Uno de los retos que enfrenta el país es la insuficiente vinculación academia e industria. Ante ello, es importante su impulso para acelerar el desarrollo industrial, tecnológico que permitan la reducción de la brecha oferta-demanda y colocar al país a la vanguardia. El nuevo entorno de las energías renovables y sus oportunidades, los esfuerzo por desarrollar portafolios comercializables para la industria ofreciendo productos y servicios en los centros de investigación, han permitido en algunas industrias ventajas y beneficios. Sin embargo, hace falta más difusión y vinculación al respecto.

La transferencia de conocimiento entre universidad y empresa constituye sin lugar a duda un fenómeno de creciente interés en la literatura. La mayor parte de dichos estudios se caracterizan por tratar el fenómeno en cuestión en términos de proceso, identificando, según la perspectiva adoptada, los elementos que obstaculizan o dinamizan el desarrollo del mismo. Este hecho ha condicionado un vacío considerable en la literatura académica con referencia al Proyecto como actividad central de la transferencia de conocimiento. (Barberá-Vega, s.f.)

Se ha considerado a la empresa como el agente receptor en los procesos de transferencia e identificando sus características empresariales para hacerla susceptible a adquirir conocimiento externo, ahora bien hay que identificar la capacidad de absorción que identifique a la empresa que pueda adquirir y explotar el conocimiento con fines comerciales, por tanto es importante que una empresa comprenda capacidades básicas como: valorar el nuevo conocimiento, asimilarlo y aplicarlo para fines competitivos. En mercados oligopólicos y donde la competencia se hace no sólo por precios sino por diferenciación de productos, las firmas pueden aumentar su participación en el mercado a través del lanzamiento de nuevos productos y la puesta en práctica de nuevos procesos de producción, además de las prácticas habituales de propaganda y publicidad. (Porter, 2008).

Lafuente y Yagüe (1989) sostienen que la competitividad empresarial se fundamenta principalmente en el tamaño de las unidades económicas a partir de la acumulación de factores internos tangibles, pues entre más grande sea la empresa, estará en condiciones de tener mayor acceso a capital, producción en masa y reducción de costos.

Sin embargo, empíricamente también se ha constatado la relación positiva entre innovación tecnológica y cultura organizativa con la competitividad empresarial, además de la vinculación entre los activos intangibles y la generación de ventajas competitivas entre empresas de países desarrollados (Díaz y Torrent, 2010: 07).

De acuerdo con Medellín (2010), la gestión tecnológica busca satisfacer la necesidad de adquirir ventajas competitivas y maximizarlas en la práctica, basándose en la capacidad tecnológica para desarrollar e innovar productos y procesos mediante metodologías que apoyan tales esfuerzos.

Cuando a las empresas se les expone la existencia de una tecnología se debe explicar sobre cómo funciona y por qué funciona. Posteriormente, la empresa piensa hacia el futuro acerca de los resultados de adoptar la tecnología, asimismo analiza las ventajas y desventajas de adoptar la tecnología. A continuación, al llevar a cabo la implementación es necesario adaptarla a su realidad.

Las empresas deben crear, difundir e incorporar nuevos conocimientos, tanto en sus procesos como en sus productos para lograr obtener ventajas competitivas duraderas, es decir centrarse en la innovación continuada. Las ventajas competitivas se convertirán en ganancias si el conocimiento se traduce en reducción de costos.

Una empresa con una cualidad estratégica proactiva regularmente es la primera en fijar nuevos productos e introducirse en nuevos mercados, así como experimentar con nuevas tecnologías y buscar el desarrollo de nuevas oportunidades a partir de la innovación. Los beneficios percibidos relacionados con la adopción de innovaciones, así como las dificultades y posibles barreras pueden ser igualmente factores que condicionen el comportamiento innovador de las empresas (Cooper y Zmud, 1990; Iacovou, Benbasat y Dexter, 1995; Sadowski, Maitland y van Dongen, 2002; Doherty, Ellis-Chadwick y Hart; 2003; Borra, García y Espasandín, 2005; García, Espasandín y Borra, 2008). En este sentido, las empresas que adoptan en primer lugar la tecnología necesitan percibir los efectos positivos de la misma, y por tanto su valor potencial, antes de adoptarla (Vadapalli y Ramamurthy, 1997).

Dado que la innovación es un impulsor poderoso de la competitividad empresarial, los directivos de las organizaciones deben desarrollar habilidades para entender y medir los factores claves en el proceso de innovación, para mejorar los resultados empresariales (Quintane, et al., 2011).

El costo-beneficio considerado para implementar sistemas fotovoltaicos contempla la reducción de facturación de electricidad, en este sentido, conocer las necesidades en las empresas del estado de Puebla permitirá verter las ventajas tecnológicas y metodológicas para el impulso de oportunidades con valor agregado.

Conclusiones

Ante el panorama expuesto, la correcta percepción de los problemas y desafíos que enfrenta el planeta requiere de la toma de decisiones fundamentada, pero además de los cambios de actitud y comportamiento de la ciudadanía es un elemento imprescindible para avanzar. El mal uso de los recursos ha originado el surgimiento de inquietudes ambientales que han hecho del tema de sustentabilidad y sus implicaciones económicas realizar un consenso acerca de las políticas para ejecutarse en los distintos países.

La generación de la energía eléctrica con tecnologías alternativas al uso del petróleo ha creado un espacio económico y comercial de intensa competencia significando la apertura de nuevos negocios.

El análisis de las experiencias internacionales muestra que las energías renovables son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en países industrializados como en economías en desarrollo y en los países emergentes; gracias a sus efectos benéficos tanto ambientales como económicos y sociales (Olabi, 2016).

Forlan & Mortarino (2017) señalan que la competencia entre energías tradicionales y renovables en términos de consumos con base en cuatro grandes actores en el mundo de la energía: Estados Unidos de América, Europa, China e India. Además, muestran la importancia de que se impulse el desarrollo de este tipo de energía sobre todo por las necesidades del mercado para satisfacer las exigencias de la sociedad en general.

El desarrollo sustentable debe mediar el crecimiento económico y la protección del ambiente, para lo cual el cambio tecnológico juega un papel primordial donde es posible que las industrias lo apliquen.

Considerando que una de las acciones a iniciar es la necesidad del ahorro energético. Existen muchas razones para considerar el uso de las energías renovables en México para la seguridad e independencia energética, el beneficio de recursos nacionales, aquí se puede generar electricidad a partir del aprovechamiento de la energía solar como la contribución a la sustentabilidad del sistema energético evitando su generación mediante el uso de combustibles fósiles, además de la reducción de las emisiones.

México cuenta con las herramientas para llevar a cabo el incremento de la descarbonización de la energía eléctrica a niveles comparables de los países más adelantados en la materia por su amplio y atractivo potencial solar para explotar el uso de energías renovables gracias a su ubicación geográfica, evidenciando la importancia del impacto para realizar la planificación energética precisando de las políticas generadas en el país y de este modo reducir la dependencia energética del exterior. Además, por la obligación adquirida en los acuerdos firmados a nivel internacional a fin de garantizar su cumplimiento. Es por esto que la energía fotovoltaica debe ser impulsada por su rápida y sencilla obtención, pero sobre todo por la calidad y eficiencia energética.

La tecnología fotovoltaica se ubica en constante evolución y mejora técnica, considerado un foco importante en la investigación a nivel mundial. No obstante, la generación de energía fotovoltaica presenta grandes retos y el impulso de su desempeño podrá contribuir a su pronta incorporación como parte de la estrategia de gestión y en la mejora de los procesos de decisión, permitiendo lograr el equilibrio en los aspectos sociales, económicos y ambientales; incluyendo llevar a la práctica las acciones que fomenten el crecimiento económico.

La mejora de la tecnología transformadora posibilitará que la energía solar se convierta no sólo en la opción más ecológica, además, en la más productiva y económica de las opciones de energía renovable.

El impacto de las actividades con energía solar fotovoltaica permite un aumento en la seguridad en el suministro y refuerza la diversificación de las fuentes energéticas. También, evita costes de mantenimiento una vez instalada. Además de que su promoción en conjunto con las demás fuentes de energía renovable es un objetivo principal por sus beneficios ambientales, económicos y su gran potencial.

En lo referente a la energía solar fotovoltaica y con base en la cantidad mostrada de radiación solar en la tabla 5, se considera que Puebla cuenta con el promedio anual de radiación solar apropiada para llevar a cabo la implementación de dichos sistemas que coadyuven a generar energía eléctrica de manera más limpia y de fácil acceso, sin contaminar y de forma más económica.

En este sentido, México presenta un gran potencial para hacer uso e impulso de las energías renovables como alternativa sustentable.

Su adopción depende en gran medida de los valores sociales de los consumidores para estar dispuestos a fomentar una nueva innovación energética.

La existencia de una industria solar fotovoltaica madura permite una difusión para que alcance su potencial, logrando mejoras en la colaboración con entidades privadas, públicas, gobierno y academia, así como las transparencia y mayor fortalecimiento de las regulaciones del marco jurídico y normativo; por último, un abanico de opciones para el financiamiento.

En el tema ambiental las empresas juegan un papel muy significativo, por lo que deben aprender a medir los impactos y reconocer las oportunidades en favor de soluciones innovadoras para obtener ventajas competitivas basadas en emplear las tecnologías actuales que además reducen la contaminación.

Para las empresas el respeto al ambiente es una oportunidad estratégica para optar como ventaja competitiva y diferenciadora en el uso de la mejor tecnología disponible desencadenando innovaciones y la baja de costos totales, además de otros beneficios, permitiéndoles usar sus recursos más productivamente.

A causa de las actividades que se realizan por la industrialización, en el que las empresas generan un impacto negativo en el ambiente, requiere de reducirlo mediante acciones que permita lograr un cambio permanente rumbo al desarrollo sustentable, es necesario implementar estrategias de responsabilidad social empresarial para atender todos los aspectos que impactan en su estructura, evaluando las inversiones necesarias para su ejecución y crear ventajas competitivas. Sin duda, otro papel importante es la participación del gobierno para asumir los compromisos, generar e integrar políticas en la lucha contra el cambio climático.

En definitiva, el uso de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica cuenta con un futuro promisorio en México, debido a que el avance tecnológico es seguro como alternativa sustentable.

Aún es necesario superar las barreras que imposibilitan el incremento de su uso, es por esto que se requiere la inversión de capital mexicano que apuntale el crecimiento y la consolidación de este tipo de innovaciones e impulsar soluciones con sistemas fotovoltaicos para la generación de electricidad en la industria mexicana.

El aprovechar las oportunidades que ofrecen las energías renovables para disminuir costos en la producción de electricidad aumenta la competitividad sin afectar el ambiente y de esta forma plantear la configuración de su cadena de abastecimiento.

Referencias

AIE (2014). Indicadores de eficiencia energética: esencial para la formulación de políticas. París: AIE. 2014^{aa}. 162P. DOI: 10,1787 / 9789264215665-en AIE (2014). Política de eficiencia energética Regional recomendaciones París: AIE. 2014B. 12P.

AIE, Agencia Internacional de Energía. (2013). World Energy Outlook. Recuperado de: <http://www.worldener-gyoutlook.org/>

AIE, Agencia Internacional de Energía. (2015). Energy and Climate Change.

Agencia Internacional de Energía. (2015). Energy Outlook 2035, en línea: <http://www.worldenergyoutlook.org/>.

- Alemán-Nava G., Casiano-Flores V., Cárdenas-Chávez D., Díaz-Chávez R., Scarlat N., Mahlknecht J., Dallemand J.F. y Parra R. (2014). Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 32, 140-153. DOI: 10.1016/j.rser.2014.01.004.
- Amdee (2016). Capacidad instalada de energía eólica en México 2016. Disponible en: <http://www.amdee.org/mapas/parques-eolicos-mexico-2016>.
- Anuario Fotovoltaico. (2018). Consultado en: <http://proyectotransicionenergetica.org/AnuarioFotovoltaico2018.pdf>.
- Aubrecht, G. (2012). «Renewable Energy: Is the Future in Nuclear?», <http://osumarion.osu.edu/news/dr-gordon-aubrecht-talks-renewables-tedx-columbus>.
- Américas, Aida. (2016). Reforma energética: oportunidad para el desarrollo sustentable y de bajo carbono. Consultado en: <http://www.aida-amaericas.org/sites/default/files/Reforma%20Energie%CC%81tica%20FinalCF.pdf>.
- BP Energy Outlook. (2016). Edition. Outlook to 2035. BP p.l.c.
- Cedrick, B., Y. Weil. (2017.) Investment Motivation in Renewable energy: A PPP Approach Energy Procedia.
- Centro Mexicano para la filantropía (Cemefi). (2014). El concepto responsabilidad social empresarial. México, D.F.
- Cortés, F. J., & la Roca, F. (2010). La economía ecológica. Colección Finanzas Éticas, 7-34.
- Cuevas, Z. I., Rocha, L.L. y Soto, F. M. (2017). Tecnologías verdes: energías renovables como una alternativa sustentable para México. Red Internacional de Investigadores en Competitividad. (ISBN: 978-607-96203-04).
- Deloitte. (2011) Factores clave para apoyar la sustentabilidad corporativa. México: Deloitte.
- Energy Transitions Commission. (2017). Etc. Disponible en http://energy-transitions.org/sites/default/files/BetterEnergy_fullReport_DIGITAL.PDF.
- Encuesta Intercensal. (2015). Panorama sociodemográfico de México / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en <http://www.inegi.org.mx>.
- EPIA (European Photovoltaic Industry Association). (2016). «Global Market Outlook for PV until 2016», www.pv-magazine.com/.../Global_Market_Outlook_2016.pdf.
- Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética. Disponible en <http://sustentabilidad.energia.gob.mx>.
- Furlan, C., y Mortarino, C. (2017). Forecasting the impact of renewable energies in competition with non-renewables sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Global Status Report. (2015). Renewables 2015, informe generado por REN21- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- IEA (2015). Energy and Climate Change. *World Energy Outlook Special Report*. International Energy Agency. Recuperado de: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>.
- INECC (2015). Inventario de gases y compuestos de efecto invernadero. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- INECC/Semarnat. (2014). Mexico. *Fifth Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. México: INECC/Semarnat.
- INECC/Semarnat. (2015). *La política de cambio climático y NAMAS*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- International Energy Agency. (2016). Iea. Disponible en <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MexicoEnergyOutlook.pdf>. International Renewable Energy Agency. (2015).
- Irena1. Disponible en http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_.

- International Renewable Energy Agency, IRENA. (2015). Renewable Power capacity and Levelized cost for electricity, en línea: <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/>.
- International Energy Agency. (2009) Cities, Towns & Renewable energy. OECD. France.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2019.
- IPCC (2011) Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. IPCC.
- Kreith, F. y J. F. Kreider (2011). Principles of Sustainable Energy. CRS Press. United States of America.
- Kyeongseok, K., Hyoungbae, P., y Hyoungkwan, K. (2017). Real options analysis for renewable energy investment decisions in developing countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Lafuente, Alberto José María y María José Yagüe. (1989). "Ventajas competitivas y tamaño de las empresas: Las Pyme", en Papeles de Economía Española, núm. 39, pp. 165-184.
- Loayza Pérez, J., & Silva Meza, V. (2013). Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, 108-117.
- Lund, H. (2010). Renewables Energy Systems. Academic Press. United States of America.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT, Energy Initiative). (2016). The Future of Solar Energy. An Interdisciplinary MIT Study. Agosto, 2016. <http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2015/05/MITEI-The-Future-of-Solar-Energy.pdf>.
- Medellín, E.A. (2010). Gestión tecnológica en empresas innovadoras mexicanas. Revista de Administración e Innovación 7: 58-78.
- Meireles, Solares & Afonso. (2016). Market-based instruments in a growth model with dirty and clean technologies. Elsevier, Energy Procedia. 106, 235-244.
- MER, Monthly Energy Review March. (2017). Recuperado de: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/#renewable>.
- Merino, L. (2015). Las energías renovables.
- Nicolini, M., y Tavori, M. (2017). Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Núñez, G. (2003). La responsabilidad social corporativa en un marco de desarrollo sostenible. Santiago de Chile: Naciones Unidas-CEPAL.
- Olabi, A. (2016). Renewable Energy and Energy Storage. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Olivera, b., & Colín, M. (2012). Potencial de las energías renovables en México. México: GREENPEACE.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Parlamento Latinoamericano y Caribeño. (2015). Aportes Legislativos de América Latina y El Caribe en materia de Cambio Climático. Recuperado de: http://www.pnuma.org/publicaciones/Aportes_1_egislativos_de_ALC_final.pdf.
- Renewables Global Futures Report. (2017). Ren 21. Disponible en <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/03/GFR-Full-Report-2017.pdf>.
- Renewable Energy Policy Network for 21st. Century, REN 21. (2015). Renewables 2015, Key Findings.
- Renewable Energy Policy Network for 21st. (2014) Century, REN 21 (2015). Renewables G. REN21, Renewable Energy Policy Network. (2015). Renewables global status report, 2015. Disponible en: http://www.Ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12GSR2015_Onlinebook_low1.pdf.
- REN21, Renewable Energy Policy Network. (2016). Renewables Global status report 2016. [En línea]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report_REN21.pdf.
- REN21, Renewable Energy Policy Network. (2016). Renewables Global status report 2016. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report_REN21.pdf.

- Salvador, V. (2014). The social debate on energy sources: semantic representations and social management of knowledge. *Culture, language and representation*. issn 1697-7750 · vol. xiii \ 2014, pp. 221-243 *Cultural studies journal of universitat jaume i* doi: <http://dx.doi.org/10.6035/clr.2014.13.12>.
- Sand, M., T. Iversen, P. Bohlinger, A. Kirkevåg, I. Seierstad, Ø. Seland, y A. Sorteberg. (2015). A Standardized Global Climate Model Study Showing Unique Properties for the Climate Response to Black Carbon Aerosols. *Journal of Climate*. 28, 2512–2526.
- Secretaría de Energía (SENER). (2016). Balance Nacional de Energía 2016.
- Secretaría de Energía (SENER). (2016). Reporte de Avance de Energías Limpias 2016. *Global Status Report, GSR*.
- SEMARNAT. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40. México. 2013.
- SEMARNAT. (2014). Programa Especial de Cambio Climático 2014 – 2018 (PECC). México. 2014.
- SEMARNAT. (2015). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030, Instrumentación México. <http://www.gob.mx/semarnat/articulos/compromisos-de-mitigacion-y-adaptacion-2020-2030>
- SEMARNAT. (2016). Política Nacional de Precios de Carbono México. Evento paralelo de PMR Turquía. COP- 22, Marrakech. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SENER. (2016). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2016-2030 – PRODESEN 2016, Ciudad de México, Secretaría de Energía.
- Schaeffer, G. J. (2015). Energy sector in transformation, trends and prospects.
- ELSEVIER, *Procedia Computer Science*, 866-875.
- SOLARGIS. (2017). Accurate and efficient solar energy assessment. World solar resource maps. Recuperado de: <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/download/world>.
- ISSN 2523-2881
ECORFAN® Todos los derechos reservados
- SOLARGIS. (2017). Solargis. Disponible en <http://solargis.com/products/maps-and-gisdata/free/overview/>.
- Tsai, S-B., Youzhi, X., Jianyu, Z., Quan, C. Yubin, L., y Lie, Z. (2017). Models for forecasting growth trends in renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2016). Conferencia de las Partes. Vigésimo segunda sesión. Marrakech. Marrakech Action Proclamation for our Climate and Sustainable Development. Naciones Unidas. Noviembre de 2016. Bonn: UNFCCC; 2015. Recuperado de: http://unfccc.int/files/meetings/marrakech_nov_2016/application/pdf/marrakech_action_proclamation.pdf.
- Uzcátegui, Y. L. (s.f.). Algunos efectos de la energía en el medio ambiente. FADES, Facultad de ciencias económicas y sociales.
- Vega, V. (2010). Apuestas a proyectos de sustentabilidad energética. Disponible en <http://www.invdes.com.mx/suplemento-noticias/1085-apuestas-a-proyectos-de-sustentabilidad-energetica>.
- Watkins, Andrew; Theo Papaioannou; Julius Mugwagwa y Dinar Kale. (2015). “National innovation systems and the intermediary role of industry associations in building institutional capacities for innovation in developing countries: A critical review of the literature”, *Research Policy*, 44, pp. 1407-1418.
- WEO (2015). World Energy Outlook. International Energy Agency. Recuperado de: http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo-website/2015/WEO2015_Chapter01.pdf.
- WMO (2016). Statement on the state of the Global Climate in 2016. World Meteorological Organization. WMO-No.1189. Geneva, Switzerland: WHO; 2017. Recuperado de: http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414.
- World Energy Outlook. (2016). International Energy Agency. Recuperado de: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2016/>.
- Yvonne León Uzcátegui. (s.f.). Algunos efectos de la energía en el medio ambiente. FADES, Facultad de ciencias económicas y sociales.
- ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica. Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. *Revista de Energías Renovables*. 2019