

Comparativa Económico – Técnica entre instalaciones de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red en establecimientos: industrial, comercial y residencial

GUTIERREZ-VILLEGAS, Juan*†, CUEVAS-DIAZ, Julián, QUIRÓZ-MARTÍNEZ, Raúl y MEJÍA-PÉREZ, Gerardo.

Recibido Abril 11, 2016; Aceptado Junio 17, 2016

Resumen

Se evalúan diferentes Sistemas Fovoltaicos (SFV) Interconectados a la red eléctrica, se considera cómo estos son afectados por varios factores ambientales y de instalación. Las eficiencias de los diferentes componentes del sistema impactan el desempeño en la generación de energía fotovoltaica y por consecuencia repercute en el ahorro económico del usuario. Además de considerar las eficiencias del SFV, se consideran las diferentes tarifas eléctricas que suministra la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que influyen de forma directa en el análisis económico de la instalación de estos SFV al considerar el consumo promedio en cada uno de los usuarios. Se presenta como varían estos factores entre un establecimiento industrial, uno comercial y uno residencial; donde las características físicas, técnicas y económicas son la base de esta comparación, permitiendo determinar qué tipo de usuario puede presentar mejores ventajas al considerar la implementación de SFV interconectados a la red eléctrica.

Sistemas fotovoltaico Interconectado, tarifas eléctricas, energías renovables

Abstract

This work presents an evaluation of different grid interconnection of photovoltaic (PV) power generation systems and how environmental and installation factors affect them. The efficiency of the different components of the system influences the energy generation and so in the economic savings of the user. Besides studying the efficiency of the PV system, it is taken into account the different electrical rates supplied by the Comisión Federal de Electricidad (CFE) and how those rates are direct involved in the economic analysis of the system considering the average energy consumption of three types of users. The study is between Industrial, Commercial and Residential users; and the comparison of the physical, technical and economical characteristics of each installation will help to determine which user has more advantages with a grid interconnection of photovoltaic power generation systems

Interconnected photovoltaic systems, electricity tariffs, renewable energy

Citación: GUTIERREZ-VILLEGAS, Juan, CUEVAS-DIAZ, Julián, QUIRÓZ-MARTÍNEZ, Raúl y MEJÍA-PÉREZ, Gerardo. Comparativa Económico – Técnica entre instalaciones de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red en establecimientos: industrial, comercial y residencial. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S 2016, 2-4: 11-18

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: juan.gvillegas@academicos.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

México es un país con un alto recurso solar, por lo que hay una viabilidad grande de instalar sistemas que utilicen la energía proveída para la radicación solar en el país, habiendo un notorio crecimiento de la demanda de equipos que utilicen la radicación solar como fuente energética, ya sea para calentar fluidos, para iluminación interior o para la producción de energía eléctrica. Este último es el caso de instalaciones de SFV interconectados a la red eléctrica donde se busca un ahorro al disminuir la demanda de energía eléctrica suministrada por la red de CFE.

Los SFV interconectados a la red eléctrica, han tenido un crecimiento en los últimos años también se han mejorado las tecnologías implementadas y se han logrado buenas eficiencias en la generación de energía. Sin embargo existen numerosos factores ambientales y de instalación que cuales afectan directamente a la tasa de generación de energía fotovoltaica y por consecuencia en el ahorro económico del usuario.

Las limitantes físicas que se presentan en las áreas disponibles para la instalación de los sistemas afectan a la eficiencia del SFV, la misma eficiencia de los equipos implementados, las condiciones climatológicas y la calidad de la energía de la red influyen directamente en la producción de energía fotovoltaica del sistema, afectando directamente el ahorro económico proyectado. Además la CFE tiene diferentes tarifas de consumo, donde afecta el índice y horario de consumo del establecimiento y las características del contrato; por ello el comportamiento del ahorro difiere en cada tipo de tarifa. Siendo un factor más a considerar dentro del comportamiento del ahorro económico proyectado.

El tener un alto consumo de la red eléctrica pública, en un establecimiento industrial, comercial o residencial; lleva un gasto económico de igual magnitud por diferentes tarifas y límites de consumo establecidos por la CFE. Una solución viable es reducir el consumo de electricidad de la red eléctrica y generar un ahorro económico en el costo del consumo eléctrico, es a través de la interconexión de un sistema fotovoltaico diseñado de acuerdo a las necesidades de cada tipo de consumidor.

La inversión para la implementación de SFV es catalogado de medio a relativamente alto, una total viabilidad técnica y muy cerca de una viabilidad económica frente a las tarifas de CFE. A pesar de las limitaciones, la inflación del costo de la energía eléctrica, la flexibilidad de los costos de inversión de los SFV y que esta inversión sea deducible de impuestos; además de que los equipos sean fáciles de instalar hacen de los SFV interconectados una de las mejores opciones para el ahorro económico en el consumo de la energía eléctrica. También se tiene una huella ecológica donde se evita emitir 500 gramos equivalentes de CO₂ por cada kilowatt-hora (kW-h) de generación eléctrica con energía solar.

En el presente trabajo se evalúa el índice de producción de energía fotovoltaica de los SFV interconectados a la red en establecimientos industrial, comercial y residencial y se añade la proyección del ahorro económico esperado con los índices de producción.

Antecedentes

Las condiciones para el aprovechamiento de la tecnología solar para la generación de energía eléctrica en México presentan un panorama benéfico para el consumidor de energía de la red de CFE; las que se mencionan en (Briano, José Ignacio et al, 2015):

- Altos niveles de radiación solar.
- Mercado eléctrico.
- Apoyo regulatorio a la generación por medio de SFV.
- Evolución de tarifas eléctricas.

En México el promedio de irradiación solar que se recibe se encuentra entre 5 y 6 kW-h/m² por día, superior hasta en un 70% que el recurso solar con el que cuentan los países europeos líderes en el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas y fototérmicas. Prácticamente la mayoría de los SFV en México, se encuentran en comunidades rurales aisladas de la red eléctrica. Se estima que la capacidad total instalada es de 112 MW al año 2013. (Report IEA-PVPS T1-25:2014).

Es notorio el crecimiento de la demanda de esta tecnología, se tiene proyectada una tendencia de baja en el precio por unidad de potencia instalada. La evolución de los precios en el mercado de los módulos fotovoltaicos han mostrado un crecimiento exponencial, en buena medida se debe a los mecanismos de incentivos que se adoptaron para la promoción de esta tecnología pasando de 76 US\$/Wp instalado en 1977 a 0.74 US\$/Wp para el año 2013 observándose una reducción de precios considerable. (Romero Paredes Rubio, Arturo 2015)

Las tarifas eléctricas se dividen en cinco grupos de clientes: residencial, agrícola, industrial, comercial y de servicio, donde el concepto de facturación de energía es el kW-h.

En la tabla 1 se muestran los porcentajes de inscripción y ventas de cada tipo de cliente de CFE.

Sector	Porcentaje de consumidores (%)	Ventas directas al público (%)
Residencial	88.57	25.64
Agrícola	0.32	5.95
Industrial	0.80	57.56
Comercial	9.80	6.89
Servicios	0.52	3.96

Tabla 1 Porcentaje de clientes y ventas de electricidad al público por sector, México2016.

Del sector residencial, industrial y comercial; que es el caso de análisis que se presenta, que se muestran como los mayores compradores de energía eléctrica es el sector industrial y residencial. Para el sector industrial la tarifa se calcula de acuerdo a las redes de generación, distribución y venta de electricidad, por lo que se debe de invertir en infraestructura como redes de distribución, transformadores y subestaciones.

Las tarifas comerciales se encuentran las tarifas 2 y 3, esta tarifas se aplicaran a los servicios que destinen energía en baja tensión y la facturación corresponde únicamente a la energía consumida por el usuario.

Las tarifas destinadas a usuario residencial se clasifican de acuerdo al nivel de consumo en ocho rangos (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC) los siete primeros está relacionada con la temperatura media de la región. En cambio la tarifa DAC (Domestica de Alto Consumo) es la única tarifa eléctrica residencial que no cuenta con subsidio, el kW-h es más caro y se añade además un cargo fijo mensual independiente del consumo eléctrico. Cuando se supera el consumo promedio mensual indicado por el límite de consumo excedente el usuario es reclasificado de forma automática a la tarifa DAC. (Percino Picazo et al 2015).

En lo que respecta a las políticas para el fomento de del aprovechamiento de la solar se ha planteado la estrategia nacional de energía 2013 – 2017 en la que se prioriza la necesidad de potenciar el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable. A los SFV interconectados a la red se les permite inyectar el excedente de energía generada y mantener energía de respaldo para compensar en la factura eléctrica. Si al final del periodo de facturación se ha inyectado energía excedente a la red, esta se acumula para posteriores facturaciones no más de 12 meses. Además existen incentivos para la generación de energía solar fotovoltaica para los diversos tipos de consumidores.

Metodología

La metodología implementada para el dimensionado de los SFV será a partir de la irradiación mensual promedio de la región donde se instalan los sistemas. Para esta metodología se considera el consumo promedio diaria de energía eléctrica de la red donde se requiere instalar el sistema de generación de energía fotovoltaica.

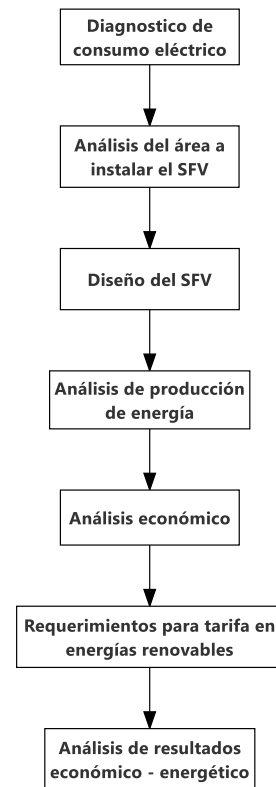


Grafico 1 Diagrama de flujo (procedimiento de cálculo).

En el Grafico 1 se muestra el procedimiento general para el dimensionado de los tres casos de análisis de este trabajo (usuario en tarifa residencial, comercial e industrial).

Se han seleccionado a tres usuarios con diferente facturación eléctrica, con el objetivo de hacer una comparativa en cuanto como afectan las diferencias de tarifa de consumo eléctrico, de tamaño del inmueble y de los requerimientos del cliente.

Desarrollo

A continuación se describen los SFV interconectados a la red de los usuarios seleccionados para el análisis: la industria, el comercio y la residencia; tomando en cuenta las limitantes de las exigencias del usuario y las características físicas que presentan las áreas disponibles para la instalación de los sistemas para verificar como afectan estas limitantes en el panorama de ahorro económico del usuario a través de la micro-generación de energía eléctrica al interconectar el SFV a la red de CFE.

a) Caso 1 (Industria):

El usuario seleccionado se tiene una tarifa contratada H-M, en la Tabla 2 se muestra el histórico anual de consumo de energía.

Mes de facturación	Consumo kW-h
Enero	100,422
Febrero	108,416
Marzo	92,428
Abril	132,748
Mayo	139,076
Junio	132,790
Julio	147,434
Agosto	149,702
Septiembre	119,350
Octubre	128,324
Noviembre	125,720
Diciembre	74,956

Tabla 2 Consumo de energía eléctrica anual (usuario industrial)

Este usuario tiene un consumo promedio mensual de 120,947 kW-h. Con este dato y las restricciones de espacio de instalación se realiza el dimensionado obteniéndose que se pueden instalar 960 MFV de una potencia de 205 W, alcanzando una potencia total pico de 240 kWp.

Mes	Potencia Pico (kWp)	Eficiencia global ⁽⁺⁾ (%)	Recurso solar ^(*) (hp/día)	Generación mensual (kW-h/mes)
Enero	240	71.80	5.58	29,807
Febrero			6.55	31,603
Marzo			7.06	37,713
Abril			6.68	34,532
Mayo			6.29	33,600
Junio			6.32	32,671
Julio			5.96	31,837
Agosto			5.67	30,288
Septiembre			5.49	28,381
Octubre			5.91	31,570
Noviembre			6.22	32,154
Diciembre			5.63	30,075

Tabla 3 Generación proyectada de energía en un año del SFV industrial

Se estima que se tendrá un ahorro en el consumo de energía de la red de 384,231 kW-h anual siendo el 26.47% de reducción de consumo de la red.

b) Caso 2 (Comercio):

El caso de análisis para usuario con tarifa 02 comercial el consumo histórico anual se muestra en la Tabla 4.

Bimestre	Consumo (kW-h)
Dic - Ene	9,320
Feb - Mar	8,275
Abr - May	7,788
Jun- Jul	8,250
Ago - Sep	8,950
Oct - Nov	9,195

Tabla 5 Consumo de energía eléctrica anual (usuario comercial)

El consumo promedio bimestral de este usuario es 8,630 kW-h. Se propone un SFV por 48 MFV de 250 W, generando una potencia total pico instalada de 12 kW.

Bimestre	Potencia Pico (kWp)	Eficiencia global ⁽⁺⁾ (%)	Recurso solar ^(*) (hp/día)	Generación por bimestre (kW-h/mes)
Dic - Ene	12	72.6	4.93	2,663.8
Feb - Mar			6.53	3,357.99
Abr - May			6.78	3,601.88
Jun- Jul			5.91	3,141.04
Ago - Sep			5.52	2,931.83
Oct - Nov			5.18	2,750.88

Tabla 6 Generación proyectada de energía en un año del SFV comercial

Se estima que se tendrá un ahorro de energía del 35.62%, aportando al consumo 18,447 kW-h anual.

c) Caso 3 (Residencial)

En el caso de análisis se selecciona un usuario que se encuentra en tarifa DAC y en el que se pretende reducir el 90% del consumo de la red eléctrica. En la Tabla 7 se muestra el consumo histórico bimestral.

Bimestre	Consumo (kW-h)
Dic - Ene	3,413
Feb - Mar	2,997
Abr - May	2,818
Jun- Jul	2,698
Ago - Sep	3,257
Oct - Nov	3,522

Tabla 7 Consumo de energía eléctrica anual (usuario residencial)

El consumo promedio bimestral es de 3,118 kW-h y por la zona donde se ubica la vivienda se reclasifica como tarifa DAC ya que supera el consumo anual de 300 kW-h. Se propone un SFV de 42 MFV de 250 W logrando una potencia total pico instalada de 10.5 kW

Ahora en la Tabla 8 se presenta la generación de energía fotovoltaica estimada a través de un año.

Bimestre	Potencia Pico (kWp)	Eficiencia global ⁽⁺⁾ (%)	Recurso solar ^(*) (hp/día)	Generación mensual (kW-h/mes)
Dic - Ene	10.5	68.8	4.78	2,079.74
Feb - Mar			5.73	2,372.44
Abr - May			6.55	2,803.88
Jun- Jul			6.5	2,782.48
Ago - Sep			6.24	2,671.18
Oct - Nov			5.6	2,397.21

Tabla 8 Generación proyectada de energía en un año del SFV residencial

La generación esperada de energía por el SFV propuesto es de 82.22 % aportando al consumo 15,106.93 kW-h anual.

Resultados

Los ahorros proyectados son fundamentales para el análisis básico del comportamiento económico. En este caso no se habla sobre el monto de inversión, solo el comportamiento que tiene en cuanto al ahorro económico por producir cierta cantidad de energía eléctrica, cubriendo una parte del consumo habitual dentro del establecimiento en el que se instaló el SFV interconectado a la red eléctrica.

El alto consumo de la industria, hace que el SFV propuesto (donde la propuesta fue delimitada por el espacio necesario para la instalación) se aprecie con menor ahorro estimado tanto de consumo eléctrico de CFE, como de ahorro económico.

Para el caso 2, el establecimiento comercial se dimensiono con la restricción de la empresa para cubrir el 50 % del consumo eléctrico, pero se consideran las pérdidas por las eficiencias de los equipos a instalar logrando una proyección de solo el 30%.

Aunque haya bimestres en los que se tiene una producción excedente en la residencia, de manera anual solo se cubre el 80.85% ya que se tienen bimestres proyectados donde se consume más de lo que se genera.

Conclusiones

Las diferentes limitantes que se encuentran en cada tipo de usuario, hace que se requiera jerarquizar las prioridades para la instalación del SFV; puesto que desde la elección del MFV, el cable para la conexión las áreas donde se instalaran, el acomodo de estos en cuanto a sus ángulos de orientación e inclinación que dependerán de la estética y hasta el costo; ya que se podrán requerir estructuras complejas para lograr ángulos óptimos para la captación de energía solar.

En el establecimiento industrial la limitante fue el espacio y presupuesto para la instalación del SFV, lo que ocasiona que en los ahorros estimados se vean poca participación de este sistema sobre el consumo eléctrico.

Para el establecimiento comercial, el área disponible para la instalación del SFV era idónea lo que permite instalar con ángulos óptimos lográndose una mayor eficiencia del sistema. En cuanto a su comportamiento económico está ligado a su aporte de energía eléctrica con respecto al consumo del establecimiento.

En el caso del establecimiento residencial, la eficiencia del SFV se proyectó a satisfacer el 90% del consumo eléctrico logrando una proyección cercana a este porcentaje. En el comportamiento económico, se puede decir que el cliente se encuentra en tarifa DAC, que ayuda altamente a que tenga mayor participación en el ahorro ya que el costo de producción del kW-h resulta igual al vendido por CFE en esta tarifa.

Referencias

A.T. Kearney. (2010). Unlocking the SunBelt Potential of Photovoltaics. European Photovoltaic Industry Association. Brussels - Belgium: EPIA

Barquet Abad, José Luis. (2009). La visión de la Asociación Mexicana de Proveedores de Energías Renovables.

Gore, Albert Arnold Jr. (2011) An Inconvenient Truth. [conferencia]. Zapopan, México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Marzo de 2011.

Romero Paredes Rubio, Arturo. (2015) Las tendencias del mercado fotovoltaico en el mundo y los probables escenarios para México. XXXIX Semana Nacional de Energía Solar. Campeche.

Percino Picazo Juan Carlos, Martínez Fernández Manuel, Sánchez Juárez Aarón. (2015) Análisis económico de sistemas fotovoltaicos en el sector residencial eléctrico mexicano. XXXIX Semana Nacional de Energía Solar. Campeche.

IEA, International Energy Agency. Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2013. Report IEA-PVPS T1-25:2014.

Briano, José Ignacio; Báez, María Jesús; Larriba Martínez, Tomás. (2015). PV Grid Parity Monitor. Creara

NASA Surface meteorology and Solar Energy
– Location. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?> (Última fecha de consulta: 11 de octubre de 2016)

CFE Conoce tu tarifa. http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_cas_a.asp. (Última fecha de consulta: 11 de octubre de 2016)