

ENERGÍA SOLAR CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

¿En qué medida contribuye la energía solar al combate contra el cambio climático?

Frente a las consecuencias de una acumulación de CO₂ en la atmósfera, muchos gobiernos de países alrededor del mundo decidieron reducir las emisiones de CO₂ en un 50% para el año 2020. Esto no parece alcanzable con los medios que se están utilizando (es decir, simplemente por un aumento de la eficiencia de la generación de energía). Si bien se redujo con éxito la demanda de energía bruta específica que satisface un determinado producto nacional bruto, esta acción por sí sola no cumplirá con el objetivo de una reducción del 50% que se alcanzará en 2020. Por lo que es necesario implementar energías limpias que puedan reemplazar las tecnologías convencionales.

Se puede generar una cantidad considerable de energía con tecnologías limpias y así reducir las emisiones de CO₂, solo a través de estas acciones conjuntas se puede cumplir este objetivo.

Desde una perspectiva a largo plazo, esto significa una sustitución de las centrales eléctricas de combustibles fósiles por convertidores de energía renovable, una reducción de las emisiones de CO₂ se vuelve más efectiva a través de una combinación de medidas económicas y la sustitución de las centrales eléctricas emisoras de CO₂. De acuerdo con los objetivos mencionados anteriormente, las futuras centrales eléctricas deben ser renovables.

Las energías renovables son libres de emisiones, tienen una disponibilidad casi ilimitada, tienen costos secundarios

insignificantes, su tendencia de costos es digresiva y tienen una buena aceptación social por parte de la población. Por lo que las energías renovables y principalmente la energía solar, son una forma contundente y práctica de combatir el cambio climático ocasionado por los gases de efecto invernadero.

¿Cómo es la generación solar en México?

El país cuenta con 23 centrales fotovoltaicas en operación, mismas que representan menos del 0.4% de la capacidad total (214 MW) y el 0.1% de la generación eléctrica en 2017 (344 GWh) (Secretaría de Energía, 2018).

El 75.2% de la capacidad instalada nacional se ubica en cuatro estados: Baja California Sur, Durango, Chihuahua y el Estado de México.

En los próximos años, se pronostica una mayor participación de esta tecnología en la matriz de generación en México, debido a la disminución de costos provocada por el desarrollo tecnológico, la apertura del mercado eléctrico, la comercialización de instrumentos que fomenten la inversión en Energías Limpias, así como la mayor competitividad en el mercado eléctrico.

En el país existen recursos disponibles en diversas zonas para explotar esta tecnología, como sucede en las regiones Noroeste y Baja California, en las cuales la radiación solar permite generar hasta 8.5 kWh por metro cuadrado en un día, durante los meses de abril a agosto. En promedio, México recibe 2,190 horas de irradiación por año, principalmente en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua y Sonora (Secretaría de Energía, 2018). Por este motivo

se implementarán proyectos energéticos importantes, así como generación localizada por hogares y comercios (generación distribuida).

¿Qué es la generación distribuida?

La generación distribuida (GD) se define en México como la generación de energía eléctrica que se interconecta a un circuito de distribución que contiene una alta concentración de centros de carga y que está sujeta al esquema previsto en artículos 68, 69 y 70 de la LIE (Gutiérrez-Andrews, 2018). Lo mismo que se define en el párrafo primero del artículo 17 de la LIE:

“Las centrales eléctricas con una capacidad inferior a 0.5 MW no requieren permiso para generar energía eléctrica. La generación distribuida puede ubicarse en las instalaciones de los centros de carga o fuera de estos”.

¿Cuánta radiación solar recibe la Tierra?

La superficie del Sol tiene una temperatura de aproximadamente 5,800 Kelvin (aproximadamente 5,500 °C). A esa temperatura, la mayor parte de la energía que irradia el Sol es luz visible e infrarroja cercana. A la distancia promedio de la Tierra del Sol (unos 150 millones de kilómetros), la intensidad media de la energía solar que llega a la parte superior de la atmósfera directamente frente al Sol es de unos 1,360 Watts por metro cuadrado, según las mediciones realizadas por las misiones de satélites de la NASA más recientes (Gutiérrez-Andrews, 2018).

Esta cantidad de energía se conoce como irradiancia solar total. Promediada en todo el planeta, la cantidad de luz solar que llega a la

parte superior de la atmósfera terrestre es solo una cuarta parte de la irradiancia solar total o aproximadamente 340 W/m^2 (Gutiérrez-Andrews, 2018).

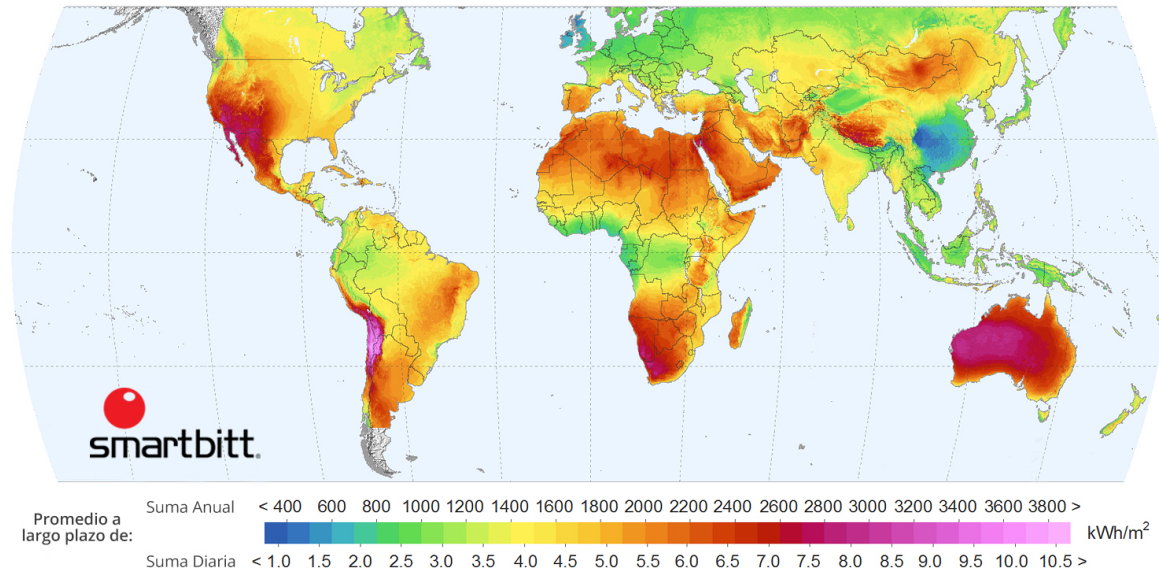


Figura 1. Irradiación solar en la Tierra.

Fuente: http://energiasolar.smartbitt.com/wp-content/uploads/2017/01/Mapa_mundial_solar_smartbitt.jpg

¿Cómo es la irradiancia solar en México?

- El cinturón solar de la Tierra es el nombre que recibe aquella línea imaginaria que abarca desde los 40° arriba del Ecuador y 35° debajo de este. Son 46 los países reconocidos que integran esta región y reciben una gran cantidad anual de radiación solar, como se puede ver en la Figura 3.
- De los países que forman el cinturón solar de la Tierra, destacan: China, Singapur, Australia, India y México.
- México ocupa el tercer lugar de los países que reciben mayor irradiancia solar en el planeta con $7 - 10 \text{ kWh/m}^2$.

- Los estados que tienen mayor recurso solar son: Chihuahua, Sonora, Baja California, Durango y Coahuila.

La generación distribuida es realizada por un dueño o poseedor de una o más plantas de energía que no requieren o tienen permiso para generar electricidad en términos de esta ley. Esto se conoce como generador exento, término descrito en la Ley de Transición Energética. Si bien no necesitan permisos, siempre que se interconecte una central eléctrica al sistema eléctrico nacional, deben suscribir contratos con la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y operar bajo las instrucciones del CENACE (Centro Nacional de Control Energético) (Gutiérrez-Andrews, 2018).

Una central eléctrica de menos de 0.5 MW de capacidad instalada, reconocida como Generación distribuida (GD), se puede operar de dos formas. Los generadores exentos solo podrán vender su energía eléctrica y productos asociados a través de un proveedor o dedicar su producción al suministro aislado.

Un Proveedor (Utility) es un comercializador que requiere un contrato con CENACE para ser un participante del mercado y requiere un permiso de la CRE porque va a vender a un usuario final. En la ley se mencionan dos clases de proveedores: servicios calificados y básicos.

Suministro aislado, significa generar energía eléctrica para la satisfacción de sus propias necesidades, sin transmitir dicha energía por la red de transmisión nacional o por las redes generales de distribución, y no se requieren permisos de la CRE.

Por otro lado, encontramos la venta de energía. Para esta aplicación existen tres modalidades en las que es posible mantener un contrato con un proveedor Medición Neta, Facturación Neta y Venta Total de Energía. Cada uno de estos conceptos y modalidades será explicado a profundidad en el capítulo 4 y 5 de este taller.

Ventajas de la Energía Fotovoltaica

Además de las ventajas ambientales que presenta la energía fotovoltaica, sus propiedades modulares permiten que sea escalable en gran medida, en la Figura 7 se muestra como un conjunto de celdas conforman un módulo, el cual a su vez puede formar un panel solar y si se escala más podrá formarse un arreglo fotovoltaico. Los parques solares o fotovoltaicos se forman de un conjunto bastante numeroso de arreglos solares, que pueden ocupar superficies muy grandes, en el orden de hectáreas.

La energía PV no requiere de combustibles adicionales al sol, por lo que sus costos operativos son bastante pequeños

La energía fotovoltaica puede aprovecharse en comunidades aisladas que tengan un sistema de distribución independiente al sistema de transmisión nacional.

La introducción del sistema de generación distribuida permite a personas adquirir de forma independiente su energía a través de paneles solares y reducir el costo de la energía que consumen en sus hogares.

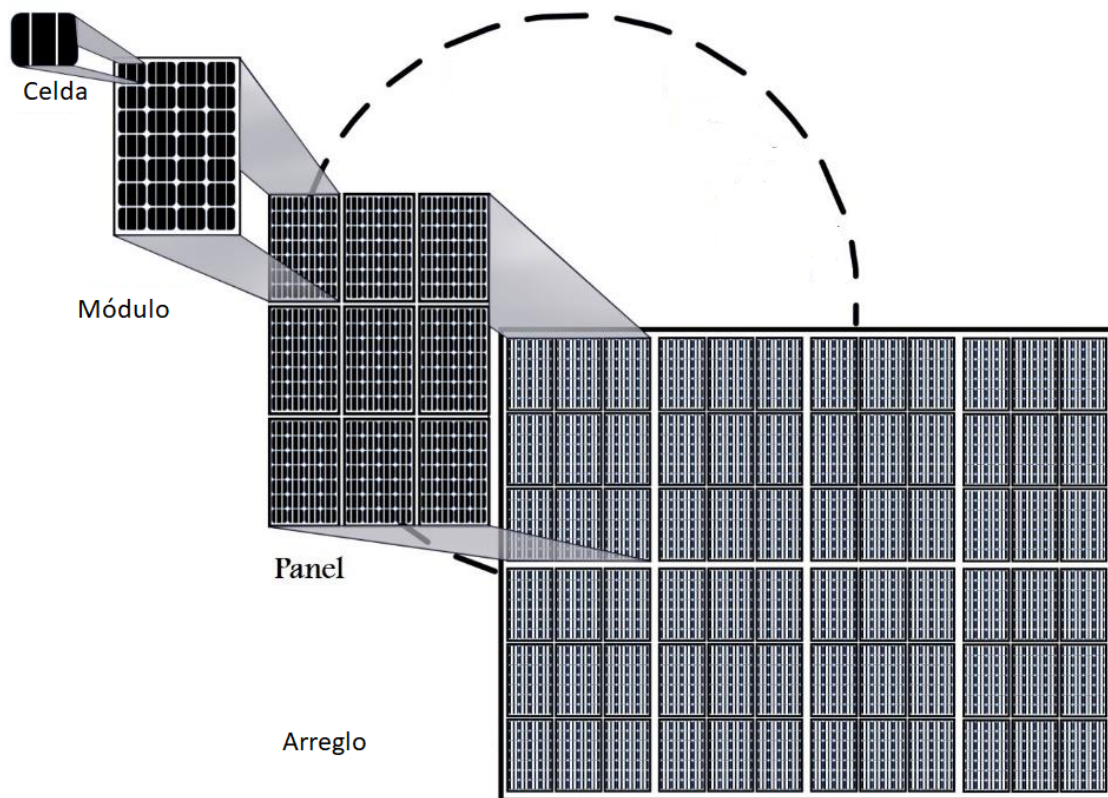


Figura 2. Composición del sistema fotovoltaico (Modificado de: Gutiérrez-Andrews, 2018).

Limitaciones de la Generación Solar Fotovoltaica

La principal limitación de la energía solar es su disposición, ya que debe ser consumida en cuanto se produce, o adquirir costosos sistemas de baterías para su almacenamiento, lo cual podría incrementar sus costes y que la inversión sea inviable para su comercialización.

El clima puede influir mucho en el potencial de generación, factores ambientales como tolvaneras o nubes en el cielo pueden disminuir las capacidades de generación de un parque solar en gran medida (Gutiérrez-Andrews, 2018).

Otra limitación es que regularmente se requiere de grandes superficies para producir energía en el orden de MW.

Propiedades de la Generación Fotovoltaica en Operación

La producción de energía eléctrica de las celdas solares de silicio disminuye a medida que aumenta la temperatura de la celda debido a las pérdidas de voltaje. Para las celdas solares de silicio monocristalino y multicristalino de uso frecuente, la tensión y las pérdidas de potencia se sitúan entre el 12% y el 15% para un aumento de temperatura de 30 K.

Con el montaje convencional o la integración en el techo de los generadores fotovoltaicos, temperaturas de las celdas de 30 K y se pueden alcanzar temperaturas superiores a la ambiente durante un día soleado. Especialmente alrededor del mediodía, cuando la irradiancia alcanza su valor máximo, la eficiencia de conversión de las células solares se vuelve más pobre debido al efecto de la temperatura (Krauter, 2006).

Actualmente, las condiciones de referencia utilizadas para la clasificación de los módulos fotovoltaicos se establecen de acuerdo con las Condiciones de Prueba Estándar (STC) y las Condiciones de Funcionamiento Estándar) SOC, dadas por la norma IEC 60904-1 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Estas normas solo proporcionan rendimientos para un punto de operación específico (espectro específico, incidencia perpendicular, temperatura constante de la celda y velocidad constante del aire) (Krauter, 2006).

Para el usuario, el conocimiento del rendimiento en un cierto período de tiempo (incluidas todas las condiciones de operación que ocurren) es más importante. Por lo tanto, el examen y el pronóstico de la

temperatura diaria real, el perfil de eficiencia y la generación de electricidad real son cruciales, especialmente para la evaluación económica de una planta de energía fotovoltaica. Se pudieron observar diferencias considerables en las estimaciones basadas en SOC, y especialmente en STC.

Esto se debe no solo a las temperaturas elevadas, sino también a las pérdidas por reflexión óptica. Por lo que en cada región donde las celdas son colocadas es necesario realizar un exhaustivo estudio para determinar la eficiencia real posible dadas las condiciones climáticas del lugar.

Tendencias Tecnológicas en Celdas Fotovoltaicas

La primera celda solar funcional y con capacidades de comercialización basada en silicio cristalino (c-Si) se demostró en los laboratorios Bell (Liu et al., 2020). Desde entonces, diversas tecnologías fotovoltaicas, desde materiales hasta dispositivos, han atraído una intensa investigación. Hasta ahora, las celdas solares de unión simple se pueden dividir en tres clases según el material absorbente y su evolución:

1. Celdas solares de silicio cristalino (c-Si).
2. Celdas solares inorgánicas de película delgada, que incluyen principalmente telururo de cadmio (CdTe), seleniuro de cobre, indio, galio (CIGS), película delgada de Si, arseniuro de galio (GaAs) y fosfuro de indio (InP);
3. Células solares emergentes, como perovskita, celdas solares orgánicas, sensibles a colorantes y de punto cuántico.

A continuación, se aprecian ejemplos de algunos tipos de tecnologías de celdas fotovoltaicas.

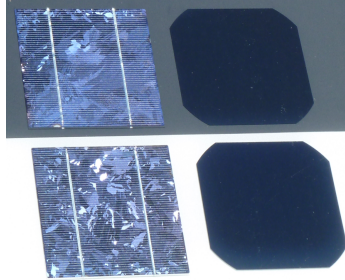


Imagen 2. Tipos de celdas solares c-Si.



Imagen 3. Tipos de celdas solares de CdTe.

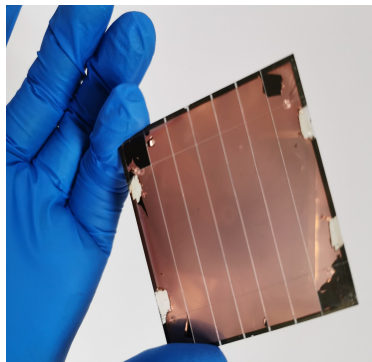


Imagen 4. Tipos de celda solar de Perovskita.

Celdas de Silicio:

Aunque las celdas solares de película delgada y emergentes han demostrado un progreso notable, el mercado fotovoltaico mundial está actualmente dominado por la tecnología fotovoltaica c-Si, que ocupa una cuota de mercado muy alta del ~95% en 2019, gracias a su combinación de altas eficiencias de conversión de energía. (PCE), alta estabilidad, uso de materiales no tóxicos y abundantes, así como sus técnicas de procesamiento escaladas y bien desarrolladas (Liu et al, 2019).

Como el segundo elemento más abundante de la corteza terrestre, el Si, proporciona una fuente enorme para el campo de semiconductores. Es importante destacar que la feroz competencia del mercado en el campo de los chips de circuitos integrados estimula las inversiones científicas y técnicas en todo el mundo (Liu et al, 2019).

Por tanto, las propiedades fundamentales del Si, se comprenden relativamente bien. Las técnicas relevantes, como el crecimiento de lingotes de c-Si y el procesamiento de obleas, podrían utilizarse directamente en la industria fotovoltaica de c-Si, lo que proporciona a las células solares c-Si una ventaja dominante en comparación con otros materiales semiconductores. Además, la banda prohibida de c-Si (1.12 eV) es casi ideal para coincidir con el espectro solar, lo que hace que el material de c-Si sea un excelente convertidor solar.

A continuación, se presenta el proceso de obtención de permiso para la instalación y puesta en operación de una central solar o centro de conexión en la red:

<p>Utilizar los formatos “Solicitud de Interconexión” para elaborar la Solicitud de Interconexión de una Central Eléctrica, o el formato “Solicitud de Conexión” para elaborar la Solicitud de Conexión de Centros de Carga.</p>	<p>Anexar a la Solicitud la información técnica asociada al proyecto, utilizando para tal efecto los formatos “Información Técnica Requerida para Centrales Eléctricas” o “Información Técnica Requerida para Centros de Carga”.</p>	<p>Efectuar el pago para la elaboración de los Estudios de Interconexión o Conexión.</p>	<p>Presentar los formatos de solicitudes debidamente firmados por el o los representantes legales, el comprobante de pago de los Estudios de Interconexión o Conexión y la información de soporte para su realización, en formato electrónico.</p>	<p>El CENACE informará al Solicitante, la Gerencia Regional de Control que será el contacto encargado de dar seguimiento al proceso de análisis y de los Estudios de Interconexión o Conexión. Para cada Solicitud de Conexión, el CENACE asignará un número consecutivo para su registro.</p>
--	--	--	--	--

Referencias:

- Krauter, S. C. W. (2006). Solar Electric Power Generation (First). Springer Berlin Heidelberg.*
- Liu, Y., Li, Y., Wu, Y., Yang, G., Mazzarella, L., Procel-Moya, P., Tamboli, A. C., Weber, K., Boccard, M., Isabella, O., Yang, X., & Sun, B. (2020). High-Efficiency Silicon Heterojunction Solar Cells: Materials, Devices and Applications. Materials Science and Engineering: R: Reports, 142(July), 100579. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2020.100579>*
- Rühle, S. (2016). Tabulated values of the Shockley–Queisser limit for single junction solar cells. Solar Energy, 130, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.02.015>*
- Secretaría de Energía. (2018). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (p. 330). Secretaría de Energía.*
- Sorensen, B. (2004). Renewable energy: its physics, engineering, use, environmental impacts, economy and planning aspects. In Choice Reviews Online (Third Edit). Elsevier Science.*
- Tian, J., Xiong, R., & Shen, W. (2019). A review on state of health estimation for lithium ion batteries in photovoltaic systems. ETransportation, 2, 100028. <https://doi.org/10.1016/j.etrans.2019.100028>*