

GENERACIÓN DE ENERGÍA Y SU IMPACTO EN LA FACTURA ELÉCTRICA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (SFV) INTERCONECTADOS A LA RED

Juan Carlos Gutiérrez-Villegas

Universidad de Guadalajara – Centro
Universitario del Norte

Jalisco, México

<https://orcid.org/0000-0002-4528-3177>

Virgilio Alfonso Murillo-Rodríguez

Universidad Politécnica de Zacatecas
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0001-8544-2999>

Raul Quiroz-Martínez

Universidad de Guadalajara – Centro
Universitario del Norte

Jalisco, México

<https://orcid.org/0000-0001-8286-6622>

Filiberto Briseño-Aguilar

Universidad de Guadalajara – Centro
Universitario del Norte

Jalisco, México

<https://orcid.org/0000-0002-7470-3046>

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen: Los Sistemas Fotovoltaicos (SFV) Interconectados a la red eléctrica reducen el consumo de energía de la red, siendo una alternativa en tarifas donde el cargo es únicamente por este concepto. Para usuarios en tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) la reducción de la demanda de la energía de la red tiene un alto impacto en la facturación de energía, sin embargo, se han encontrado errores técnicos de instalación que no permiten al sistema generar la máxima potencia. Se presenta un análisis histórico del consumo y generación de energía de un sistema SFV interconectado de 5 kWp en tarifa 1 (DAC); se encontró que inyecta 30 % de la capacidad total instalada. Se muestran los datos de generación en las condiciones instaladas y los datos al aplicar las recomendaciones al sistema SFV logrando aumentar la generación, la inyección de energía a la red y mejorando el impacto sobre la facturación.

Palabras clave: Sistema interconectado (SFV) a la red, tarifa eléctrica, demanda máxima.

INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo tecnológico y aumento de la población está demandando un mayor consumo de recursos energéticos, en la actualidad el sector energético a nivel mundial depende de los combustibles fósiles; aun y cuando se está haciendo un uso racional de estos recursos, es necesario que a la par se realicen inversiones para desarrollar la tecnología para el aprovechamiento de las energías renovables.

La energía solar fotovoltaica es una alternativa para satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica, México tiene un recurso solar privilegiado por su ubicación geográfica entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, lo que la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA) identifica como el Cinturón Solar (A.T. Kearney, 2010), lo ubican como un país con un potencial

alto para el aprovechamiento de este tipo de energía renovable con una irradiancia de entre 4.5 – 7 kWh/m² en el plano normal (Sener, 2012).

Zacatecas un estado ubicado en el centro de México, recibe una irradiancia del orden los 5 kWh/m² que lo coloca por encima de algunos países de Europa donde se tiene una gran cantidad de infraestructura fotovoltaica instalada (Muro, Saucedo, De la Torre, & Reta, 2007). Esto muestra que se cuenta con las condiciones de radiación solar para la instalación de sistemas fotovoltaicos (SFV) para usuarios de la región lo que permitirá reducir los costos en el consumo de la energía eléctrica.

ENERGÍA FOTOVOLTAICA (FV) ACTUAL EN MÉXICO

En México los sistemas FV instalados hasta 2006 tenían como objetivo resolver el problema de suministro de energía eléctrica en el medio rural (electrificación rural, comunicaciones, señalamientos, bombeo y refrigeración), según se tienen registros de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y que a partir del 2007 se inició la instalación con conexión a la red eléctrica (Barzalobre, Carrasco, Amtmann, Rivera, & Brailovsky, 2012).

En la figura 1 se muestra se muestra la capacidad anual instalada desde el 2005 hasta el 2011, comparándola con la generación anual instalada. Lo que respecta a la capacidad instalada de sistemas FV (autónomos y con conexión a red), se observa que a partir del 2009 aumento la capacidad de generación y esta se ha mantenido cerca de los 4 MWp y de este el 9 % corresponde a sistemas conectados a la red, (Barzalobre, et al. 2012).

En lo que respecta a la legislación de México, el 28 de noviembre del 2008 se publicó la Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la

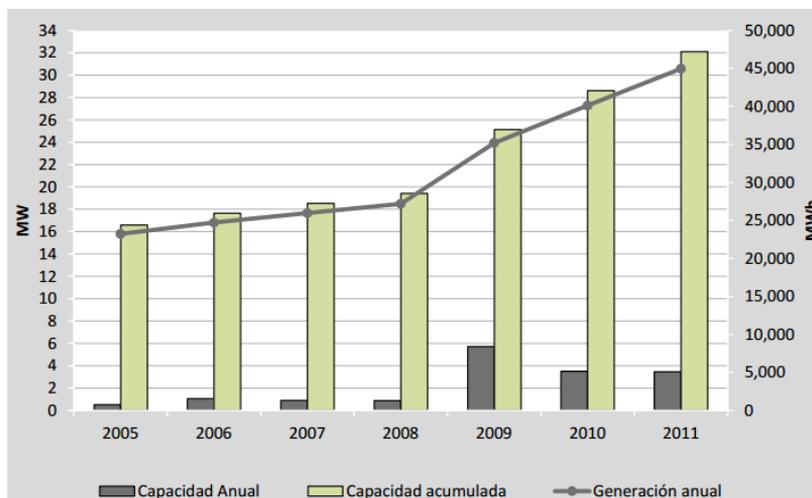


Fig. 1. Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas FV en México

Fuente: (Barzalobre, et al. 2012)

transición energética (Cámara de Diputados del H Congreso de la Unión, 2008) su objetivo es regular el aprovechamiento de las energías renovables para generar electricidad, pero sin generar energía para el servicio público.

La Comisión Reguladora de Energía (CRE), el 8 de abril del 2010, publicó el modelo de contrato de interconexión para fuente de energía renovable (Comisión Reguladora de Energía (CRE), 2010), que tiene como propósito establecer los derechos y obligaciones de un usuario que conecta alguna fuente de energía renovable al sistema eléctrico nacional.

SISTEMAS FV CON CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA

Los sistemas fotovoltaicos (FV) interconectados a la red eléctrica son un conjunto de dispositivos eléctricos, mecánicos y electrónicos que producen energía eléctrica en condiciones adecuadas para inyectarla a la red eléctrica convencional a partir de radiación solar. Como se muestra en la figura 2 en general un sistema FV se compone de un generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones.

La energía que produce este sistema se consume de forma parcial o total por el usuario y en caso de existencia de energía excedente será inyectada a la red de distribución (Comisión Federal de Electricidad CFE) donde se distribuye a otros puntos de consumo, pero para el usuario del SFV la red funcionara como un sistema de almacenamiento de la energía excedente producida (Perpiñan Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

Al instalar SFV con conexión a la red es necesario tomar en cuenta la normatividad vigente y las recomendaciones técnicas de los fabricantes de los equipos utilizados; se han encontrado instalaciones que no cumplen con las normas y las recomendaciones establecidas impidiendo que estos sistemas operen de manera adecuada impactando directamente en la generación de energía y por consecuencia no se tiene un impacto importante sobre la reducción de la factura eléctrica.

El objetivo de este trabajo es presentar el análisis del histórico de consumo de energía eléctrica de un usuario en tarifa DAC que tiene instalado un SFV conectado a la red pero que no ha logrado reducir el costo de la factura de electricidad. Se realizan recomendaciones

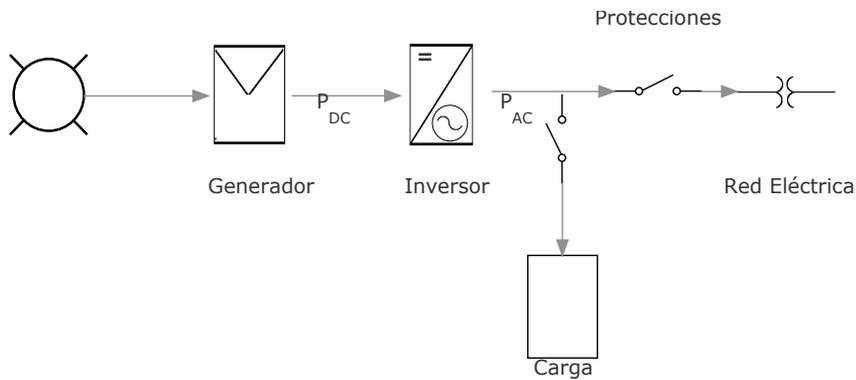


Fig 2. Esquema de un sistema FV conectado a la red

para mejorar la instalación y se verifica su impacto en la inyección de energía en la facturación eléctrica por parte de CFE.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

CASO DE ESTUDIO

En el presente análisis se toma como caso de estudio a un usuario de la ciudad de Zacatecas por su consumo de energía su factura se encuentra en tarifa DAC y por el costo de su factura eléctrica opta por instalar un sistema SFV con conexión a la red. Al contar con las condiciones óptimas para la generación de energía con el SFV y después de varios bimestres de estar en operación no se ha logrado reducir el costo de la factura eléctrica ante CFE.

El procedimiento de revisión del caso de análisis de se realiza:

- Revisión de la factura eléctrica
- Inspección del SFV
- Recomendaciones y modificación del SFV
- Análisis de la factura eléctrica después de la modificación del SFV

Las recomendaciones que se realizaron para mejorar la instalación de SFV fueron:

- Eliminar el sombreado de los módulos fotovoltaicos: con esto se evita que algunas celdas puedan operar en circuito abierto eliminando la generación de energía.

- Realizar dos ramas en paralelo de los módulos fotovoltaicos para reducir el voltaje generado: de esta forma se asegura que el voltaje no sea mayor que el margen de seguridad del inversor y pueda activarse la protección de dejar de inyectar energía a la red.

Al realizar las modificaciones recomendadas se analiza el recibo de energía eléctrica por tres bimestres con el fin de cuantificar el impacto en la inyección de energía y por lo tanto en la factura eléctrica.

Para fines de presentación de resultados se muestra información del consumo y costo de energía de seis bimestres en los cuales se cuenta con una tarifa 1 con energía renovable.

RESULTADOS

Los resultados que se presentan corresponden a un año histórico de consumo y costo de la energía eléctrica, en los dos primeros bimestres el SFV se encuentra operando, pero sin llegar a generar el nivel máximo de energía para el que fue dimensionado. En el bimestre número tres se realiza la modificación al sistema y a partir del cuarto bimestre es sistema opera de manera adecuada.

Los conceptos de energía que se incluyen en la factura eléctrica para una tarifa doméstica con energías renovables y que se analizan en este trabajo son:

Consumo de la red: es la energía que el medidor bidireccional cuantifica como demanda por parte del usuario de la red de suministro de CFE.

Generación SFV (inyectada): energía que el medidor bidireccional cuantifica como entregada a la red eléctrica (Suministrador).

Energía acumulada: Energía entregada por el Generador (usuario) al Suministrador (CFE) que no fue posible compensar en un mes anterior determinado y que se acumula para futuras compensaciones.

Bolsa de energía: energía tomada de la acumulada de los bimestres anteriores y que compensara la energía entregada por el suministrador en el periodo de facturación.

En la gráfica 1 se muestra el consumo y generación de energía por el usuario, así como la energía a facturar y la energía que acumulada. Las observaciones que se pueden realizar son:

1. En el bimestre de modificación de la instalación (bimestre 3) del SFV se aprecia una considerable reducción de la energía a facturar.
2. En todos los bimestres se aprecia generación de energía sin embargo a partir de la modificación del SFV (bimestre 3) aumenta de manera considerable reduciendo la energía que se demanda de la red.
3. A partir de bimestre 4 se aplica una bolsa de energía de tal forma que no existe consumo de la red por parte del usuario y además cuenta con energía acumulada para futuras compensaciones no existiendo energía por facturar.

Analizando el costo de la energía en el mismo periodo, en la gráfica 2 se muestra por bimestre el costo de la facturación observando que existe una reducción importante en el pago de la energía eléctrica al suministrador (CFE) y que a partir del bimestre 4 únicamente se realiza el pago mínimo por conexión.

Además de la reducción del kW-h demandado de la red, también existe una

reducción del impacto del IVA y del derecho de alumbrado público (DAP) ya que estos se calculan a partir de la energía demandada por usuario, como se aprecia en la gráfica 1 y 2. Con la reducción de estos dos aspectos mejoran el impacto en la factura.

En la gráfica 3 muestra claramente que a partir del bimestre 4 el costo de la factura únicamente se realiza el cargo mínimo por conexión teniendo un impacto satisfactorio en el usuario.

CONCLUSIONES

En la instalación de SFV es necesario tomar en cuenta la normatividad vigente en cada una de las zonas a instalar, así como las recomendaciones del fabricante. Ya que de una correcta instalación dependerá la mejor operación del sistema. En este caso se detectan errores en la instalación al no considerar:

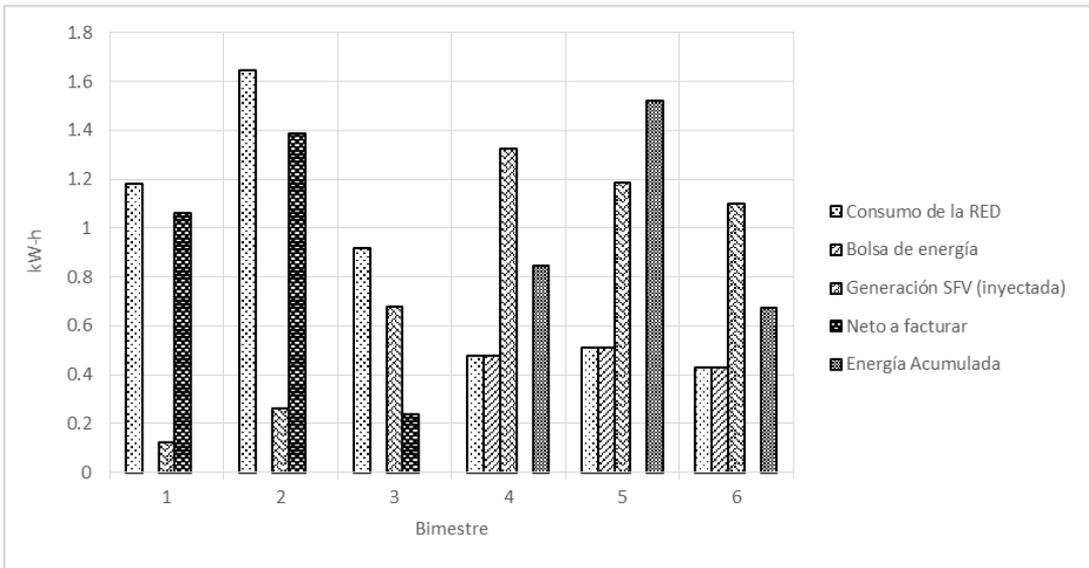
- Los efectos del sombreado sobre los módulos y
- El voltaje de generación alto, ocasionado por gran cantidad de módulos conectados en serie.

Al eliminar el sombreado y reducir el número de paneles conectados en serie se mejora la instalación del SFV logrando que opere de manera adecuada.

Los beneficios de las recomendaciones son:

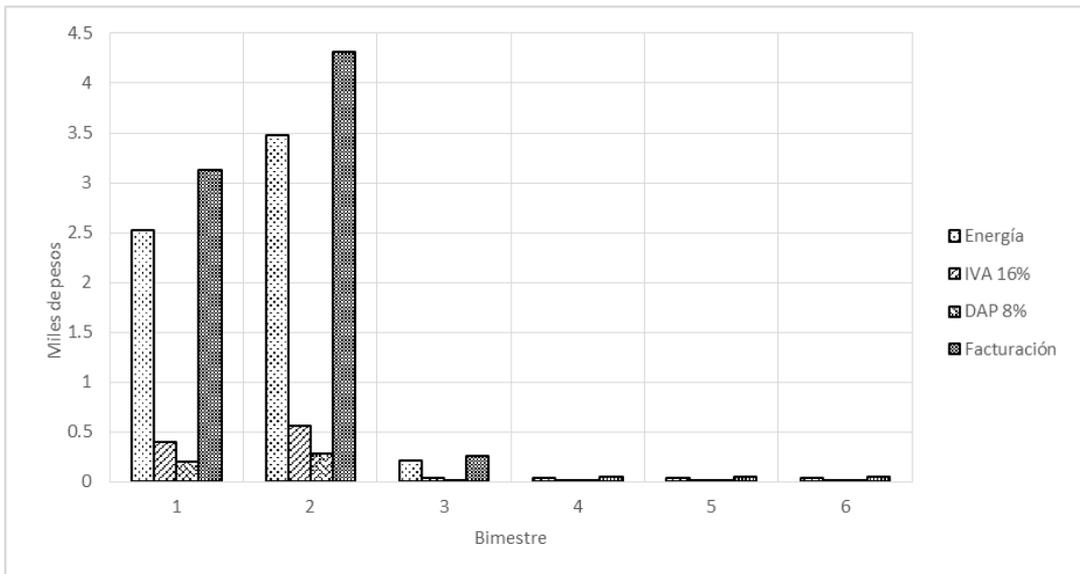
- Operación del SFV de forma correcta
- Aumento de la energía inyectada a la red por SFV
- Reducción del costo de la factura eléctrica por parte del usuario
- La inversión del Sistema FV se recupera en corto tiempo

Aunado a los beneficios anteriores, para el usuario no fue necesario realizar una inversión mayor solamente se modifica la localización y orientación del SFV y se realiza una reconfiguración en las conexiones de los módulos fotovoltaicos.



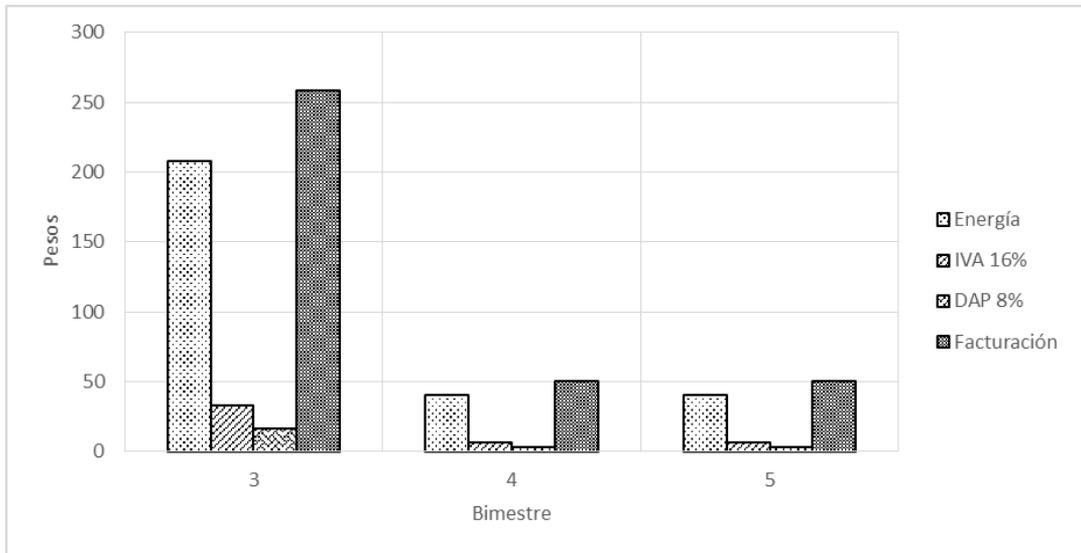
Gráfica 1. Energía por bimestre

Fuente: Creación a partir de facturas eléctricas del usuario



Gráfica 2. Desglose de costo de la energía eléctrica por bimestre

Fuente: Creación a partir de facturas eléctricas del usuario



Grafica 3. Detalle de costo de energía eléctrica bimestre 3 - 5

Fuente: Creación a partir de facturas eléctricas del usuario

REFERENCIAS

- A.T. Kearney. (2010). Unlocking the SunBelt Potential of Photovoltaics. European Photovoltaic Industry Association. Brussels - Belgium: EPIA.
- Barzalobre, V., Carrasco, F., Amtmann, M., Rivera, I., & Brailovsky, P. (2012). Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltaicos en México (ProSolar). Secretaria de Energía, Distrito Federal.
- Camara de Diputados del H Congreso de la Unión. (28 de noviembre de 2008). Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética. Diario oficial de la federación. México, DF, México.
- Comisión Reguladora de Energía (CRE). (8 de abril de 2010). Contrato de interconexión para fuente de energía renovable. Diario oficial de la federación. México, DF, México.
- Muro, C., Saucedo, M. A., De la Torre, J., & Reta, M. (mayo - agosto de 2007). Análisis de los niveles de radiación solar en el estado de Zacatecas para la implementación de sistemas fotovoltaicos. Revista Investigación Científica, 3(2).
- Perpiñan Lamigueiro, Ó., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). Diseño de sistemas fotovoltaicos. España: Promotora General de Estudios, SA.
- Sener. (2012). Secretaria de energía. Recuperado el 8 de mayo de 2013, de <http://sener.gob.mx/webSener/res/1803/Solar.pdf>