

CALIDAD DE LA ENERGÍA Y FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE EN LA RED ELÉCTRICA

Jorge Luis Arizpe Islas, Obed Renato Jiménez Meza, Lorena González Díaz, Alejandra de Jesús García Cervantes¹

RESUMEN

En este documento se presenta una revisión bibliográfica de los SFV además de mostrar algunos índices de acuerdo con la normatividad vigente, los cuales están relacionados con la calidad de energía utilizando FES. Así mismo se presenta un caso de estudio con el propósito de evaluar el efecto de estas sobre la potencia activa suministrada a la Red eléctrica en baja tensión y un segundo caso de estudio con el fin de analizar la magnitud de tensión eléctrica en el Punto de acoplamiento común. Se observa a menudo, que los niveles de tensión y corrientes eléctricas en la industria son distorsionados. Es interesante visualizar en este artículo como el flujo de potencia en la Red eléctrica se ve afectado por la aportación de potencia activa del sistema fotovoltaico de tal forma que esto puede ocasionar incremento en la capacidad de potencia de cortocircuito. En los casos que se presentan en el artículo se considera la Potencia y tensión eléctrica en el PAC considerando las FES.

palabras clave: Sistemas Fotovoltaicos, Energía Eléctrica, Calidad de la Energía Eléctrica.

ABSTRACT

In this paper is presented a bibliographical review of PVS besides showing some indexes according to current normativity which are related with power quality using SPS.

In addition, a study case is presented for evaluating the effects of this on the supplied power to the Utility in low voltage and a second study case to analyze a level of voltage in the common coupling point. It is often observed that voltage levels and electrical currents in industry are distorted. It is interesting to visualize in this article how the power flow in the electricity grid is affected by the contribution of active power from the photovoltaic system in such a way that this can cause an increase in the short-circuit power capacity. In the cases that are presented in the article, the Power and electrical voltage in the PAC is considered considering the FES.

Keywords: Photovoltaic systems, Energy, Power Quality.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la investigación es dar a conocer el efecto que tienen las FES sobre la potencia activa suministrada a la Red eléctrica en baja tensión en el punto de acoplamiento común (PAC) analizando dos metodologías, una estudia la potencia eléctrica en el punto de acoplamiento y la otra la tensión eléctrica en dicho punto.

El lector conocerá analíticamente el comportamiento de ambas metodologías considerando un SFV conectado a la red eléctrica en baja tensión en el punto de acoplamiento común y cuál es el efecto que tiene el flujo de potencia y la tensión eléctrica en el

¹ *Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León.* San Nicolás de los Garza N.L., México. Área de participación: Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Jorge Luis Arizpe Islas, Ingeniero Mecánico Electricista, con Especialidad en Sistemas Eléctricos de Potencia, Actualmente Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica jorge.arizpei@uanl.edu.mx

Obed Renato Jiménez Meza, Ingeniero Mecánico Electricista, Actualmente Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica obed.jimenezmz@uanl.edu.mx

Lorena González Díaz, Ingeniero Mecánico Administrador de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica lorena.gzz150198@gmail.com

Alejandra de Jesús García Cervantes¹ Ingeniero Mecánico Electricista de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Alejandra.garciacts@uanl.edu.mx

CALIDAD DE LA ENERGÍA Y FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE EN LA RED ELÉCTRICA

PAC; además de la importancia que tiene la medición de la Calidad de la Energía Eléctrica en las FES conectadas a la red eléctrica debido a que pueden presentar distorsión armónica o incluso ocasionar daños en la red eléctrica.

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una alternativa para generar energía, puesto que cuenta con una disponibilidad de recurso inagotable, no requiere de una gran infraestructura, es práctica y segura y lo más importante no ocasiona impactos ambientales (Domínguez Guamán & Salvatierra Cánepa, 2016). Los Sistemas Fotovoltaicos (SFV), aparecieron como sistemas aislados, hasta interconectarse a la red eléctrica, sin embargo, en sus inicios estos sistemas estaban orientados principalmente al abastecimiento de energía eléctrica exclusivamente en las zonas rurales y poco a poco fueron evolucionando a tal grado que en la actualidad se utilizan como generadores que aportan energía a la red eléctrica (EREN & Energía, 2004).

La importancia que tiene el uso de los sistemas fotovoltaicos para generación de electricidad es cada vez más grande en el ámbito internacional. Durante los últimos 30 años el desarrollo tecnológico en este campo ha permitido una reducción de 95 % en el costo de los módulos fotovoltaicos comerciales, a la par de un incremento cercano al 200% en su eficiencia (Perpiñán Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

Dentro de los beneficios derivados de la generación eléctrica existe un gran potencial en la reducción de la demanda pico y del consumo eléctrico en horas pico, que se pueden aplicar en inmuebles comerciales, industriales o habitacionales, y en los edificios públicos en general. (González Galarza, Jiménez Grajales, & Lagunas Mendoza, 2003)

Instalaciones fotovoltaicas y aplicaciones

La energía solar es la forma más abundante de energía renovable y tiene el potencial para reemplazar parcialmente los combustibles fósiles (Suárez Rivas, 2016).

En la Figura 1 uno se muestra el fenómeno de refracción y reflexión de los rayos solares que constituyen el 99.98% de la energía radiante, de esta energía el 76.96% es reflejada al exterior, y sólo el 23.02% es retenido en la tierra, y de esta una fracción menor al 0.02 % es transformada por las plantas en el proceso de fotosíntesis, esta gran cantidad de energía puede captarse para generar energía eléctrica, que actualmente los paneles solares (PS)

son la manera moderna de obtenerla (EVE, 2000).

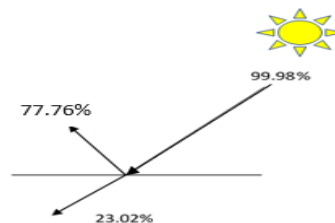


Figura 1. Refracción y reflexión de los rayos solares (EVE, 2000).

Los PS generan energía solar fotovoltaica, la cual es un tipo de energía renovable utilizada para generar electricidad y funciona transformándose de manera directa la radiación solar en electricidad gracias a Celdas Fotovoltaicas (Sampaio Vasconcelos & González Aguirre, 2017).

Estas Celdas Fotovoltaicas se colocan en serie sobre paneles para de este modo conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas y de este modo los paneles captan la energía solar. Así se transforma directamente en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz (Lian, Jhang, & Tian, 2014).

Sistemas Fotovoltaicos

Un Sistema Fotovoltaico es el conjunto de equipo eléctrico que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar por medio del efecto foto eléctrico (Perpiñán Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

Los SFV pueden ser, básicamente de dos tipos:

- SFV aislados o
- SFV interconectados a la red eléctrica.

Los sistemas aislados por medio de un panel solar producen energía, para posteriormente ser almacenada en las baterías para disponer de ella en cualquier momento. Sus componentes básicos son el generador fotovoltaico, regulador, baterías e inversor (Morales, Cappelletti, Casas, Hasperué, & Blancá, 2016).

CALIDAD DE LA ENERGÍA Y FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE EN LA RED ELÉCTRICA

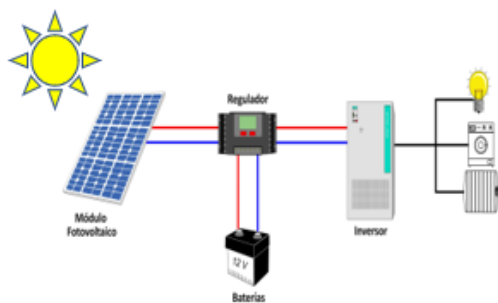


Figura 2. Esquema de un SFV aislado (Morales, Cappelletti, Casas, Hasperué, & Blancá, 2016)

En las instalaciones fotovoltaicas interconectadas a la red, la energía se pone a disposición del usuario a través de la red eléctrica para esto se requiere unos equipos adicionales como el generador fotovoltaico, inversor y contador de energía (Dávila Gómez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

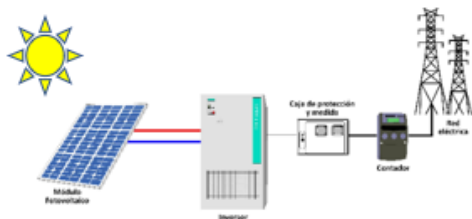


Figura 3. Esquema de un SFV conectado a la red (Dávila Gómez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

Factores que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos

La Energía procedente de un sistema fotovoltaico se puede cuantificar, considerando la insolación disponible, temperatura, suciedad y otros factores de ubicación. Sin embargo, esto posible considerando un punto estratégico evitando cualquier tipo de pérdidas por ubicación (Castejón Oliva & Santamaría Herranz, 2010).

Los SFV conectados a la red eléctrica no siempre son ideales para entregar su máxima energía generada según las características técnicas y de diseño de estos sistemas, debido a que están expuestos a otros factores que de alguna u otra manera influyen en este proceso de generación eléctrica, como son los siguientes (Abderrezek, Mahfoud, & Fathi, 2017):

- Factores del propio panel,
- Temperatura de funcionamiento del panel fotovoltaico,

- Efecto de la reflexión y suciedad, en la superficie de los paneles solares,
- Factores externos al panel,
- Efecto de las variaciones climáticas

Calidad de la Energía

La Calidad de Energía es utilizada para poder describir una combinación de características a través de las cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico puedan corresponder a las expectativas del cliente. En un sentido más técnico, la Calidad de Energía se refiere a lograr obtener del proveedor un suministro el cual cuente con tensiones eléctricas balanceadas, de amplitudes y frecuencias constantes (REN21, 2016).

Actualmente, la calidad de energía eléctrica ha adquirido mucha importancia y la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Así mismo porque existe una interrelación entre la calidad de la energía, la eficiencia y la productividad (IECOR, 2016).

El suministro de energía eléctrica es uno de los principales servicios en las sociedades modernas para el soporte de la vida cotidiana. Los consumidores de electricidad poco a poco han tomado conciencia de la necesidad de contar con un servicio de alto nivel en términos de calidad en la tensión eléctrica proporcionada por las compañías suministradoras conocido como calidad de la energía (ASIF, 2005).

Armónicos

A menudo, los niveles de tensión y corrientes eléctricas en la industria son distorsionados. Esta distorsión puede ser provocada por saturación magnética en el núcleo de un transformador, por la acción de conmutación de los tiristores o por cualquier otra carga no lineal (Shukla, Kant., Sharma., & Biwole, 2017).

Una señal eléctrica distorsionada está formada por un componente fundamental y uno o más armónicos. En la Figura 4, se muestra una señal de corriente alterna de 60 Hz con 59 A. distorsionada que contiene un quinto armónico con un valor de 15.6 A y un séptimo armónico cuyo valor es de 10.3 A, además de contener algunos armónicos de menor amplitud (Bhol, Dash, Pradhan, & Ali, 2015).

CALIDAD DE LA ENERGÍA Y FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE EN LA RED ELÉCTRICA

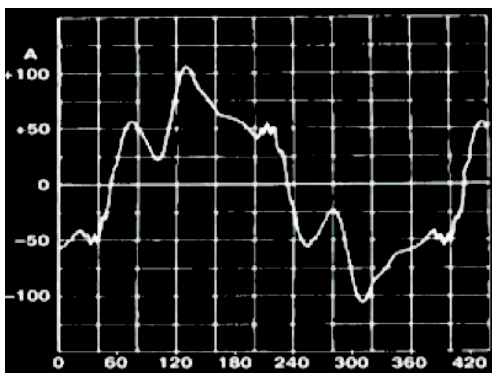


Figura 4. Forma de señal de una corriente a distorsionada por armónicos (Bhol, Dash, Pradhan, & Ali, 2015).

Para un diagnóstico adecuado de la Calidad de Energía eléctrica existen dos campos principales de análisis que permiten hacer una evaluación adecuada.

1° detección de los armónicos en la red en tiempo real.

2° predicción del contenido armónico en la red mediante procesos y modelos analíticos.

En este sentido, el dominio de la frecuencia es el modelo más utilizado para el análisis de armónicos, debido a su simplicidad ya que utiliza el marco de referencia de las componentes de secuencia para determinar la distribución de las corrientes armónicas inyectadas a la red eléctrica (Helden, Zolingen, & Zondag, 2004).

Regulaciones de la calidad de la energía

Para realizar una medición es muy importante tener en cuenta todas las normas nacionales e internacionales, ya que ellas proporcionan límites generales teniendo las características del sistema dependiendo el lugar, condiciones y necesidades (Kempe, y otros, 2015). En la Tabla 1 se presenta un resumen con las características más relevantes de acuerdo con la CONELEC "Consolidate Electric" con respecto a armónicos y niveles de tensión. Sin embargo, no se menciona nada con respecto a la potencia eléctrica activa.

	CONELEC 004-01	CONELEC 006/00	CONELEC 004/15
Armónicos	Procedimientos para la toma de datos realizados con un medidor de distorsiones de tensión eléctrica, con el fin de ubicar de manera eficiente las distorsiones armónicas.	Las formas de onda de tensión y corriente eléctrica deberán cumplir los requisitos establecidos en la norma ANSI/IEEE STD. 519, mientras no exista una normativa nacional.	Las señales de tensión eléctrica no deberán superar a los límites: Impares (17:5h<49) Pares (10:5h<50)
Niveles de Tensión	Variaciones de los valores eficaces de tensión (RMS) medidas durante un periodo no menor a 7 días continuos, cada 10 minutos.	El objetivo de sistema nacional interconectado establece en condiciones normales que la frecuencia será de 60Hz y su rango de variación estará entre 59,85 y 60,15Hz ($\pm 0,15$), excepto en estados de fallas, emergencias y restablecimientos del servicio.	El desbalance máximo en la señal de tensión eléctrica en estado estable no deberá superar el 5% en cada fase.

Tabla 1. Normatividad Vigentes afin a la Calida de la Energia considerando FES (Kempe, y otros, 2015).

Por lo que es conveniente analizar el flujo de potencia activa en la Red eléctrica de baja tensión con fuentes de energía sustentable (Abderrezek & Fathi, 2017).

METODOLOGÍA

Primero se realizó un estudio bibliográfico. Se hizo una evaluación del efecto de las FES sobre la potencia activa suministrada a la Red eléctrica en baja tensión en el punto de acoplamiento común (PAC), para esto se considera la Potencia Activa suministrada por la Red Eléctrica y la del Sistema Fotovoltaico.

Sin embargo, el flujo de potencia tiene un efecto sobre la magnitud de la tensión eléctrica en el PAC por lo que se aplica un divisor de voltaje, ver Figura 9, con el propósito de analizar la magnitud de tensión eléctrica en el PAC.

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO I:

Potencia eléctrica en el PAC considerando FES.

La conexión de las cargas del usuario se realiza en el PAC entre el inversor y la red justo del medidor de Energía Eléctrica, ver Figura 6. De esta manera, cuando hay potencia disponible en SFV el inversor se encargará de extraer toda la potencia disponible en los paneles ante cualquier condición de radiación solar (Basnet, 2012).

Para esto el control del inversor se programa con un algoritmo de rastreo del punto de máxima potencia (Herranz & Oliva, 2010). Básicamente la forma de conexión genera tres escenarios posibles según las potencias de generación disponibles y la demanda establecida por las cargas conectadas, descritas a continuación.

La potencia disponible a la salida de los paneles fotovoltaicos (P_{CD}) y en consecuencia a la salida del inversor (P_{inv}) es menor a la demandada por las cargas domiciliarias conectadas (P_s). En este caso el inversor ayuda a aliviar el consumo de energía proveniente de la red eléctrica pública que el usuario tendría (Sánchez Maza, 2014), ver Figura 6.

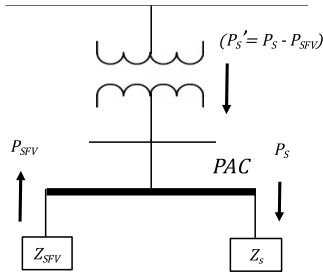


Figura 5. Modelo para Caso de Estudio I ($P_{inv} < P_s$)

La potencia de los paneles fotovoltaicos (P_{CD}) disponible supera a la requerida por las cargas conectadas en cuyo caso el inversor puede inyectar el excedente hacia la línea pública., ver Figura 7. Debe observarse que este escenario podría no ser permitido por la legislación en materia eléctrica vigente en algunos países o en algunos casos no estar siquiera normado (Santamaría & Castejón, 2010).

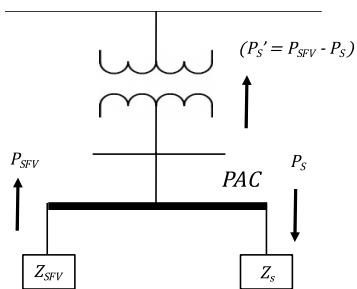


Figura 6. Modelo para Caso de Estudio I ($P_s < P_{inv}$)

En la Figura 8 se presenta el último escenario es el de un corte absoluto del suministro eléctrico en cuyo caso el inversor puede operar en modo isla, esto es desconectándose de la línea eléctrica y alimentando por su cuenta a las cargas domiciliarias (ASIF, 2005).

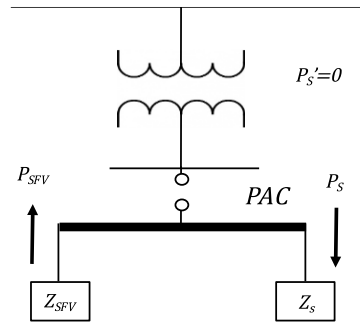


Figura 7. Modelo para Caso de Estudio I ($P_s = P_{inv}$)

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO II: Tensión eléctrica en el PAC

Para evaluar el efecto de los sistemas fotovoltaico en la magnitud de la tensión eléctrica para el punto acoplamiento común considere la metodología a partir de la Figura 9.

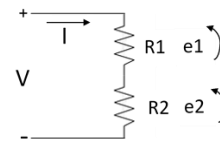


Figura 8. Metodología utilizada para determinar el efecto de las FES en el PAC

A partir de dos resistencias eléctricas conectadas en serie es posible encontrar la resistencia eléctrica equivalente mediante la siguiente expresión:

$$R_{eqv} = R_1 + R_2$$

Aplicando la Ley de Ohm, es posible determinar la corriente total a través del sistema

$$I_{TOTAL} = \frac{V}{R_{eqv}}$$

Considerando la caída de voltaje como e_1

$$e_1 = R_1 i_1$$

$$\text{Si } i_1 = I$$

de esta forma es posible determinar el voltaje en cada elemento a partir del voltaje total alimentado V .

$$e_1 = R_1 \left(\frac{V}{R_1 + R_2} \right) \text{ y } e_2 = R_2 \left(\frac{V}{R_1 + R_2} \right)$$

En la Figura 10 se muestra el modelo equivalente para el caso de estudio II. En donde las impedancias

CALIDAD DE LA ENERGÍA Y FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE EN LA RED ELÉCTRICA

de la fuente y en el sistema fotovoltaico pueden ser reemplazadas por una equivalente.

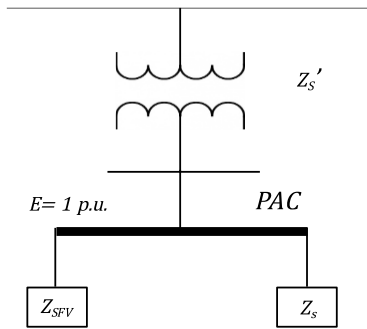


Figura 9. Modelo para Caso de Estudio II

Los parámetros típicos del sistema de distribución son:

$$E = 13.2 \text{ kV}; S'_s = 30 \text{ MVA}$$

Sin embargo, la carga es difícil de especificar el sistema fotovoltaico, depende de su configuración.

Para determinar la magnitud de la tensión eléctrica en el punto de acoplamiento común se utiliza la siguiente expresión:

$$E = I(Z'_s + Z_{eqv})$$

donde

$$Z_{eqv} = Z_{SFV} \parallel Z_s$$

Considerando el punto de acoplamiento común como referencia ($E = 1 \text{ p.u.}$)

$$V_{SFV} = \frac{Z_{SFV} Z_s}{Z'_s(Z_s + Z_{SFV}) + Z_{SFV} Z_s}$$

donde

V_{SFV} es la aportación de la FES en el PAC

Considerando un sistema donde la impedancia sistema es mucho menor a la impedancia de la carga ($Z'_s \ll Z_s$) y ésta a su vez menor que la impedancia del sistema fotovoltaico ($Z_s < Z_{SFV}$) entonces se tiene la siguiente expresión:

$$V_{SFV} \cong \frac{Z_{SFV} Z_s}{Z_{SFV} Z_s}$$

De esta forma $V_{SFV} \leq E$ (V_{SFV} ligeramente menor 1 p.u.)

Esta condición garantiza el flujo de potencia activa de la red eléctrica hacia la carga por lo que la FES solo coadyuva en el suministro de energía, lo cual es congruente con el caso de estudio I.

Por otra parte, al revisar el lado de 13.2 kV

$$Z_{eqv} = \frac{Z_{SFV} Z_s}{Z_s + Z_{SFV}}$$

$$E = I \left[Z'_s + \frac{Z_{SFV} Z_s}{Z_s + Z_{SFV}} \right]$$

o bien

$$E = I \left[\left(\frac{Z'_s Z_s + Z_{SFV}(Z'_s + Z_s)}{Z_s + Z_{SFV}} \right) \right]$$

Considerando que la red eléctrica es un nodo robusto, es decir ($Z'_s \rightarrow 0$)

$$E = I \left(\frac{Z_{SFV} Z_s}{Z_s + Z_{SFV}} \right)$$

Por lo que al representar baja capacidad en VA la impedancia de la fuente de energía sustentable donde Z_{SFV} será mayor

$$I = \beta^{-1} E$$

donde

$$\beta = \left(\frac{Z_{SFV} Z_s}{Z_s + Z_{SFV}} \right)$$

Si $Z_s < Z_{ps} \therefore \beta < 1$

De tal forma que cuando se incremente el valor de Z_{SFV} , β disminuye, lo que produce mayor aportación del sistema y ante la baja capacidad de la FES.

Por lo que la demanda de energía cambiara abruptamente ante los cambios en la impedancia.

Una de las fuentes de energía sustentable más comunes utilizados en niveles de baja tensión son los sistemas fotovoltaicos, los cuales no siempre presentan un óptimo desempeño debido a los factores propios del sistema.

La calidad de la energía es un punto importante por considerar al implementar fuentes alternas de energía sustentable debido a que estas pueden ser de distorsión armónica o incluso ocasionar problemas con el nivel de tensión en la Red eléctrica.

CONCLUSION

El flujo de potencia en la Red eléctrica se ve afectado por la aportación de potencia activa del sistema fotovoltaico de tal forma que esto puede ocasionar incremento en la capacidad de potencia de cortocircuito además de la distorsión en la señal de esta. Se debe observar que este flujo de potencia está directamente relacionado con la magnitud de tensión eléctrica en cada uno de los nodos, de tal forma que el sistema eléctrico sea la referencia. Los casos de estudio 1 y 2 son congruentes al analizar el flujo de energía en terminales de la carga.

Por otra parte, es posible analizar el efecto sobre la magnitud de la tensión eléctrica en el lado de distribución considerando la relación que existe entre los valores de impedancia por lo que esto resulta una técnica rápida para evaluar el efecto de las FES en la Red eléctrica.

REFERENCIAS

- Domínguez Guamán, D. H., & Salvatierra Cánepa, B. G. (2016). *Análisis de la calidad de la energía en sistemas fotovoltaicos conectados a la red*. Cuenca.
- Energía. (2004). *Manual de energía solar fotovoltaica: manual del arquitecto*.
- Suárez Rivas, R. (24 de Enero de 2016). Pinar apuesta por el uso de la energía solar. *Granma*.
- EVE. (2000). *La energía solar fotovoltaica en el país Vasco*. Bilbao.
- Sampaio Vasconcelos, P. G., & González Aguirre, M. O. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 590-601.
- Lian, K. L., Jhang, J. H., & Tian, I. S. (2014). A Maximum Power Point Tracking Method Based on Perturb-and-Observe Combined With Particle Swarm Optimization. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 626-633.
- Perpiñán Lamigueiro, Ó., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. España.
- Morales, D. M., Cappelletti, M., Casas, G., Hasperué, W., & Blancá, E. P. (2016). Estudio basado en Algoritmos Genéticos de celdas solares expuestas a radiación. *IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*, 1-5.
- Dávila Gómez, L., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2009). *Sistemas fotovoltaicos conectados a red, estándares y condiciones técnicas*. Progenisa.
- Castejón Oliva, A., & Santamaría Herranz, G. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Editex.
- Abderrezek, Mahfoud, & Fathi, M. (2017). *Experimental study of the dust effect on photovoltaic panels' energy yield*. Solar Energy.
- REN21. (2016). *Energías Renovables 2016. Reporte De La Situación Mundial*. Paris
- IECOR. (2016). *Calidad De La Energía*. Obtenido De <https://www.lecor.com/calidad-de-energia-electrica/>
- ASIF. (2005). *Sistemas De Energía Fotovoltaica. Manual Del Instalador*. Censolar.
- Shukla, A., K. K., S. A., & Biwole, P. (2017). Cooling Methodologies Of Photovoltaic Module For Enhancing Electrical Efficiency: A Review. *Solar Energy Materials And Solar Cells*, 275-286.
- Bhol, R., Dash, R., Pradhan, A., & Ali, S. M. (2015). *Environmental effect assessment on performance of solar PV panel*.
- Helden, W. G., Zolingen, R. J., & Zondag, H. A. (2004). PV Thermal Systems: PV Panels Supplying Renewable Electricity And Heat. *PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS*, 415-126.
- Kempe, M. D., Miller, D. C., Kurtz, S. R., Moseley, J. M., Shah, Q. A., Tamizhmani, G., . . . Vanderpan, C. E. (2015). Field Testing Of Thermoplastic Encapsulants In High-Temperature Installations. *Energy Science And Engineering*, 565-580.
- Abderrezek, M., & Fathi, M. (2017). Experimental Study Of The Dust Effect On Photovoltaic

CALIDAD DE LA ENERGÍA Y FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE EN LA RED ELÉCTRICA

Fecha enviada: 10 de mayo del 2021

Fecha corregido: 30 de mayo del 2021

Panels' Energy Yield. *Sol Energy* , Vol. 142, 308-320.

Basnet, A. (2012). *Architectural Integration Of Photovoltaic And Solar Thermal Collector Systems Into Buildings*. Trondheim.

Herranz, G. S., & Oliva, A. C. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: Editex.

Sánchez Maza, M. Á. (2014). *Energía Solar Fotovoltaica*. México: Limusa.

Santamaría, G., & Castejón, A. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Editex.

ASIF. (2005). *Sistemas De Energía Fotovoltaica. Manual Del Instalador*. Censolar.