

# APUNTES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN MÉXICO

## NOTES ON PHOTOVOLTAIC ENERGY IN MEXICO

---

### **Germán Martínez Prats**

Profesor Investigador, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, (México).  
E-mail: [germanmtzprats@hotmail.com](mailto:germanmtzprats@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6371-448X>

### **Francisca Silva Hernández**

Profesora Investigadora, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, (México).  
E-mail: [fany987@homail.com](mailto:fany987@homail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3533-0002>

### **Mijael Altamirano Santiago**

Profesor Investigador, Instituto Politécnico Nacional, (México).  
E-mail: [xhuni@yahoo.es](mailto:xhuni@yahoo.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5194-2944>

### **José Antonio Hernández Salinas**

Maestro y Doctorando de la Universidad Autónoma del estado de México, (México).  
E-mail: [tonohsalinas@hotmail.com](mailto:tonohsalinas@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3533-0002>

**Recepción:** 27/08/2020 **Aceptación:** 11/12/2020 **Publicación:** 15/03/2021

#### **Citación sugerida:**

Martínez, G., Silva, F., Altamirano, M., y Hernández, J. A. (2021). Apuntes de la energía fotovoltaica en México. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 10(1), 17-31. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n1e37.17-31>

## RESUMEN

Ante una situación de crisis global en materia ambiental los mecanismos de asegurar el derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado resulta una labor constante, vista desde un proceso multidisciplinar e interdisciplinar, transversal e integral. El estado de riesgo y vulnerabilidad del ser vivo ha incentivado desde las diversas ciencias y disciplinas abocar temas emergentes y coyunturales como el medio ambiente. Derivado de ello, este documento pretende dar una descripción de apuntes respecto a la energía fotovoltaica en el estado mexicano como mecanismo de energía renovable. El sistema de energía fotovoltaica colabora con el cuidado del medio ambiente adquiriendo un valor sustancial en el sector económico y en el social como un sistema de apropiación que resulta con mayores ventajas de uso. El abanico de energía renovable en el estado mexicano a partir de la reforma energética considera la presencia de proveedores particulares de electricidad; así también otorgar a la ciudadanía, sector público y privado una gama de elección para proveerse de energía, reducción de emisión de carbono y eficiencia en la energía, todo lo anterior aun cuando deben afianzarse los mecanismos de aseguramiento de las mismas. Para comprender el abordaje de este tema se empleó una metodología cualitativa con alcance documental y enfoque explicativo y axiológico.

## PALABRAS CLAVE

Abastecimiento energético, Ambiente, Energía limpia, Sistema fotovoltaico.

## ABSTRACT

*Faced with a situation of global crisis in environmental matters, the mechanisms to ensure the right to a healthy and ecologically balanced environment is a constant task, seen from a multidisciplinary and interdisciplinary, transversal and comprehensive process. The state of risk and vulnerability of the living being has encouraged from the various sciences and disciplines to address emerging and conjunctural issues such as the environment. Derived from this, this document aims to provide a description of notes regarding photovoltaic energy in the Mexican state as a renewable energy mechanism. The photovoltaic energy system collaborates with the care of the environment, acquiring a substantial value in the economic and social sectors as an appropriation system that results in greater use advantages. The range of renewable energy in the Mexican state from the energy reform considers the presence of private electricity providers; as well as granting citizens, the public and private sectors a range of choice to provide themselves with energy, reduction of carbon emission and energy efficiency, all of the above, even though their assurance mechanisms must be strengthened. To understand the approach to this issue, a qualitative methodology with a documentary scope and an explanatory and axiological approach was used.*

## KEYWORDS

*Energy supply, Environment, Clean energy, Photovoltaic system.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Ante la emergencia de considerar esquemas de prevención, atención y mitigación en el medio ambiente el uso de energías renovables, pone en contexto al estado mexicano en atender desde diversas aristas esta situación compleja que procura a través de una generación y aplicación del conocimiento multidisciplinario, disponer de mecanismos a través de políticas públicas que fortalezcan la implementación o aseguramiento del uso de la energía renovable en el sector público y privado (De los Santos *et al.*, 2020).

A nivel mundial entre 2006 y 2011, la capacidad de producción global de energías renovables, incluyendo grandes hidroeléctricas, creció a tasas promedio anuales muy altas (entre 17% y 58%). La energía solar fotovoltaica registró el crecimiento más acelerado, con un aumento en la capacidad instalada de 58% anual promedio durante el período citado. Por primera vez, en 2011 la energía solar fotovoltaica representó la mayor cantidad de nueva capacidad eléctrica instalada en la Unión Europea, más que ninguna otra tecnología (SENER, 2012 p.27).

En México de acuerdo al Balance General de Energía 2018 (Secretaría de Energía, 2019) el desarrollo de centrales fotovoltaicas y generación distribuida permitió que la producción de energía a través de este recurso incrementara 58.2% respecto al año 2017.

Aunado a lo anterior, a través de la implementación y vista como un área de oportunidad de inversión el sistema fotovoltaico representa el impulso de la economía sustentable a un nivel local, regional y nacional. Fortaleciendo un sistema de aseguramiento a la sociedad y a la propia economía del país. Debido a que para la vivienda familiar representa una inversión a mediano y largo plazo en el que el gasto de energía no tenga un costo elevado. En el caso de las empresas beneficia un ahorro en el consumo energético que puede ser aprovechado de mejor manera.

En ese contexto el estado mexicano cuenta con un gran potencial en recursos energéticos renovables, el desarrollo de estos está permitiendo contar con una mayor diversificación de fuentes de energía, ampliar

y afianzar la industria con mayor impacto benéfico, asimismo permite mitigar el impacto ambiental originado por el uso de energía convencional.

La ingeniería sostenible orienta acciones concretas a partir del uso de las energías renovables en los diversos sectores como el industrial (Prats *et al.*, 2020); el sistema fotovoltaico es un punto central que por regiones se puede potencializar; México ha procedido a transformar los procesos de obtención, manejo y uso de energía convencional a energía renovable a través de las normas internas que legitimen este tipo de energía, con aras de un impacto progresivo en la economía, medio ambiente y legislación.

## 2. METODOLOGÍA

Con el interés de comprender, sistematizar y analizar (Altamirano y Martínez, 2011) lo concerniente al desarrollo del documento intitulado “Ingeniería sostenible a partir de inversiones en sistemas fotovoltaicos” se empleó una metodología cualitativa aplicando el método documental el cual implicó búsqueda y consulta en fuentes de información bibliohemerográficas.

El enfoque explicativo, apoyo en estudiar las razones o motivos (Silva, 2020a) que dieron origen en el fenómeno de la energía renovable en caso específico el sistema fotovoltaico en México. De igual forma el enfoque exegético permitió identificar la base jurídica que fortaleció la implementación y desarrollo del sistema energético sostenible en el estado mexicano.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

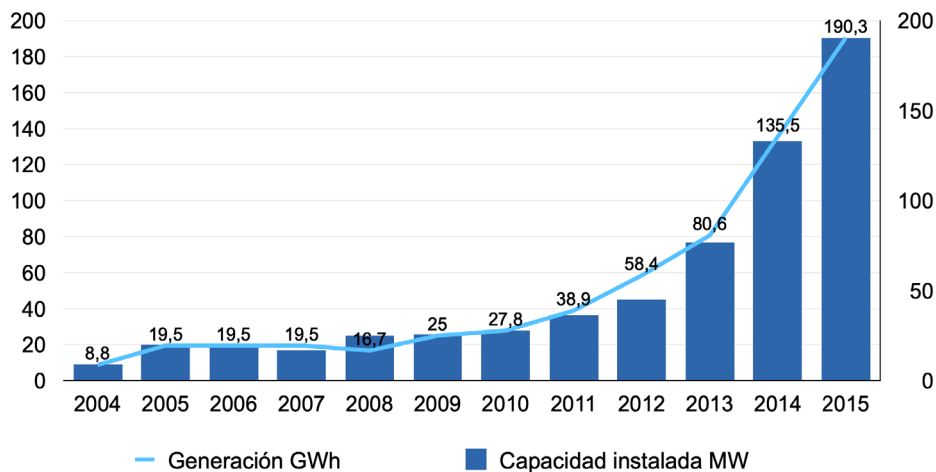
Una fuente de energía renovable es la energía solar y su energía puede aprovecharse al convertir la radiación electromagnética en calor o en electricidad mediante el efecto fotovoltaico (Laborde *et al.*, 2016).

La energía solar fotovoltaica es aquella que transforma la radiación solar en energía eléctrica por medio de la exposición al sol de celdas o paneles fotovoltaicos (López, Martínez, y Ruiz, 2017).

Un sistema fotovoltaico es un sistema con el que el usuario puede generar energía eléctrica para su consumo e inyección a la red; el dinero que se desembolsa en la adquisición del sistema se recupera a partir de la energía eléctrica ahorrada; el tiempo para recuperar la inversión depende del recurso solar y la legislación del país donde se instala (Bastida *et al.*, 2017).

Los principales componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red son paneles fotovoltaicos, inversor y medidor bidireccional; el panel fotovoltaico es el encargado de producir electricidad por medio de la exposición a los rayos solares; el inversor es el encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna (el tipo de corriente utilizada en los hogares e industrias es la corriente alterna, los paneles producen corriente continua, es por ello que resulta necesario hacer la conversión) y el medidor bidireccional es el responsable de medir la energía consumida e inyectada a la red de distribución eléctrica (Ardila, Sanabria, y Hernández, 2015).

En ese sentido en México el aprovechamiento de energía solar ha ido en crecimiento a partir de este nuevo milenio, factores como la apertura y legislación en energía renovable ha permitido coadyuvar al mercado nacional y global el aprovechamiento de este recurso. El avance ha sido favorecedor en la ciencia y tecnología para el escenario mexicano (Altamirano, 2010). En la siguiente gráfica se expone la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica fotovoltaica 2004-2015.



**Figura 1.** Capacidad instalada y generación bruta de centrales fotovoltaicas, 2004-2015.

**Fuente:** Reporte de Avance de Energías Limpias, SENER.

La capacidad instalada y la generación de energía eléctrica fotovoltaica se incrementaron en cuatro años (2011-2015) de 30 MW y 39 GWh/a a 170 MW y 190 GWh/a. El resultado de las subastas permite esperar que la capacidad en energía solar se triplique en los próximos tres años, al sumarse un total de 3,757 MW al cierre del 2018, resultado de las adiciones de capacidad de nuevas centrales, y los proyectos ganadores de la primera y segunda subastas, que contribuirán con 1,691 MW y 210 MW respectivamente. Adicionalmente, al cierre del 2019 se integrarán a la matriz energética 1,643 MW procedentes de la segunda subasta (Diario Oficial de la Federación, 2017).

En la siguiente tabla se describe el grado de avance porcentual de módulos fotovoltaicos en el periodo 2008-2018.

**Tabla 1.** Aprovechamiento de energía solar 2008-2018.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Calentadores solares planos</b>											
Instalados en dicho año (miles de m <sup>2</sup> ):	165.63	233.34	272.58	272.32	272.32	292.94	308.65	356.32	381.13	397.83	397.83
<b>Total instalados (miles de m<sup>2</sup>):</b>	<b>1159.59</b>	<b>1392.92</b>	<b>1665.50</b>	<b>1937.82</b>	<b>2208.18</b>	<b>2501.12</b>	<b>2809.77</b>	<b>3166.09</b>	<b>3547.22</b>	<b>3945.05</b>	<b>3945.05</b>
Eficiencia promedio <sup>1</sup> :	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Radiación solar promedio (kJ/m <sup>2</sup> -día):	21132	21132	21132	21132	21132	21132	21132	21132	21132	21132	21132
Disponibilidad de calor solar primario (PJ):	8.97	10.74	12.85	14.95	17.08	19.29	21.97	24.42	27.36	30.43	33.68
Generación (PJ):	3.27	4.01	4.86	5.66	6.43	7.24	8.06	9.09	10.18	11.32	12.53
<b>Módulos fotovoltaicos</b>											
Capacidad instalada en dicho año (kW):	872.40	5,712.00	3,502.00	10,400.00	20,900.00	22,280.00	33,970.00	42,637.26	39,730.21	46,421.85	53,170.53
<b>Total capacidad instalada (kW):</b>	<b>19,406.40</b>	<b>25,118.00</b>	<b>28,620.00</b>	<b>39,020.00</b>	<b>59,920.00</b>	<b>82,200.00</b>	<b>1161,170.00</b>	<b>158,807.26</b>	<b>198,537.47</b>	<b>244,959.32</b>	<b>298,129.85</b>
Horas promedio de insolación (h/día):	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Proporción de sistemas interconectados <sup>2</sup> :	0.02	0.02	0.19	0.24	0.43	0.64	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Factor de planta <sup>3</sup> :	13.5%	13.5%	14.1%	14.4%	15.1%	16.0%	17.0%	17.0%	17.0%	17.0%	17.0%



Rendimiento promedio por año:	0.67	0.67	0.71	0.72	0.76	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	1.85
Generación (PJ):	0.06	0.09	0.10	0.14	0.21	0.29	0.37	0.47	0.59	0.73	0.89

**Fuente:** SENER, 2019.

En un periodo de diez años en México los módulos fotovoltaicos pasaron de 872.40 a 53,170.53 de capacidad instalada en año (KW). Al ser de interés en el sector público y privado, actualmente se puede distinguir que la inversión en este tipo de energía está siendo implementada a través de concursos de desarrollo económico en las oficinas gubernamentales, industria, comercio y servicio.

El uso de sistemas fotovoltaicos se ha incrementado en diversos países y la industria ha trabajado a nivel mundial en formas de reducir el costo en los equipos y de mantener una tendencia a la baja en este rubro, sin embargo, actualmente instalar este tipo de tecnologías siguen siendo altos a comparación de fuentes convencionales y en muchos casos dependen de la aplicación de los incentivos fiscales (Martínez y Chávez, 2020) modestos otorgados por los gobiernos (Ferreira *et al.*, 2018). Los beneficios de la instalación de sistemas fotovoltaicos explica el autor Awerbuch, (2000) son la reducción en el costo de la factura energética, baja dependencia energética del país, incremento en la eficiencia energética y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>; así mismo, los resultados de la investigación de los autores Robles et al. (2016) para el sector alimenticio concluyen que en el uso de energías de fuente renovable se obtienen 3 tipos de beneficios: 1) económicos: al reducir los costos y el retorno de la inversión en un mediano plazo, 2) sociales: al mejorar la imagen y aceptación de la empresa y 3) ambientales: al reducir las emisiones por uso de combustibles fósiles.

A pesar de los beneficios mencionados anteriormente, la falta de información o conocimiento, el alto costo en la inversión inicial, la falta de recursos financieros y periodos largos de retorno de inversión son barreras que inhiben la instalación de este tipo de tecnologías en las empresas (Horváth y Szabó, 2018) y es por ello por lo que en muchos casos se tiene incertidumbre si se debe realizar este tipo de inversión.

### 3.2. LEGISLACIÓN EN MÉXICO EN MATERIA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Ante los cambios suscitados a nivel global por la crisis de cambio climático los países han tenido que considerar procesos transformativos que coadyuven a la prevención en cuanto a riesgo y vulnerabilidad en los diversos sectores. En el caso del estado mexicano en el año 2011 se elevan a rango Constitucional los derechos humanos.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo cuarto se prevé el derecho humano al medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, lo que concierne a establecer una normativa referente al medio ambiente en cuanto al manejo, uso, prevención, sanción por acción u omisión en los recursos naturales de la jurisdicción del estado mexicano.

Como acción de mitigación (Silva, 2020b) por energía convencional la energía renovable se ha legislado en México, a partir de una fuente de aprovechamiento e incentivo para su uso y empleo, como se describe en los siguientes párrafos.

En 2004, se emite un apartado en la Ley del Impuesto sobre la Renta con el que se fomenta el uso de energía por fuentes renovables el cual permite que las personas morales se puedan deducir el 100% del costo de un sistema fotovoltaico.

En 2008, se publica en el Diario Oficial de la Federación, la ley para el aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE); en este mismo año también se publica la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) y para el año siguiente se publican los reglamentos respectivos (Sánchez *et al.*, 2017).

Para el 2012, a través de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) se establecen las reglas de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) para los generadores o permisionarios con fuentes de energía (Sánchez y Martínez, 2017).

Para 2014 con la Reforma Energética, se crea el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) en donde se permite a la iniciativa privada tener participación en la generación de electricidad y así mismo ofertarla en el mercado (Martínez, Santillan, y de la Vega, 2016).

Con la emisión de estas leyes, el gobierno ha podido impulsar la elaboración e implementación de diversos estudios y proyectos demostrativos interconectados a la red tanto para particulares como para el gobierno (Sánchez y Martínez, 2017).

#### 4. CONCLUSIONES

La energía renovable vista desde el proceso de la ingeniería sostenible y aprovechada a través del sistema fotovoltaico considera elementos dentro del mercado como la productividad entendiendo esta como aquella que se utiliza de forma eficiente, al aumentar la capacidad de producción o con el uso de energías renovables; es un elemento estratégico en donde los se alcanzan niveles de competitividad necesarios en las industrias (Martínez *et al.*, 2019); para la optimización de la productividad es necesario incrementar la eficacia y eficiencia con la que se utilizan los recursos humanos, capital, materiales y financieros. La rentabilidad como el aprovechamiento de economías de escala, mejor nivel de negociación frente a proveedores o clientes; estas características son un reflejo de la creación de ventajas competitivas.

En un contexto de formación, las instituciones educativas han integrado a su oferta académica programas de estudios orientados a formar y generar profesionales y especialistas en energía renovable. Asimismo, instituciones como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología ha apostado en la generación y aplicación del conocimiento en proyectos, programas educativos de posgrado, equipo e infraestructura en lo que concierne a la energía renovable.

Finalmente es importante reconocer el marco legal consolidado en legitimar de forma sostenible, integral y transversal la energía renovable. En ese sentido se subraya que se debe considerar ahondar en

investigaciones y formación multidisciplinario que permita de forma sustantiva fortalecer lo concerniente a la energía renovable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano, M., y Martínez, A.** (2011). El método comparado y el neo-constitucionalismo como marco metodológico para la investigación en las Ciencias Sociales. *Mundo siglo XXI, revista del CIECAS-IPN*, 25, 55-63. <https://www.mundosisigloxxi.ipn.mx/pdf/v07/25/05.pdf>
- Altamirano, M.** (2010). Ciencia y tecnología: México desde una perspectiva comparada. En Mario Sánchez Silva (coord.) *Economía del conocimiento y globalización*. CIECAS-IPN.
- Ardila, A., Sanabria, J., y Hernández, J.** (2015). *Metodología de dimensionamiento de un sistema de respaldo energético basado en tecnología fotovoltaica*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. <https://doi.org/10.14483/22487638.9610>
- Awerbuch, S.** (2000). *Investing in photovoltaics: risk, accounting and the value of new technology*. Energy Policy.
- De los Santos, L., Guzmán, C., y Martínez, G.** (2020). Microcréditos, financiamiento alternativo en PYMES mexicanas: revisión de evidencia reciente. *Revista especializada en Ciencia, tecnología e ingeniería*, 14(1), 1-17. <https://doi.org/10.22490/25394088.4056>
- Diario Oficial de la Federación.** (2017). *Acuerdo por el que la Secretaria de Energía emite el Programa Especial de la Transición Energética*. SENER.
- Ferreira, A. K.-A., Khun, S. S., Fagnani, K. C., De Souza, T. A., Tonezer, C., Rodrigues, G., y Coimbra-Araújo, C. H.** (2018). Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(Part 1), 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.102>

- Horváth, D., y Szabó, R.** (2018). Evolution of photovoltaic business models: Overcoming the main barriers of distributed energy deployment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 623-635. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.101>
- Laborde, M., y Williams, R.** (2016). *Energía Solar*. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- López, R., Martínez, J., y Ruiz, R.** (2017). Análisis de viabilidad y gestión del riego en invernaderos mediterráneos con energía solar fotovoltaica. *Revista Iberoamericana del Agua*, 47(2). <https://doi.org/10.1080/23863781.2017.1332806>
- Martínez, G., y Chávez, S.** (2020). Beneficios contables y fiscales de los contribuyentes de negocios plataneros en México. *Revista Perspectiva Empresarial*, 7(1), 61-71. <https://doi.org/10.16967/23898186.628>
- Martínez, G., Ruiz, H. A., y Mapen, F. de J.** (2019). Emprendimiento y competitividad internacional en México. *3C Empresa. Investigación y pensamiento crítico*, 8(2), 108-121. <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2019.080238.108-121>
- Martinez, F., Santillan, M., y de la Vega, Á.** (2016). La reforma energética de 2013/2014. *Análisis Económico*, 31(78), 7-32. <http://www.economia.unam.mx/profesores/angelv/publicaciones/EnerReform&IndustrPUBL.pdf>
- Prats, G., Álvarez, Y., Hernández, F., y Zamora, D.** (2020). Environmental Taxes. Its Influence on Solid Waste in Mexico. *Journal Of Environmental Management And Tourism*, 11(3), 755-762. [https://doi.org/10.14505/jemtv11.3\(43\).29](https://doi.org/10.14505/jemtv11.3(43).29)
- Robles, M., Torres, Z., y Robles, M.** (2016). Impacto en las organizaciones del sector alimentos en México por el uso y consumo de energías renovables. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 9(27), 20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6498580>

- Saiz, J., Bastida, P., Molina, M., y Álvarez, B.** (2017). Instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo para pequeñas instalaciones. Aplicación a una nave industrial. *3C Tecnología. Glosas De Innovación Aplicadas a La Pyme*, 6(1), 14. <https://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/1>
- Sánchez, A., y Martínez, D.** (2017). *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial*. UNAM.
- Silva, F.** (2020a). Análisis del alcance e implicaciones del patrimonio de los archivos en México, para la investigación social. *Revista San Gregorio*, 1(39), 74-86. <http://revista.sangregorio.edu.ec/index.php/REVISTASANGREGORIO/article/view/1377>
- Silva, F.** (2020b). Desplazamiento forzado interno en México. Aspectos legales y ausencia presupuesto. *Telos: revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 22(3), 626-638. <https://doi.org/10.36390/telos223.11>
- Secretaría de Energía.** (2019). *Balance General de Energía 2018*. SENER. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance\\_Nacional\\_de\\_Energ\\_a\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance_Nacional_de_Energ_a_2018.pdf)
- Secretaría de Energía.** (2012). *Prospectivas de energías renovables 2012-2026*. SENER. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva\\_de\\_Energ\\_as\\_Renovables\\_2012-2026.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2012-2026.pdf)

