

Situación de la Generación de la Energía Eléctrica a través de Energía Fotovoltaica en Honduras Julio 2015 - Marzo 2018

Situation of the Generation of Electricity Through Photovoltaic Energy in Honduras July 2015 - March 2018

L. REYES¹ | J. FERRUFINO² | H. ÁLVAREZ³

Recibido: 6 de junio de 2019 / Aceptado: 15 de diciembre de 2019

¹Escuela de Física, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
email: leorely.reyes@unah.hn

²Escuela de Física, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
email: jeferrufino@unah.hn

³Escuela de Física, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
email: herson.tabora@unah.edu.hn

En el presente artículo se realiza un estudio de la tecnología solar fotovoltaica en Honduras, donde se realiza un análisis de la situación actual de los diferentes proyectos de generación con esta tecnología, así como un análisis del aporte a la matriz energética del país, en el periodo de julio 2015 a marzo 2018.

In the present article a study of solar photovoltaic technology in Honduras is carried out, where an analysis of the current situation of the different generation projects with this technology is carried out, as well as an analysis of the contribution to the country's energy matrix, in the period from July 2015 to March 2018.

PALABRAS CLAVES

energía solar, efecto fotovoltaico, célula solar, energía fotovoltaica

KEYWORDS

solar energy, photovoltaic effect, solar cell, photovoltaic energy

PACS

89.30.Cc

I | INTRODUCCIÓN

ACTUALMENTE en Honduras las energías renovables han presentado un crecimiento notorio desde 2015 debido a los diferentes programas de gobierno para la divulgación de las energías renovables. La energía solar, de la cual se derivan la fotovoltaica, eólica, biomasa entre otras, han tenido gran auge debido a los incentivos fiscales aprobados en el año 2007, con el fin de revertir la matriz energética usando energías renovables.

La energía fotovoltaica se obtiene directamente de la radiación solar incidente en la Tierra, la conversión de la misma en energía eléctrica se produce a través del efecto fotovoltaico que está relacionado con el efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico se puede entender de manera sencilla como sigue. Si iluminamos una superficie metálica con un haz luminoso de frecuencia apropiada (por ejemplo, se ilumina sodio con luz a una frecuencia de 6×10^{14} /seg) se emiten electrones de la superficie. Esta emisión de electrones desde la superficie por la acción de la luz se denomina efecto fotoeléctrico (Rodríguez-Meza y Cervantes-Cota, 2006).

El efecto fotovoltaico que consiste en la generación de una diferencia de potencial en la unión de dos materiales diferentes en respuesta a la radiación electromagnética basándose en las propiedades de los materiales semiconductores que son materiales con coeficientes de resistividad de valores intermedios entre conductores y aislantes, que en condiciones normales no conducen energía eléctrica, pero al aumentar la temperatura se vuelven conductores, siendo el más empleado el silicio (S.A., 2018) para la tecnología fotovoltaica.

Se transforma la energía que irradia el sol en energía eléctrica, este proceso de transformación de la energía solar en energía eléctrica se produce en un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Cuando la luz del sol incide sobre la célula fotovoltaica, los fotones transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido (Asociación de la industria fotovoltaica, Cámara oficial de comercio e industria de Madrid, y Consejería de economía e Innovación de Madrid, 2018).

Al aumentar la temperatura, los electrones ganan energía, por lo que algunos pueden separarse del enlace e intervenir en la conducción eléctrica (S.A., 2018). Cuando la radiación incide en la célula con la energía necesaria de provocar el salto de electrones al desprenderse estos electrones con su carga negativa (n) originan la aparición de huecos o lagunas con cargas positivas (p). Como los electrones tienden a concentrarse del lado de la placa donde incide la luz solar, se genera un campo eléctrico con dos zonas bien diferenciadas: la negativa, de la cara iluminada donde están los electrones y la positiva en la cara opuesta donde están los huecos o lagunas.

La conducción eléctrica a través de un semiconductor es el resultado del movimiento de electrones y de los huecos en direcciones opuestas al conectarse a un generador.

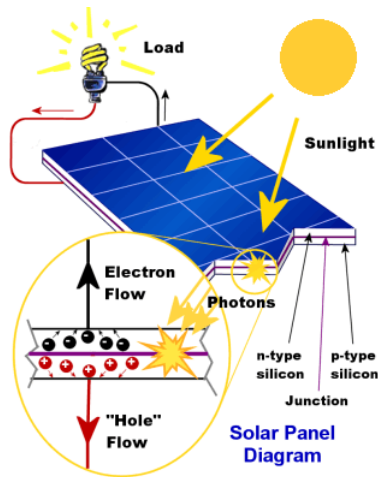


Figura 1: Funcionamiento de una célula fotovoltaica, Recuperado de: <https://commons.wikimedia.org>

II | HISTORIA

En Honduras la historia de la energía solar fotovoltaica se remonta a los decretos realizados por el congreso nacional y publicados en el diario oficial La Gaceta donde presentan la LEY DE PROMOCIÓN A LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON RECURSOS RENOVABLES en el 2007 y realizando modificaciones a través del decreto No. 138-2013 para incluir incentivos para la generación de energía eléctrica con recursos solares.

Citando las consideraciones más importantes de este decreto, relacionado con la tecnología solar fotovoltaica (Diario Oficial de la República de Honduras, 2013b).

Considerando. Que es un deber del gobierno impulsar la diversificación de tecnologías y la reversión de la matriz de generación de energía eléctrica considerando un componente mayoritario de energía renovable y con esto disminuir significativamente la importación de combustibles fósiles que presentan una incontrolable volatilidad del precio causando un progresivo detrimento de las finanzas del país.

Considerando: de acuerdo a estudios técnicos especializados y debido a su posición geográfica, Honduras cuenta con un gran potencial para la generación de energía eléctrica a través de recursos naturales renovables.

Artículo 6. Los proyectos de generación de energía cuya fuente provenga de la tecnología solar fotovoltaica, tienen derecho a todos los incentivos establecidos en la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, adicionalmente y como medida de incentivo especial temporal de aplicación para los proyectos que se instalen en los primero dos años contados a partir de la vigencia del presente Decreto (1 de agosto de 2013) o hasta alcanzar un valor máximo instalado de trescientos mega watt (300 MW), debe tener como Precio Base para el pago de la energía el Costo Marginal de Corto plazo en vigor al inicio de la vigencia de este Decreto (US 0.15445/kWh), más tres centavos de dólar por Kilowatt-Hora (kWh) (US 0.03/kWh) como incentivo especial, más el diez por

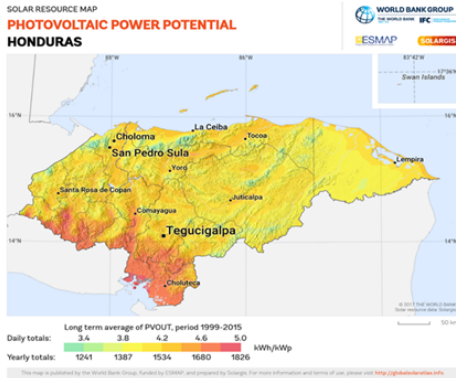


Figura 2: Potencial fotovoltaico. Recuperado de: <http://globalsolaratlas.info/downloads/honduras>

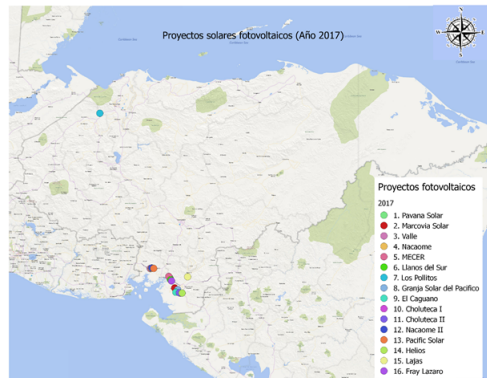


Figura 3: Ubicación geográfica de los proyectos solares fotovoltaicos en Honduras

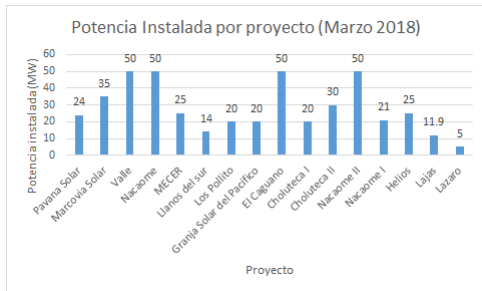


Figura 4: Potencia instalada por proyecto hasta marzo de 2018



Figura 5: Potencia instalada por año

ciento (10%) legal. Cada proyecto de generación a base de esta tecnología tendrá una capacidad instalada máxima de cincuenta Megawatt (50 MW).

Acompañado de esto en la Figura 2 se presenta un gráfico donde se ilustra el potencial fotovoltaico en Honduras, se puede apreciar que la región del país donde se cuenta con el mayor potencial es la región sur occidental, teniendo en la región sur la mayoría de los proyectos fotovoltaicos instalados en el país.

III | PROYECTOS INSTALADOS

1 | Descripción de los proyectos.

En la Tabla 1 se presentan los proyectos solares fotovoltaicos que actualmente están instalados en el país, describiendo la empresa propietaria, el nombre del proyecto, potencia instalada y el año de inicio.

No.	Empresa Propietaria	Nombre de la Planta	Depto.	Año de inicio	Potencia Instalada (MW)	Inversión
1	Energía Básica S.A. de C.V	Parque Fotovoltaico Pavana Solar	Choluteca, Km 19 carretera panamericana	2015	24	\$ 60,000,000
2	Gestamp Solar Compañía Energía Solar Centroamericana S.A de C.V.	Marcovia	Choluteca	2015	35	\$ 146,943,720
3	Compañía Hondureña de Energía Renovable S.A. de C.V.	Parque Solar Fotovoltaico Valle	Nacaome, Valle	2015	50	\$ 150,000,000
4	Solar Power S.A. de C.V. (SOPO-SA)	Parque Solar Fotovoltaico Nacaome	Nacaome, Valle	2015	50	\$ 150,000,000
5	Sociedad mecanismos de energía renovable S.A. de C.V.	MECER	Choluteca	2015	25	
6	Llanos del Sur Fotovoltaica S.A.	Llanos del Sur	Choluteca	2015	14	\$ 41,250,000
7	Generadores Solares S.A. (GESOL-SA)	Los Pollitos	Quimistán, Santa Bárbara	2015	20	\$ 40,000,000
8	Sistemas Solares Fotovoltaicos S.A. (FOTERSA)	Granja Solar del Pacífico I	Choluteca	2015	20	\$ 37,234,032.88
9	Energía Cinco Estrellas S.A. de C.V.	El Caguano	Choluteca	2015	50	\$ 120,000,000
10	Sun Edison Soluciones energéticas renovables S.A. de C.V.	Choluteca I	Choluteca	2015	20	\$ 45,664,395.83
11	Sun Edison Soluciones energéticas renovables S.A. de C.V.	Choluteca II	Choluteca	2015	30	\$ 61,781,860.67
12	Producción de Energía Solar y demás renovables S.A. de C.V. PRODERSSA	Solar Fotovoltaico Nacaome II	Nacaome, Valle	2015	49.9	\$ 149,700,000
13	Pacific Solar Energy S.A. de C.V.	Pacific (Nacaome I)	Valle	2016	21	\$ 174,650,000
14	Generación Renovable de Honduras S.A. de C.V.	Helios	Choluteca, Choluteca	2017	25	\$ 87,500,000
15	Energys Honduras S.A.	Lajas	Orocuina, Choluteca	2017	11.9	\$ 35,000,000
16	Energía Solar del Sur	Fray Lázaro	Choluteca, Choluteca	2017	5	\$ 151,506,679

Tabla 1: Proyectos solares fotovoltaicos.

2 | Ubicación de los proyectos.

En la Figura 3 se ilustra la ubicación geográfica de los proyectos descritos anteriormente en el mapa del país, donde se podrá apreciar que la mayoría de ellos están instalados en la región sur del país, específicamente 11 en el departamento de Choluteca, 4 en el departamento de Valle y 1 en el departamento de Santa Bárbara. Además, contando el país con el mismo número de proyectos instalados para el año 2018.

3 | Potencia instalada.

En la Figura 4 se muestra un gráfico de la potencia instalada de cada uno de los proyectos descrito en la Tabla 1. En la Figura 5 se muestra el resumen de la potencia total instalada para cada uno de los años en el periodo que se realizó el estudio.

4 | Energía generada.

En la Tabla 2 Se presenta la energía generada por cada proyecto, para el periodo de estudio desde el mes de julio de 2015 hasta marzo de 2018. En la Figura 6 se representa gráficamente la energía que ha generado cada uno de los proyectos, por cada año que han estado en funcionamiento hasta marzo de 2018, proveniente de los datos que se presentan en la Tabla 2.

No .	Proyecto	2015	2016	2017	2018	Total Energía Generada (GWh)
		Energía Generada (GWh)	Energía Generada (GWh)	Energía Generada (GWh)	Energía Generada (GWh)	
1	Pavana Solar	20.4	40.3	40.1	11.4	112.1
2	Marcovia Solar	35.5	85.9	82.5	22.3	226.2
3	Valle	65.3	128.7	124.6	23.5	342.1
4	Nacaome	65.3	128.3	124.04	33.5	351.1
5	MECER	31.3	63.1	57.3	14.5	166.2
6	Llanos del sur	13.2	28.2	27.1	7.42	75.9
7	Los Pollitos	15.8	31.4	30.9	7.5	85.6
8	Granja Solar del Pacífico	18.6	41.8	37.7	11.9	110
9	El Caguano	45.8	116.3	113.8	31.5	307.4
10	Choluteca I	16.8	44.4	42.1	11.8	115.2
11	Choluteca II	25.2	64.4	61.8	17.3	168.7
12	Nacaome II	40.8	98.8	97.1	26.06	262.7
13	Nacaome I	0	9.3	34.3	11.8	55.4
14	Helios	0	0	40.2	16.8	57.03
15	Lajas	0	0	8.5	4.3	12.3
16	Lázaro	0	0	0.02	0.04	0.06

Tabla 2: Generación de energía eléctrica por año por proyecto.

En la Tabla 3 se presenta el resultado de la energía generada por todos los proyectos para cada uno de los años, donde se puede apreciar que se presentan variaciones entre los datos descritos y realizar la suma de los datos en la Tabla 2, esto se debe a que en la Tabla 2 presenta la energía que cada proyecto vende a la ENEE, sin considerar la energía que consume propiamente cada proyecto.

Además, en la Figura 7 se presentan estos datos en un gráfico de barras, comparando la generación para cada uno de los años en estudio.

IV | CONTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA A LA MATRIZ ENERGÉTICA DEL PAÍS.

En esta sección se presentarán gráficos comparativos del aporte que ha tenido la energía solar fotovoltaica a lo largo de los años en la matriz energética del país (total de energía generado).

En la Figura 8 se presenta el gráfico comparativo para el año 2015, siendo este el año en que la mayoría de los proyectos entró en funcionamiento. Para este año se tiene un total de 417.2 GWh generados (desde el mes de julio), representando esto un 4.8 % de los 8,611.4 GWh de energía que se generó para este año.

En la Figura 9 se presenta el gráfico comparativo para el año 2016. Para este año se tiene un total de 884.6 GWh generados, representando esto un 9.9 % de los 8,943.3 GWh de energía que se generó para este año.



Figura 6: Energía Generada por proyecto por año.

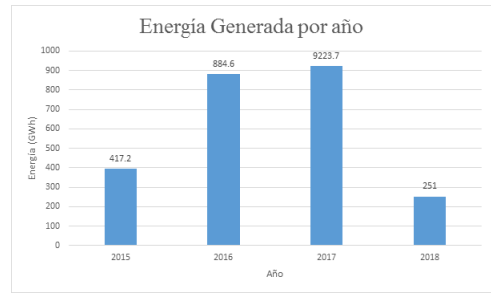


Figura 7: Energía Generada por año.

Año	Energía generada anualmente (GWh)
2015	417.2
2016	884.6
2017	923.7
2018	251 (marzo)

Tabla 3: Energía Generada por año.

En la Figura 10 se presenta el gráfico comparativo para el año 2017. Para este año se tiene un total de 923.7 GWh generados, representando esto un 9.5% de los 9,674.0 GWh de energía que se generó para este año.

V | ESTUDIO DE PROYECTOS

En esta sección se realiza un estudio detallado de dos proyectos fotovoltaicos en funcionamiento, siendo estos los proyectos de Pavana Solar por ser el primero en entrar en funcionamiento y el parque solar fotovoltaico Nacaome y Valle por haber sido la planta solar fotovoltaica con mayor capacidad instalada hasta 2017 en latinoamérica.

1 | Proyecto Solar Fotovoltaico Nacaome y Valle

La planta solar Nacaome y Valle entraron en vigencia mediante contrato No. 013-2014 y 014-2014 respectivamente, con la ENEE y las empresas Sociedad Mercantil Solar Power S.A., de C.V. y Compañía Hondureña de Energía Renovable S.A. de C.V. con una potencia instalada de 50 MW cada una y una vigencia de contrato por 20 años.

Para escoger el lugar adecuado para la construcción de la planta las empresas SOPOSA Y COHESSA realizaron estudios utilizando datos obtenidos mediante compra a la empresa Solargis, la más precisa en cuanto a datos climatológicos arrojando resultados satisfactorios siendo el factor físico que más influye la irradiancia presentando en este sitio valores elevados. Está constituido de 480,480 paneles

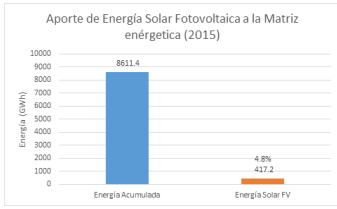


Figura 8: Aporte de Energía Solar FV a la matriz energética (2015).

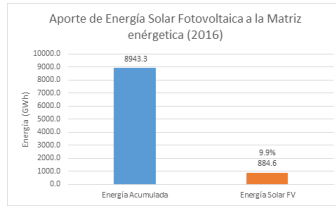


Figura 9: Aporte de Energía Solar FV a la matriz energética (2016).

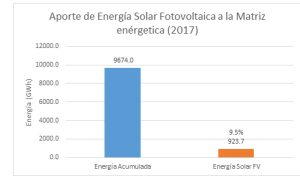


Figura 10: Aporte de Energía Solar FV a la matriz energética (2017).

Producción de energía eléctrica por año y mes de la planta Nacaome en GWh												
Año/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2015	0	0	0	0	0	0	9.7	11.1	10.2	11.5	11.3	11.5
2016	11.5	11.2	11.7	10.1	10.4	9.9	10.6	10.9	10.9	11	10.3	10.2
2017	11.3	10.4	10.9	10.8	10.15	9.2	10.3	11.02	10.2	9.4	10.7	10.06
2018	10.8	10.7	1.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 4: Energía generada por proyecto fotovoltaico Nacaome.

solares de la marca Canadian Solar, dichos paneles están fijo y tienen dimensiones de 1mx2m, tienen una inclinación de 15° sobre la horizontal y están orientados hacia el sur.

Los paneles están instalados en un arreglo de 20 ramas en paralelo donde cada una de estas tiene 21 paneles conectados en serie, haciendo un total de 420 paneles por cada uno de estos arreglos.

Están conectados a la subestación Nacaome, construida por las empresas, dicha subestación tiene dos transformadores de 60 MW cada uno. Además, la planta también está conectada con el Sistema Interconectado (SIN).

1.1 | Energía generada

En la Tabla 4 se presentan los valores de energía en GWh que este proyecto generó mensualmente desde que se empezó a reportar generación de energía eléctrica con este tipo de tecnología en julio de 2015 hasta marzo de 2018. Además, en la Figura 11 se presenta gráficamente el comportamiento de los datos presentados en la Tabla 4. En la Tabla 5 se presentan los valores de energía en GWh que este proyecto generó mensualmente desde que se empezó a reportar generación de energía eléctrica con este tipo de tecnología en julio de 2015 hasta marzo de 2018. Además, en la Figura 12 se presenta gráficamente el comportamiento de los datos presentados en la Tabla 5.

2 | Planta Fotovoltaica Pavana Solar.

La planta solar Fotovoltaica Pavana entró en vigencia mediante el contrato No. 009-2014 publicado en el diario oficial la Gaceta, cuenta con una potencia instalada de 24 MW y tiene una potencia a entregar de 20 MW, con un promedio estimado de generación de energía eléctrica de 30,405 MWh/año, los

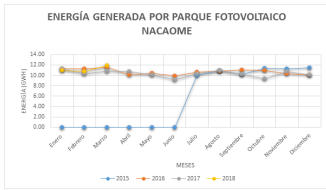


Figura 11: Energía generada por proyecto fotovoltaico Nacaome.

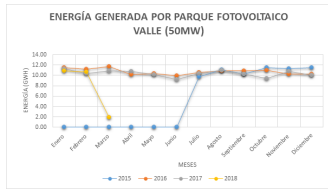


Figura 12: Energía generada por proyecto fotovoltaico Valle.

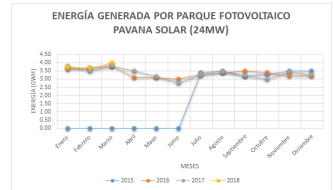


Figura 13: Energía generada por proyecto fotovoltaico Pavana Solar.

Producción de energía eléctrica por año y mes de la planta Valle en GWh												
Año/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2015	0	0	0	0	0	0	9.7	11.1	10.2	11.5	11.3	11.5
2016	11.5	11.2	11.7	10.1	10.4	9.9	10.6	10.9	10.9	11	10.3	10.2
2017	11.3	10.4	10.9	10.8	10.2	9.2	10.4	11.0	10.2	9.4	10.7	10.1
2018	10.9	10.7	1.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 5: Energía generada por proyecto fotovoltaico Valle.

términos del contrato son por 20 años.

Cuenta con 79200 paneles de la marca Yingli, cada panel cuenta con 72 células solares. Está dividida en cuatro áreas separadas a las que se les llama islas. Además, cuenta con 22 de bloques de potencia cada uno con aproximadamente 0.95 MW, tiene 40 inversores de 24 kW por cada bloque de potencia, haciendo un total de 880 inversores para toda la planta. Cada inversor tiene conectado 90 paneles.

Para realizar la construcción de la planta solar fotovoltaico ENERBASA al ser miembro del grupo LUFUSSA y estando en la misma zona realizó el estudio meteorológico del área para analizar si era factible construir el proyecto. Utilizaron software especializado como ser SAM (System Advisor Model) que sirve para realizar planificación de proyectos de energía renovables.

2.1 | Energía generada.

En la Tabla 6 se presentan los valores de energía en GWh que este proyecto generó mensualmente desde que se empezó a reportar generación de energía eléctrica con este tipo de tecnología en julio de 2015 hasta marzo de 2018. Además, en la Figura 13 se presenta gráficamente el comportamiento de los datos presentados en la Tabla 6.

VI | CONCLUSIONES

En Honduras las energías renovables han presentado un notorio crecimiento, especialmente las que tienen poco impacto ambiental, especialmente la generación de energía eléctrica a partir de la tecnología fotovoltaica. En nuestro país se esperan varios proyectos nuevos, en los años de estudio se ha visto una tendencia en la cual la generación de energía va en aumento, se espera también que gracias a estos

Producción de energía eléctrica por año y mes de la planta Pavana Solar en GWh												
Año/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2015	0	0	0	0	0	0	3.4	3.5	3.2	3.3	3.5	3.5
2016	3.6	3.7	3.8	3.1	3.1	3.0	3.3	3.4	3.5	3.4	3.2	3.2
2017	3.8	3.5	3.8	3.5	3.8	2.8	3.2	3.4	3.2	3.0	3.4	3.3
2018	3.7	3.7	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabla 6: Energía generada por proyecto fotovoltaico Pavana Solar.

nuevos proyectos este comportamiento se siga manteniendo. La posición geográfica de nuestro país, a pesar que nos permite un gran potencial fotovoltaico, estos lugares presentan altas temperaturas lo cual baja la eficiencia en la producción de energía, pese a ello esta tecnología ha logrado mantener una generación constante a través de los años de generación de energía eléctrica en nuestro país desde su implementación.

I REFERENCIAS

- Asociacion de la industria fotovoltaica, A., Camara oficial de comercio e industria de madrid, C. M., y Consejeria de economia e Innovacion de Madrid, C. (2018). *Energia solar fotovoltaica en la comunidad de madrid*. fenercom. Descargado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/energia-solar-fotovoltaica-en-la-comunidad-de-madrid-fenercom.pdf>
- Diario Oficial de la República de Honduras, G. (2013a, 1 de 8). Decreto no. 138-2013. *ENEE*. Descargado de <http://www.enee.hn/index.php/planificacionicono/182-boletines-estadisticos>
- Diario Oficial de la República de Honduras, G. (2013b). *Decreto no. 138-2013*. Descargado de <https://tzibalnaah.unah.edu.hn/bitstream/handle/123456789/693/2013081.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Empresa Nacional De Energía Eléctrica, E. (2018). Boletines estadísticos. *ENEE*. Descargado de <http://www.enee.hn/index.php/planificacionicono/182-boletines-estadisticos>
- Energy Next, e. (2017). Future shines bright for india's solar parks. Descargado de <http://www.energynext.in/wp-content/uploads/2017/04/EN-April-2017.pdf>
- Jäger, K., Isabella, O., Smets, A. H., van Swaaij, R. A., y Zeman, M. (2014). *Solar energy fundamentals, technology, and systems*.
- McQuarrie, D., y Simon, J. (1997). *Physical chemistry: A molecular approach*. California: University Science Books.
- Mittelbach, F., Goossens, M., Braams, J., y Rowley, C. (2004). *The latex companion*. Boston: Addison-Wesley.
- Raul Vega, M. (2013, 6). Estudio comparativo de distintas tecnologías fotovoltaicas. Descargado de <https://core.ac.uk/download/pdf/29406459.pdf>
- REN21. (2017). Red de políticas en energía renovable. *ren21*. Descargado de http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/07/17-8399_GSR_2017_KEY-FINDINGS_Spanish_lowres.pdf
- Rodríguez-Meza, M., y Cervantes-Cota, J. L. (2006, 1). El efecto fotoeléctrico. *Ciencia Ergo Sum*, 13(3), 303–311. Descargado de <https://www.redalyc.org/pdf/104/10413309.pdf> (Toluca, México)
- S.A., S. E. (2018). *Libro blanco de las energías renovables*. edición 18.1. Descargado de https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf
- SMA Solar Technology, S. (s.f.). Sma cluster controller. *SMA*. Descargado de <https://www.sma.de/es/productos/monitorizacion-y-control/sma-cluster-controller.html>
- Universitaria, P. (2014). *¿Sabes qué simboliza el escudo de la UNAH?* Recuperado de: <https://presencia.unah.edu.hn/academia/articulo/sabes-que-simboliza-el-escudo-de-la-unah>. (Tegucigalpa)