

Análisis de viabilidad para la instalación de un sistema fotovoltaico en viviendas

Francisco Álvarez Partida, Luis Carlos Shaar Velázquez y Rodrigo Flores Elizondo

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente Periférico Sur Manuel Gómez Morín 8585
Tlaquepaque, Jalisco México 45604

Resumen

Como parte de la instrumentación de los acuerdos de París, el Gobierno Mexicano impulsa cambios en las políticas de interconexión domésticas de Comisión Federal de Electricidad (CFE). Por su parte, la disminución en los precios de los sistemas fotovoltaicos (SFV) aumenta la viabilidad de una inversión en esta tecnología. En los siguientes meses y años el país vivirá la transición energética de forma acelerada, y también de forma desordenada. Por un lado, aparecerán cada vez más instaladores improvisados, y por el otro, los usuarios aumentarán sus consumos y probablemente también sus emisiones de gases de efecto invernadero. En esta investigación se propone un método para analizar la viabilidad de instalar paneles fotovoltaicos en vivienda de forma que se mantenga un consumo eléctrico sustentable. Se ilustra la propuesta con una vivienda dentro del Área Metropolitana de Guadalajara, se discuten los resultados obtenidos y se concluye sobre las variables a considerar.

Palabras claves: Sistemas fotovoltaicos, Uso sustentable de la energía eléctrica, Consumo y producción sustentable de energía eléctrica, Análisis de viabilidad.

1. CONTEXTO NACIONAL

La proporción de energía eléctrica consumida por hogares en México se ha incrementado las últimas décadas. Pasó de 15% en 1996 a 23% en 2006 y 26.4% en 2015 (Sener, 2016). Este incremento se atribuye al incremento en los consumos de los aparatos eléctricos en el hogar. Las televisiones, por ejemplo, pasaron de ser 1.12 a 1.51, los refrigeradores de 0.67 a 0.82, las máquinas lavadoras de ropa de 0.45 a 0.66 y los aires acondicionados de 0.09 a 0.16 en el mismo periodo de tiempo, con el consiguiente aumento en el porcentaje del gasto familiar y de aumento de gases de efecto invernadero para producir la energía. (Rosas y col., 2010).

Por su parte, las tarifas eléctricas se han venido incrementando. De junio de 2006 a junio de 2017 se tuvo un incremento de 30% en la tarifa doméstica de alto consumo (DAC), (Ver figura 1). Las otras tarifas domésticas, aparentemente estables, también aumentan con el tiempo (SENER, 2015).

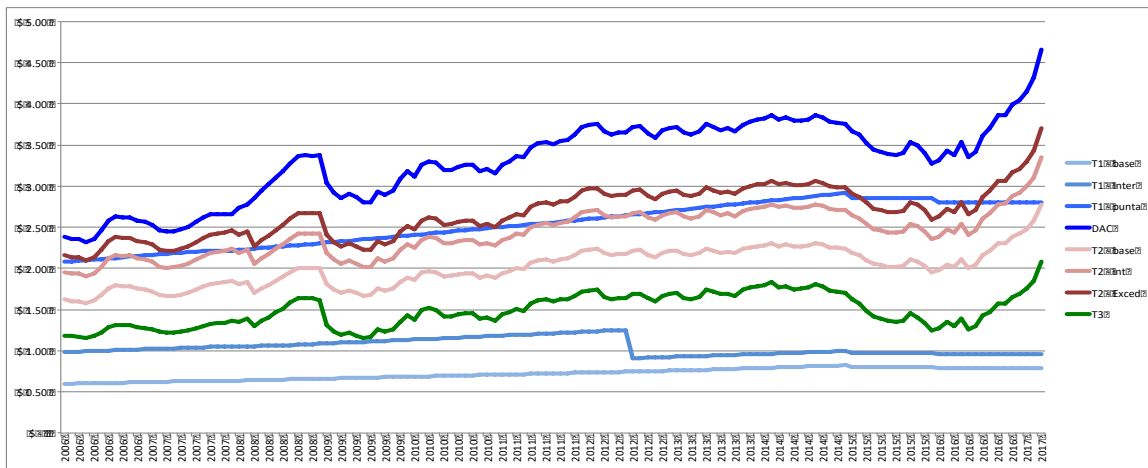


Fig. 1 Aumento en el precio del kWh en México en sus diferentes tarifas a partir de 2006

Para alinear los objetivos que México comprometió en la COP 21 en Francia (Gobierno de México, 2015), la reforma energética para el sector eléctrico establece como objetivo para el año 2024 que el 35% de la generación eléctrica en México provenga de energías limpias. Para lograr este objetivo y fomentar la generación de energía eléctrica desde cualquier tipo de usuario (incluyendo las casas habitación) se modificaron y se aumentaron los esquemas de interconexión con el uso de sistemas fotovoltaicos (DOF, 2017), en el caso de las casas habitación (pequeña escala), se tienen previstos 3 tipos de interconexión:

- 1) Interconexión con regreso de excedentes a la red de CFE, bonificando (KWh) en el recibo de servicio eléctrico.
- 2) Interconexión con regreso de excedentes a la red de CFE, bonificando en pesos (M.N) en el recibo de servicio eléctrico.
- 3) Interconexión a la red de CFE, suministrando el 100% de la energía generada, pagada en pesos (M.N) por CFE.

Este escenario provocará el auge de sistemas de generación limpia para cualquier tipo de usuario, incluida la generación por medio de sistemas fotovoltaicos.

México cuenta con uno de los mejores índices de insolación del mundo, en particular El Área Metropolitana de Guadalajara tiene un promedio de 5.8 kWh/m²/día) (NASA, 2017). Esto hace atractiva la opción de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.

Desde el marco del medio ambiente, es importante generar energía por medio de alternativas limpias, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. (Shaar-Velázquez, 2016).

Financieramente los sistemas fotovoltaicos son cada vez más rentables. Por un lado, el precio de cada watt instalado en sistemas fotovoltaicos en 2009 era de \$7.06 USD, mientras que en 2016 fue del orden de \$2.93 USD, incluyendo costos del inversor, componentes estructurales y eléctrico, instalación e impuestos (Fu y col., 2016)

2. USO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA

El uso sustentable de la energía se puede analizar dentro del modelo de la “Dona sustentable” de la Oxfam (Raworth, 2012) en donde la energía es uno de los 11 fundamentos sociales que debemos satisfacer dentro de los límites planetarios. Es decir que sea segura, saludable, de fácil uso, reparación y mantenimiento, eficiente, asequible para todos y dentro de los límites su producción sea limpia, no contribuya al cambio climático, ni a la pérdida de biodiversidad o a la contaminación química.

3. ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA PARA LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Antes de instalar un sistema fotovoltaico tomar en cuenta los siguientes aspectos. Ello ayudará al usuario a conservarse dentro de un consumo sustentable:

a) Análisis de consumo.

Este es la parte suele ser obviada y sustituida por el simple dato del consumo. El usuario da al instalador la información de cuánta energía consumió en el último periodo según su recibo. Con eso, el instalador le puede cotizar un sistema fotovoltaico. Sin embargo, ello no garantiza ni un consumo sustentable de la energía, ni tampoco que el usuario vaya a ahorrarse el pago a la CFE. La experiencia de los autores de este texto es que, sin un correcto análisis, el usuario aumenta su consumo y el sistema instalado llega a ser insuficiente en pocos meses.

Antes de instalar un sistema fotovoltaico, hay que analizar el sistema eléctrico instalado a fin de lograr un consumo eficiente de la energía. Un consumo tal significa que no hay desperdicios de energía, que los equipos eléctricos operan en sus condiciones de diseño y que tienen un mantenimiento periódico adecuado; que los parámetros de operación de la red eléctrica son los correctos (diferencia de potencial y capacidad de conducción de corriente eléctrica en los cables de los circuitos dentro de norma) y que no se tengan problemas de fallas de energía o cortos circuitos (cables quemado o chispazos).

Este primer nivel implica varias estrategias que trascienden este espacio, pero pueden resumirse en los siguientes: estar monitoreando los consumos constantemente y tratar de reducirlos principalmente por cambio de hábitos, así como por medio de mejoras a la vivienda. Un resultado posible y deseable de esta etapa es que pudieran ser innecesarios los paneles fotovoltaicos para lograr un consumo sustentable de la energía eléctrica en la residencia que se analiza (Shaar y Flores, 2017),

b) Lugar de instalación.

Una vez que se establece la necesidad de instalar paneles fotovoltaicos, la primera limitante a considerar es el espacio y el peso de la instalación que permita el aprovechamiento ideal del recurso solar. Se debe contar con una superficie libre para que soporte la colocación del sistema fotovoltaico. Un panel de 260 watts, que genera en promedio 1.2 KWh día, requiere una superficie de 2.5 metros cuadrados para su instalación y pesa alrededor de 20 Kg.

Los paneles deben instalarse con un ángulo de inclinación y una orientación calculados. Enríquez (2014) indica que debe ser igual a los grados de la latitud más 10°, por lo tanto, en Guadalajara la inclinación debe ser igual a 30.66° y debe buscarse una orientación sur libre de sombras durante todo el año para obtener la máxima cantidad de insolación solar.

c) Selección de proveedor.

El principal parámetro para saber si un panel es de calidad, viene dado por la clasificación "TIER". Esta tiene 3 niveles y se sugiere seleccionar sistemas producidos con grado TIER1. Este tipo de compañías fabrican desde la celda hasta el panel solar. Esto les permite tener un control firme de la calidad del producto final. Cuentan con una producción altamente automatizada, lo que lleva a garantizar que el producto final tenga una calidad uniforme. Cuentan con certificaciones ISO.

Aunque CFE tiene un primer filtro para cuidar que los sistemas instalados cuenten con un mínimo de requisitos, los proveedores de la instalación deben poder ofrecer al usuario cliente garantías por escrito de cada uno de los componentes del SFV y detallando la cobertura de la garantía. Los productos deben contar con certificaciones nacionales e internacionales como: UL, ISO, sello FIDE, NOM, OHSAS 18001 (sustentabilidad laboral).

d) Dimensionamiento del sistema.

Una vez seleccionado el proveedor, éste se encarga de proponer el sistema más adecuado. La propuesta técnica que deberá contener: Capacidad y tamaño del sistema, cantidad de energía generada al año (KWh), proyección del ahorro en el pago del servicio de electricidad con base en el consumo histórico, análisis del comportamiento del consumo y la generación del sistema de manera mensual, y de la reducción en la emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

e) Evaluación financiera del sistema.

El proveedor también deberá entregar por escrito el análisis de la rentabilidad del sistema que va a generar energía propia. La información necesaria es: el precio del sistema, la tasa interna de retorno (TIR), el tiempo de recuperación de la inversión, y el ahorro durante la vida útil del sistema.

4. EJEMPLO DE ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Se propone un sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE en una vivienda unifamiliar en Tlajomulco de Zúñiga en Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco.

Se trata de una vivienda unifamiliar tiene 150 m² de construcción, con 3 recamaras, 3 baños, sala, cocina, comedor y un cuarto de servicio. En el exterior tiene áreas de cochera, terrazas, jardín y medio baño. Está habitada por 4 personas, los dos papás de más de 45 años y dos hijos adolescentes, generalmente hay de 1 a 3 invitados durante el día, entre semana la familia se levanta a las 6 am, para asearse, preparar el desayuno y salir al colegio o al trabajo; durante la mañana se hace el aseo, se lava y se seca ropa, normalmente el planchado se hace externamente. A medio día se prepara la comida. Durante el día se tiene la radio o la televisión prendida, mientras que por la tarde aumenta a 2 o 3 el número televisiones encendidas y 1 computadora o consolas de juegos electrónicos. Por la tarde-noche es el baño, se prepara la cena se después se continúa con equipos antes mencionados encendidos que se apagan entre las 22 y las 22:30 hrs. Los equipos electrónicos como celulares y relojes se cargan durante la noche. Los fines de semana el inicio de actividades es alrededor de las 10 am.

Los usos de la energía eléctrica en la vivienda son: conservación y preparación de alimentos, riego de jardín y plantas, lavado y secado de ropa y loza, acondicionamiento de la temperatura o movimiento del aire, funcionamiento de aparatos electrónicos como televisores y computadoras e iluminación artificial. Se hizo un listado de todos los aparatos, con sus características, así como de la cantidad y tipo de focos y luminarias existentes.

Se tiene una instalación en baja tensión con 3 hilos o fases. Se analizaron los consumos históricos de la vivienda y se monitoreó con un sistema remoto, durante un periodo de 10 días del 24 de octubre al 2 de noviembre del 2015, incluyendo un día para realizar pruebas y revisar los equipos de mayor demanda de energía. Se hicieron pruebas de consumo de energía de los equipos durante el todo el periodo de monitoreo y en particular durante el día de pruebas de los equipos. Se revisaron también los principales eventos detectados durante todo el periodo de monitoreo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que los valores de voltaje están por debajo de los valores nominales. (Ver figura 2), la diferencia de potencial presenta su menor valor en 111 volts promedio por fase, mientras que el valor más alto presentado fue de 128 volts en una sola de las fases. Hay que solicitar a CFE que revise y ajuste el transformador y considerar lo anterior para elegir el tipo de inversor de corriente a utilizar, si es de onda pura o modificada. Con lo cual se alargará la vida útil de los equipos.

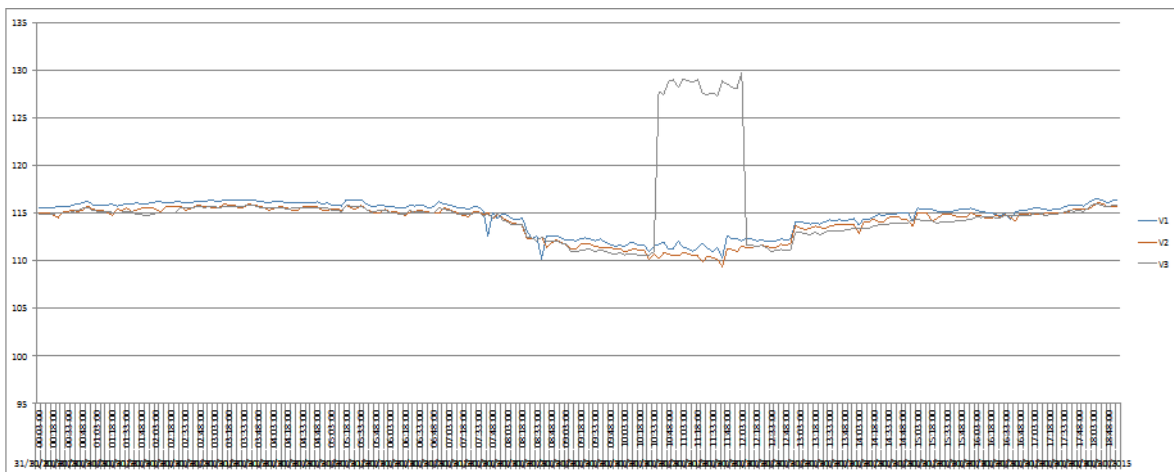


Figura 2 Valores nominales de diferencia de potencial en las 3 fases. Fuente Elaboración propia.

Se requiere corregir posibles fugas de energía en las 3 fases o determinar qué equipos demandan corriente las 24 hrs. del día, ya que el consumo en ninguna de las 3 fases llega a ser 0 con todos los equipos y la iluminación apagados. (Ver figura 3). Se detectaron varias fugas de energía, por ejemplo, en apagadores tipo escalera que estaban conectados a dos fases.

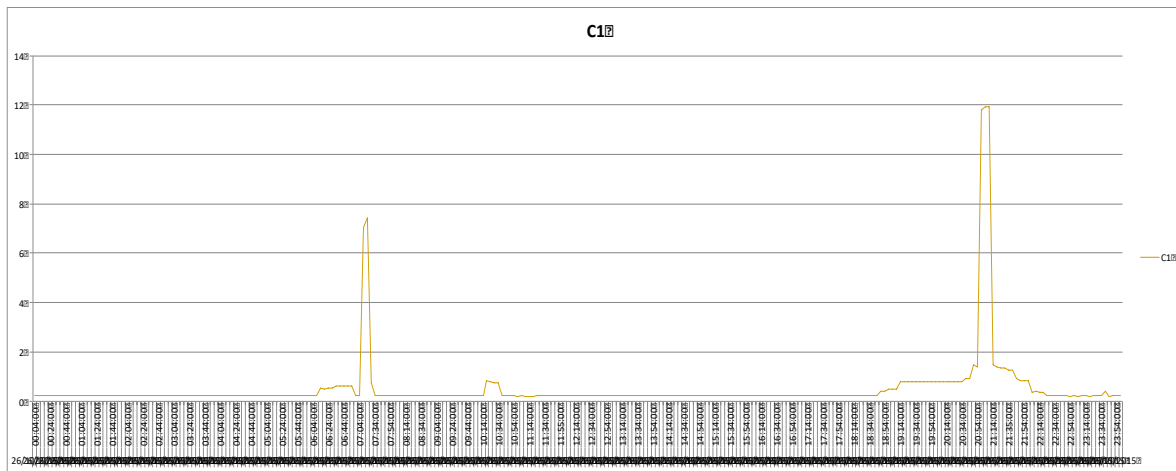


Figura 3 Pruebas de consumo de energía eléctrica con los equipos y la iluminación apagados en la fase 1. Fuente: elaboración propia.

Se revisaron e identificaron los equipos de mayor demanda (Ver figura 4), y con la inspección física se detectó el nivel de mantenimiento. La bomba de agua de ¾ HP fue el equipo que mostró mayor consumo, más incluso que el equipo hidroneumático. Sin embargo, este último presentó un funcionamiento intermitente muy continuo, lo que indicó la necesidad de ajustarlo. Se determinó que no tenía la presión de aire suficiente para almacenar una cantidad de agua que evitara que se prendiera tan a menudo. El equipo de riego estaba desajustado y funcionaba varias veces durante la noche en el periodo de estiaje., El sistema de control se sustituyó por uno nuevo. Los sistemas de aire acondicionado no operaron, pero el sistema de monitoreo señaló un pico de demanda al intentar ponerlos en funcionamiento. Se les dio mantenimiento, pero solamente se pudo arreglar 1 de los 2 existentes. Se procedió a adquirir 2 nuevos equipos y se mejoró el aislamiento de los muros y se proyecta un techo verde ligero y cambio de la ventanería para tener más hermeticidad.

El refrigerador tenía el compresor cubierto de polvo y requiere limpieza; además se sustituyó un pequeño ventilador de techo por otro más grande; en cuanto a la iluminación se observó que había muy pocos focos incandescentes, la mayoría eran focos fluorescentes ahorradores y led, se sustituyeron todos los incandescentes y la mayoría de los fluorescentes por focos led de entre 9 y 11 watts, pero se observa que debido a la calidad de la energía con la que se cuenta se descomponen frecuentemente, también se mejoró la iluminación de los jardines interiores y exteriores con reflectores led de 30 y 60 watts.

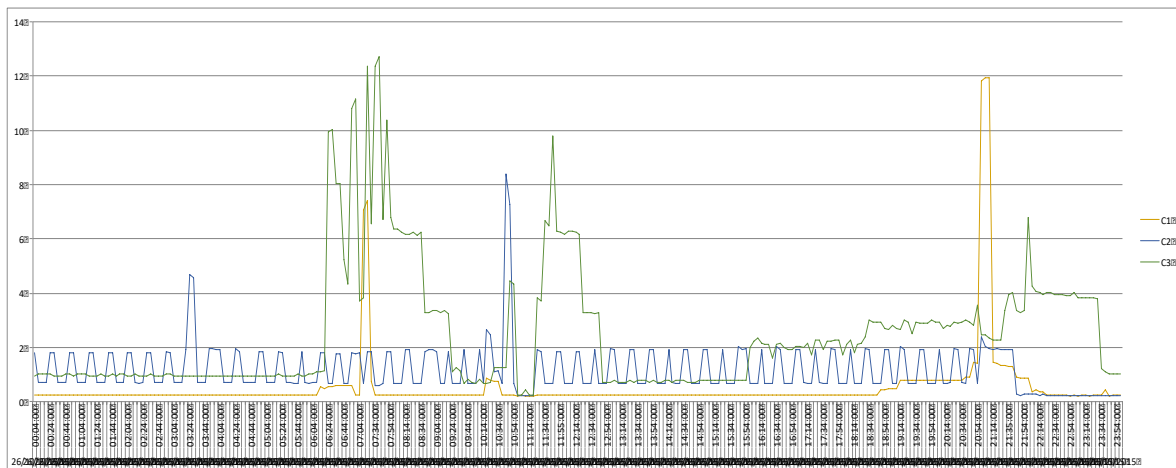


Figura 4.- Pruebas de carga en las fases. Fuente: Elaboración propia.

Además, se detectaron horarios y periodos del año de mayor consumo de la energía. Se trata de los meses de estiaje por el riego de las áreas verdes, y se incrementa en años calurosos. Se verificó que la casa contara con el suficiente espacio para la colocación de las CFV, sin obstrucción solar por árboles o construcciones vecinas.

Dimensionamiento y evaluación financiera del sistema

El sistema se diseñó para generar la energía que deje sin cubrir como máximo el 10% del consumo promedio histórico estimado. Con el consumo de finales de 2015 se requerían 9 paneles fotovoltaicos de 260 watts, pero con el mantenimiento realizado y las ampliaciones, actualmente se requieren 20 paneles, con 1 inversor centralizado con un costo de \$9,251.00 USD más IVA, para el cual se calculó un retorno de la inversión de 3 años, con una tasa interna de retorno de la inversión (TIR) de 30.67% y un ahorro obtenido, considerando una vida útil del sistema de 20 años de \$81,250 USD. Este sistema permite que se dejen de emitir a la atmósfera: 3.65 ton (CO_{2e}) al año.

6. CONCLUSIONES

En este artículo se muestra la importancia de centrarse en el usuario y sus hábitos de consumo más que en las ecotecnologías. Si bien estas pueden lograr ahorros y ser más eficientes que sus equivalentes tradicionales, si el usuario no modera su consumo y adquiere un estilo de vida sustentable el efecto de ahorro se revierte. El usuario debe percatarse que su SFV está calculado para cierto consumo, pero si éste se sobrepasa, se volverá a la tarifa DAC. Los autores han observado casos de viviendas en donde el consumo sigue elevando constantemente después de la instalación del SFV.

El usuario debe restringir su consumo de manera voluntaria. Un consumo sustentable de la energía significa satisfacer sus necesidades de habitabilidad dentro de los límites planetarios. Para lograrlo, se le proponen varias estrategias: monitoreo continuo de sus consumos tratando de reducirlos, distinguiendo entre sus aparatos cuales son los de mayor consumo y evitar usarlos o sustituirlos; fijarse en las etiquetas energéticas de los aparatos que ya tiene o que va a adquirir, detectar consumos fantasmas y evitarlos, dar mantenimiento periódico a los equipos y hacer modificaciones en la vivienda que le ayuden a reducir sus consumos. Estrategias auxiliares también son aislamientos adecuados en áreas como techos o muros exteriores; más sombreado y mayor hermeticidad, para que los aires acondicionados funcionen mejor.

REFERENCIAS

- DOF. (2017, marzo 7). Resolución de la Comisión Reguladora de Energía por la que expide las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida. Diario Oficial de la Federación Mexicana. Recuperado a partir de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017
- Enriquez, G. (2014). *Instalaciones y sistemas fotovoltaicos* (1ra.). México: Limusa.
- Fu, R., Chung, D., Lowder, T., Feldman, D., Ardani, K., & Margolis, R. (2016). US Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2016. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Recuperado a partir de <http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66532.pdf>
- Gobierno de México. (2015). Participación de México en la COP21. Explicación general e implicaciones nacionales del Acuerdo de París. Presidencia de la República. Recuperado a partir de <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/43307/presentacionacuerdodeparis.pdf>
- NASA, A. S. D. C. (2017). NASA Surface meteorology and Solar Energy - Location. Recuperado el 13 de agosto de 2014, a partir de <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>
- Raworth, K. (2012). *A safe and just space for humanity. Can we live within the doughnut?*
- Rosas, J. A., Sheinbaum, C., & Morillón-Gálvez, D. (2010). The structure of household energy consumption and related CO₂ emissions by income group in México, 14(2), 127–133.

- SENER (2015). Prospectiva del Sector Eléctrico 2015 – 2029. Secretaría de Energía. México: Gobierno de la República.
- SENER (2016). Balance del Sector Eléctrico 2015. Secretaría de Energía. México: Gobierno de la República.
- Shaar-Velázquez, L. C. (2016). *Prácticas de consumo más sustentables de la energía eléctrica*. (Trabajo de Obtención de Grado de la Maestría en Proyecto y Edificación Sustentable.). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Tlaquepaque, Jalisco, México. Recuperado a partir de <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/3079/Shaar-Velazquez%20TOG.pdf?sequence=2>
- Shaar-Velázquez, L.C. y Flores-Elizondo, R. (2017). 'Uso eficiente de energía eléctrica en vivienda y otros sistemas de baja tensión'. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Tlaquepaque, Jalisco, México. En prensa.

* Correo autor: falvarez@iteso.mx