

Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red en el municipio de Escárcega, Campeche.

Photovoltaic Systems Interconnected to the Grid in the Municipality of Escárcega, Campeche.

Eliezer del Jesús Casado Ramírez ¹

Blanca del Rosario Martin Canche ²

José Luis Guillen Taje ³



DOI: <https://doi.org/10.26495/w6p25z61>

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo identificar las características técnicas e identificar los posible mantenimientos preventivos o correctivos de los sistemas interconectados a la red de la zona urbana del municipio de Escárcega, Campeche, México. La metodología empleada para identificar las características de las técnicas y posible mantenimientos preventivos o correctivos de los sistemas interconectados a la red, se basó en tres etapas; 1.) búsqueda de los sistemas interconectados a la red por medio de un recorrieron por todas las calles y una búsqueda área empleando google maps; 2.) visitas domiciliadas a los sistemas identificados para solicitar permiso para inspeccionarlos y agendar cuando se realizaría; 3.) inspección a los sistemas interconectados a red. Los resultados mostraron que no hay una tendencia en el empleo de algunas marcas de los componentes de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red y solo algunos tienen la necesidad de realizar mantenimiento preventivo por sombreado de los paneles, estructuras oxidadas y cables expuestos a condiciones climatológicas como el calor y las lluvias.

Palabras clave:

Sistemas fotovoltaicos, mantenimiento preventivo, características técnicas, paneles fotovoltaicos, inversores fotovoltaicos.

Abstract

The objective of this work was to identify the technical characteristics and identify possible preventive or corrective maintenance of the systems interconnected to the grid in the urban area of the municipality of Escárcega, Campeche, Mexico. The methodology used to identify the characteristics of the techniques and possible preventive or corrective maintenance of the systems interconnected to the grid was based on three stages; 1.) search for the systems interconnected to the grid by means of a tour of all the streets and an aerial search using Google Maps; 2.) home visits to the identified systems to request permission to inspect them and schedule when it would be done; 3.) inspection of the systems interconnected to the grid. The results showed that

¹ Tecnológico Nacional de México/ITS de Escárcega, Campeche, México, ecasados@itsescarcega.edu.mx.

² Tecnológico Nacional de México/ITS de Escárcega, Campeche, México, blanca_martin@itsescarcega.edu.mx.

³ Tecnológico Nacional de México/ITS de Escárcega, Campeche, México, taje@itsescarcega.edu.mx.

there is no trend in the use of some brands of components of photovoltaic systems interconnected to the grid and only some have the need to perform preventive maintenance due to shading of the panels, rusty structures and cables exposed to weather conditions such as heat and rain.

Keywords: *photovoltaic systems, preventive maintenance, technical characteristics, photovoltaic panels, photovoltaic inverters.*

1. INTRODUCCIÓN

El uso de las fuentes de energías ha permitido el progreso de la civilización, principalmente el de la energía eléctrica imprescindible en las actividades humanas, por su comodidad, limpieza y automatización de procesos industriales, la cual mayormente se genera de la quema de combustibles de origen fósil, tales como el carbón, el petróleo o gas provocando el aumento del calentamiento global que provoca daños en el medio ambiente (Badii et al., 2016; Correa et al., 2016).

Las fuentes de energías renovables son aquellas que nos ofrece la naturaleza; aire, luz emitida por el sol y acuíferos mitigando la contaminación ambiental, ya que se generan de forma continua y son inagotables, mismas que se pueden dividir en dos categorías: no contaminantes y contaminantes, de las no contaminantes están el sol y el aire, mientras las contaminantes se encuentran los biocombustibles (Meléndez et al., 2017; Méndez et al., 2022; Merino, 2007). El empleo de las energías renovables tiene ventajas, tales como contribuye a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero y otros contaminantes, creación de empleos y realiza aportes a la innovación y desarrollo tecnológico (Posso et al., 2014).

Las energías renovables comprenden un gran tipo y forma, de las cuales se pueden mencionar la fotovoltaica, térmica, eólica, hidráulica, biomasa y oceánica, mismas que tienen ventajas siguientes: son energías limpias, están en la naturaleza, algunas de ellas son abundantes, se pueden obtener en lugares remotos donde se necesita energía (Posso et al., 2014; Roldan, 2013).

De la energía solar obtenemos calor y luz que permiten aprovecharlos para el calentamiento de agua con colectores solares y generación de electricidad mediante paneles fotovoltaicos. La energía solar fotovoltaica fue creada originalmente para el suministro eléctrico, de pequeños consumos, que no contaban con red de distribución, sin embargo, estos han evolucionado para instalaciones aisladas de gran tamaño, así como, para las instalaciones de conexiones a la red (Pallero, 2001).

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que ha tenido una gran demanda en los últimos años a nivel mundial, primordialmente por la finalidad de abastecer de energía eléctrica a hogares y negocios, a su vez el empleo de esta energía reduce los efectos del cambio climático y calentamiento global por efecto invernadero, de igual manera no emite ruidos, emisiones de gases contaminantes y puede conectarse directamente a la red eléctrica (Alata et al., 2023; Rodríguez et al., 2015). La energía solar fotovoltaica se emplea en dos tipos de sistemas los cuales son: sistemas fotovoltaicos autónomos y sistemas fotovoltaicos interconectados a la red.

Los sistemas autónomos o aislados se emplean en sitios alejados de la red principal o zonas de difícil acceso, la electricidad que genera se utiliza en viviendas, alumbrado, labores agrícolas y ganaderas, bombeo de agua, entre otras (Vega y Ramírez, 2014). Este tipo de sistemas están conformado por cuatro elementos principales, los cuales son: los Paneles solares fotovoltaicos, el controlador de carga, las Baterías y el Inversor de corriente (Flores, 2019; Villareal y Cuji, 2024).

Los sistemas interconectados a la red son sistemas fotovoltaicos que su propósito es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para inyectarla a la red de distribución eléctrica local de la región

donde están situados, suelen ser instalados en zonas soleadas sobre edificios, viviendas, oficinas, empresas, etc. (Labouret y Viloz, 2008; Perpiñán, 2020).

Los sistemas interconectados a la red están compuestos principalmente por tres componentes, los paneles solares que transforma la energía solar en electricidad de corriente directa; inversor que convierte la electricidad directa producidas por los paneles a corriente alterna; y medidor bidireccional registra la cantidad de energía utilizada por consumidor, este distingue entre el suministro de electricidad del sistema eléctrico y la del sistema fotovoltaico (Gualato y Mendoza, 2024; Hernández, 2013).

De Argul et al. (2004) se puede decir que los sistemas interconectados a la red tienen ventajas sobre uno autónomo como:

- Ausencia de baterías, ya que no se almacenan la energía generada por esta, sino que se suministra directamente a la red de suministro eléctrico local, propiciando el ahorro del 40% en las inversiones necesarias, mantenimiento reducido y mayor vida útil del sistema.
- Aprovechamiento total de la energía fotovoltaica producida por los paneles.
- Disponibilidad de energía eléctrica en largos periodos de muy baja radiación solar.

Según Sánchez (2011) sin importar si el sistema fotovoltaico es autónomo o interconectado a la red la estructura de los paneles puede ser colocados en los sitios siguientes:

- En el suelo que es la forma más habitual de montar los planes, por su resistencia cuando aumenta el número de paneles, sin embargo, a mayor número de paneles pueden sufrir daño por fuerzas elevadora del viento. Para que la estructura soporte la fuerza elevadora del viento la estructura sus soportes son colocados sobre cubos de concreto.
- En mástiles de equipos de comunicación principalmente, aprovechando este para la colocación del módulo. La dimensión de los paneles debe ser un poco más de 1m^2 , ya que una superficie mayor obligaría a sobredimensionar o reforzar el mástil.
- En la pared en la se acopla una estructura reduciendo así la acción del viento, para el soporte de la estructura que requiere uno puntos de anclaje mediante tacos de expansión.
- En los tejados siendo el lugar más utilizado para la instalación de la estructura de los paneles solares, por el aprovechamiento del espacio y al estar elevados presentan menos problemas con las sombras.

Los componentes de un sistema fotovoltaico conectados a la red deben protegerse mediante interruptores que restrinjan el flujo de la corriente. Estos interruptores deben ser instalados como medida de protección contra sobrecargas o fallas de corriente de cortocircuito (JLC, 2005).

Por otro lado, todo sistema interconectado a red debe estar sujeta a mantenimiento con el propósito de mantener su rendimiento y funcionamiento, minimizando así las posibles fallas de los componentes del sistema. El plan de mantenimiento que debe emplearse a cada sistema fotovoltaico es único para cada sistema, ya que este depende de las condiciones ambientales del sitio, los equipos empleados y el lugar de instalación (Almarza et al., 2018).

Existen dos tipos de mantenimiento que son: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. Con el mantenimiento preventivo se busca impedir o disminuir las consecuencias de las fallas de los equipos y del sistema, teniendo como consecuencia el aumento de la vida útil de la instalación fotovoltaica y disminución de costos por reemplazo de componentes del sistema (Gómez, 2021). El mantenimiento correctivo se realiza después de haber sucedido un fallo o incidente, con la

finalidad de restablecer la operatividad del sistema, es decir corresponde a toda acción de reparación o sustitución de partes del sistema para su buen funcionamiento (Airasca, 2021).

El objetivo de esta investigación es conocer las características técnicas de los sistemas interconectados a la red de la zona urbana del municipio de Escárcega, Campeche, México, así como identificar si algunos de estos necesitan mantenimiento preventivos o correctivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se fue del tipo de campo ya que nos permite obtener información cualitativa a través de la observación directa de los sistemas interconectados a la red del municipio de Escárcega, Campeche, México. Este municipio donde se llevó a cabo el estudio ubicada entre los paralelos 18°10' y 19°00' de latitud norte; los meridianos 90°02' y 91°02' de longitud oeste; altitud entre 100 y 200 m. De igual manera, se registran temperaturas entre 26-28°C, con una precipitación anual de 1100-1500 mm, con un clima Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (99.97%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (0.03%).

Para la identificación de las características técnicas de los sistemas interconectados e identificar el posible mantenimiento preventivos o correctivo, a los puedan estar sujetos se empleó la metodología siguiente:

Etapas 1. Identificación de los sistemas interconectados a la red

En esta etapa se identificarán todos los posibles sistemas interconectados a red ubicados de la zona urbana del municipio de Escárcega, Campeche. La identificación de los sistemas interconectados se realizará mediante dos métodos: 1) realizando un recorrido por todas las calles de la zona urbana del municipio de Escárcega; 2) realizando una búsqueda vía área empleando Google Maps. Una vez realizada las búsquedas de los sistemas por los dos métodos mencionados anteriormente se interpolarán la información obtenida.

Etapas 2. Solicitud de permisos para realizar inspección de los sistemas

En esta etapa se visitarán los sistemas interconectados identificados, para corroborar si son sistemas interconectados en funcionamiento, así como solicitar permiso para poder realizar una inspección a los mismo y a su vez agendar el momento pertinente de dicha inspección.

Antes de realizar las inspecciones los sistemas interconectados a la red, se evaluó si se podían acceder a él sin correr algún tipo de lesión física.

Etapas 3. Inspección de los sistemas interconectados a la red.

En esta etapa se procederá realizar la visita de inspección de los sistemas interconectados con el propósito de identificar sus características técnicas, así como identificar si requieren algún tipo de mantenimiento preventivos o correctivos.

Para llevar un registro sobre las características técnicas de los sistemas interconectados a la red, se elaboró un cuestionario con las doce preguntas las siguientes:

¿En rubro se encuentra se encuentra instalado el sistema interconectado la red?

¿Cuál es la marca de los paneles solares que conforman el sistema interconectado la red?

¿Cuál es la capacidad de los paneles solares que conforman el sistema interconectado la red?

¿A cuántos grados de inclinación se encuentran los paneles solares conforman el sistema interconectado la red?

¿En qué lugar se ubican los paneles solares que conforman el sistema interconectado la red?

¿Cuáles es la marca del inversor solar del sistema interconectado la red?

¿Cuál es la capacidad del inversor del sistema interconectado la red?

- ¿Qué tipo de estructura emplea el sistema interconectado la red para los paneles solares?
- ¿Qué tipo de cable emplea el sistema interconectado la red para la conexión de los paneles solares?
- ¿Qué tipo de tubo emplea el sistema interconectado la red para la protección de los cables de las conexiones de los paneles solares?
- ¿Cuáles es la marca de los interruptores eléctricos de protección del sistema interconectado la red?
- ¿Qué tipo de problema presenta el sistema interconectado a la red?

Una vez inspeccionado todos los sistemas interconectados a la red a los cuales se obtuvo acceso, se realizará un análisis cuantitativo descriptivos con la información obtenida de los cuestionarios.

3. RESULTADOS

De los dos métodos de búsqueda realizados en la zona urbana del municipio de Escárcega, Campeche, México solo se identificaron un total de 30 sistemas fotovoltaicos interconectados, pero solo se obtuvo acceso a 20 de ellos. Las razones por la que no se obtuvo acceso a los 10 sistemas restantes fueron las siguientes: los dueños no permitieron su inspección, el lugar donde estaban ubicados están pegados los cables de alta tensión de la red eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad los cuales podrían causar algún daño físico por descarga eléctrica al inspeccionarlos, por último, los dueños no tenían información o documentos sobre los sistemas.

En la Figura 1 se muestra el número de sistemas interconectados a red por rubro encontrados, del cual se puede ver el rubro que más tienen son las residencias (23%) seguidos por los restaurantes y tiendas de abarrotes (17%). Sin embargo, eso no quiere decir que sean los que mayor consumo eléctrico tengan.

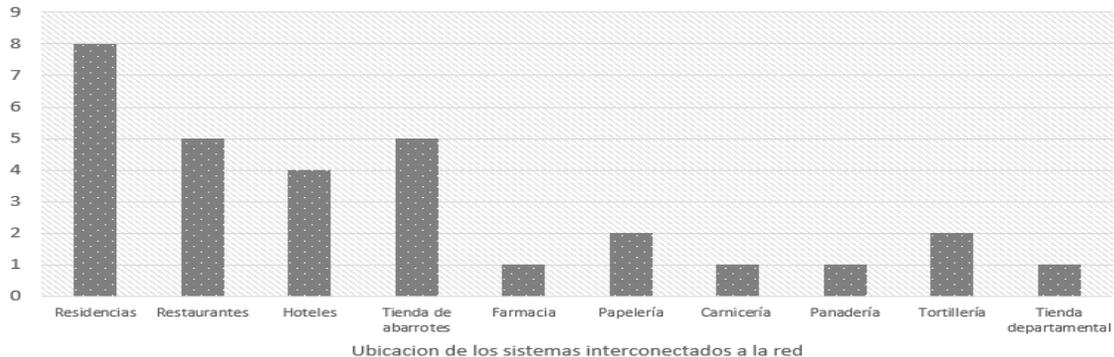


Figura 1. Sistemas interconectados a la red por rubro instalados en Escárcega, Campeche.
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 2 se muestra los rubros de los 20 sistemas interconectados a red a los cuales se obtuvo acceso, en comercio diverso se encuentra inmerso 2 tiendas de abarrotes, 2 tortillerías, una papelería y una panadería.

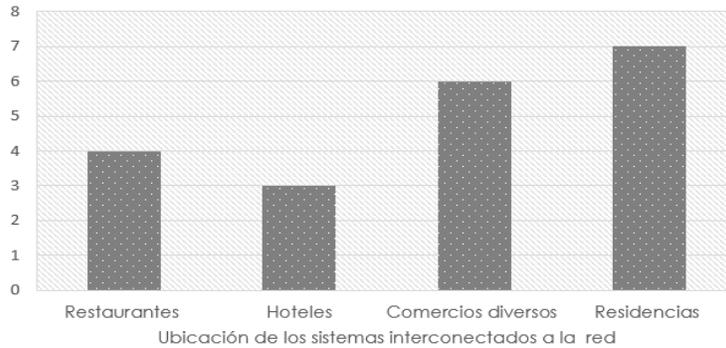


Figura 2. Sistemas interconectados a la red por rubro.
Fuente: elaboración propia.

De estos sistemas interconectados a red a los que se obtuvo acceso se puede notar que la marca de panel solar que predominaron fueron Canadian Solar (25%) y Connera (20%), sin embargo, otras como Solarever, Renesola, Csun, Ja Solar, Sices también fueron empleados en menor cantidad (ver Figura 3). Sin discutir que marca es mejor que otra, una de las razones porque las marcas Canadian y Connera son las más empleados en estos sistemas interconectados se puede deber a que son las marcas que las mayorías de las tiendas locales del municipio venden.

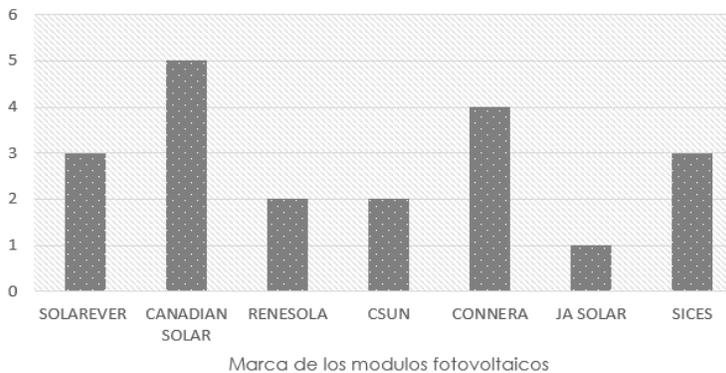


Figura 3. Marca de los paneles solares instalados en los 20 sistemas interconectados.
Fuente: elaboración propia.

De los paneles solares empleados en los sistemas interconectados a la red la capacidad de entre 500 y 600 watts es la más empleadas, lo cual se puede deber a que mayor sea la capacidad del panel solar menor será el número de paneles solares necesarios para cubrir la demanda eléctrica generada (ver Figura 4). Los paneles solares deben estar colocados hacia el sur con el propósito de aprovechar al máximo la radiación solar proporcionada durante el día, con un ángulo de inclinación igual a la latitud del lugar donde van ser instalado (Jiménez, 2017). En Escárcega, Campeche la latitud es de $18^{\circ}10'$, pero los paneles solares de los sistemas interconectados tienen diferentes grados de inclinación (ver Figura 5).

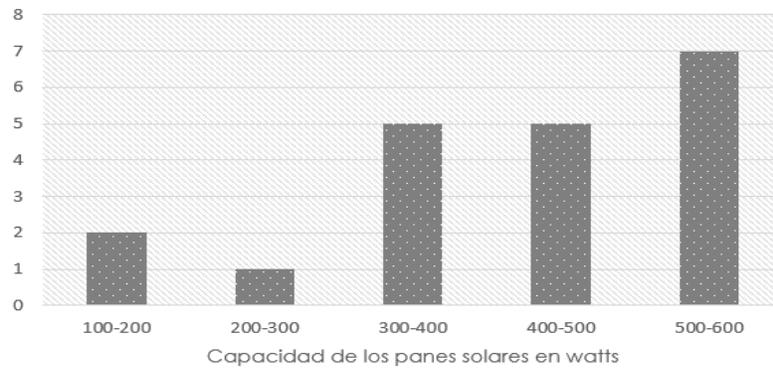


Figura 4. Potencia de los paneles solares instalados en los 20 sistemas interconectados.
Fuente: elaboración propia.

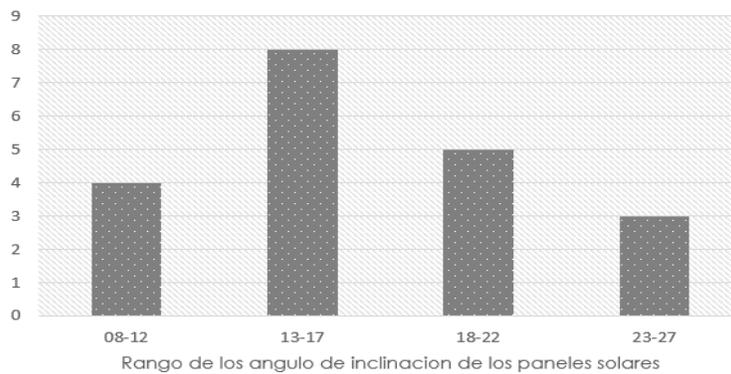


Figura 5. Angulo de inclinación de los paneles solares de los 20 sistemas interconectados.
Fuente: elaboración propia.

Los paneles solares de los sistemas interconectados a la red están instalados principal sobre estructura de aluminio y otros sobre estructuras metálicas de PTR (ver Figura 6). Todos los paneles solares se encuentran ubicados en los techos, los que emplean estructuras de aluminio se encuentran sobre la superficie de los techos (ver Figura 7), mientras que los emplean PTR se encuentran por encima de la superficie del techo ya que son ocupados como sombradores o tendederos en los hoteles (ver Figura 8).

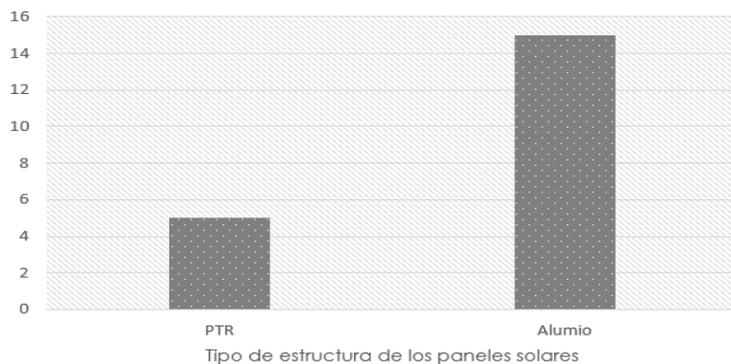


Figura 6. Tipo de estructura empleada en los paneles solares de los sistemas interconectados.
Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Estructura de aluminio para para paneles solares. Fuente: elaboración propia.



Figura 8. Estructuras de PTR para paneles solares ocupados como como sombreadores o tendedores. Fuente: elaboración propia.

Los sistemas interconectados a red con estructuras de aluminio no presentaban ningún problema, sin embargo, las estructuras de PTR presentaban principalmente problemas de óxido (ver Figura 9) en los soportes de los paneles o soporte verticales. De las cinco estructuras de los paneles solares con PTR dos de ellos tenían problemas de pandeo, que se puede atribuir a que el PTR encargados de soportar el peso de los panes eran muy delgados (ver Figura 10). Aunque las problemáticas presentadas anteriormente no afectan el funcionamiento o rendimiento del sistema interconectado, sin embargo, de no atenderse los problemas de óxido podría generar el remplazo de la parte de la estructura oxidada generando así gastos económicos.



Figura 9. Estructura de PTR con oxidación. Fuente: elaboración propia.



Figura 10. Estructuras de PTR pandeadas. Fuente: elaboración propia.

Respecto a los inversores solares ocupados en los sistemas interconectados, 11 (55 %) ocuparon la marca Growat y 6 (30%) ocuparon la Connera siendo estas las que predominaron (ver Figura 11). Lo anterior se puede deber a que los inversores de esas marcas tienen mucho menor precio en el mercado que los otros dos, como es bien sabido que toda empresa busca tener las mayores ganancias, es de suponer que coloquen equipos de menor precio posible.

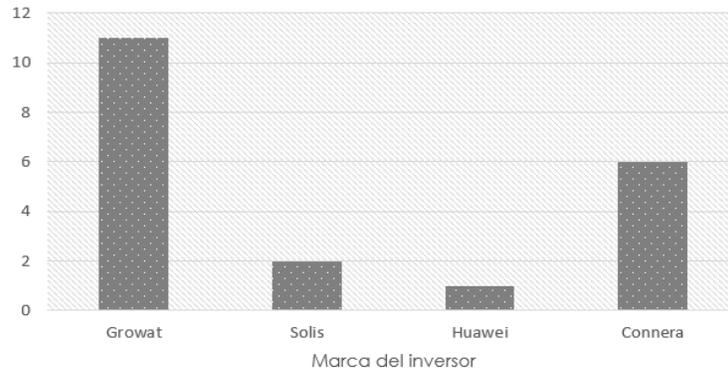


Figura 11. Marca de los inversores instalados en los sistemas interconectados.
Fuente: elaboración propia.

De la capacidad de los inversores de los sistemas interconectados resalta el de 5Kw, la mayoría de estos se encuentran instalados en las residencias. Los dos inversores mas grandes se encuentran instalados en hoteles y esto se atribuye a que tienen una mayor demanda de consumo eléctrico (ver Figura 12).

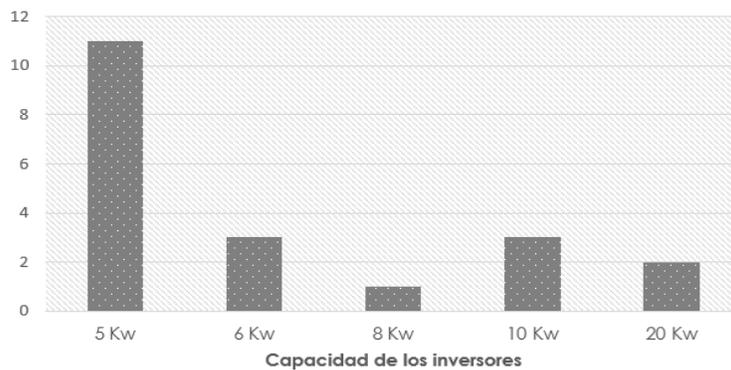


Figura 12. Capacidad de los inversores instalados en los sistemas interconectados.
Fuente: elaboración propia.

De los cables eléctricos empleados para conectar en serie o paralelo los paneles solares solo 6 (30%) de los sistemas interconectados utilizan cable fotovoltaico y el resto emplea cable eléctrico normal principalmente de la marca IUSA (ver Figura 13). Para proteger y contener estos cables la mayoría emplea tubo Conduit de PVC y el resto del tipo galvanizado (ver Figura 14).

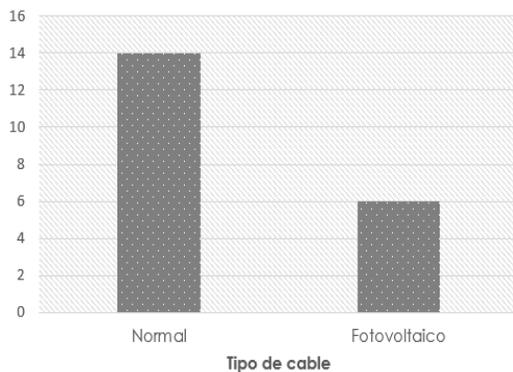


Figura 13. Tipo de cable eléctrico utilizado en las conexiones en serie y paralelo de los paneles solares.
Fuente: elaboración propia.

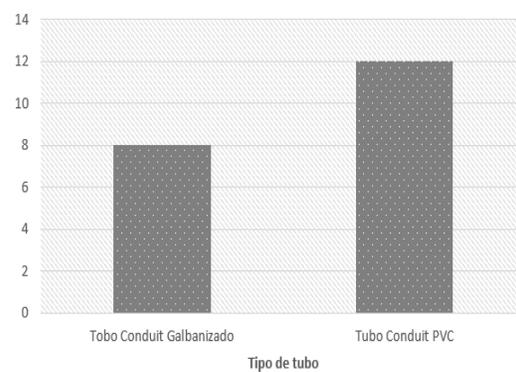


Figura 14. Tipo de tubería empleado para proteger y contener los cables de las conexiones de los paneles solares. Fuente: elaboración propia.

En referente a las características técnicas de los sistemas fotovoltaicos se detectó que puede ser sujeto a mantenimiento preventivo las cuestiones siguientes:

- En 4 (20%) de los sistemas los cables de las conexiones de los paneles solares se encuentran sobre los sin estar protegidos por tubos Conduit, los que están expuesto a una degradación más rápida del forro de los cables pudiendo provocar un corto circuito o descargas eléctricas (ver figura 15).
- En 3 (15%) de los sistemas presentan bajo rendimiento, porque son sombreados por arboles aledaños a ellos.
- En 2 (10%) de los sistemas que tienen estructura de PTR presentan corrosión en alguna de sus partes.
- En 2 (10%) de los sistemas el tablero de interruptores no cuenta con sus tapas (ver figura 16).



Figura 15. Cable de las conexiones de los paneles solares expuestos a las condiciones climatológicas. Fuente: elaboración propia.

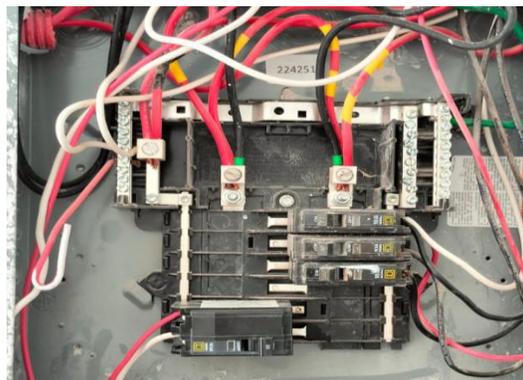


Figura 16. Tipo de tubería empleado para proteger y contener los cables de las conexiones de los paneles solares. Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red es un conjunto de componentes eléctricos que aprovechan la energía de la radiación solar para generar electricidad, estos pueden ser utilizados en residencias, agronegocios, establos, invernaderos, unidades de turismo rural (Fideicomiso de Riesgo Compartido[FIRCO], 2016). En México para que un sistema interconectado a red proporcione un mejor costo-beneficio al usuario, este deberá tener un consumo mayor de 500 Kw al bimestre (Flores, 2019).

Las marcas de los paneles solares encontrados en los sistemas interconectados a la red en el municipio de Escárcega, Campeche son diversos, esta diversidad de marcar se puede notar en otros estudios realizados en México donde emplean diferentes marcas de paneles solares como son: JA solar, SolarWorld, Connera, Epcom y Znshine solar (Amador et al., 2021; Arredondo et al., 2022; Arroyo et al., 2021; Bernal et al., 2019; Jiménez, 2023; López et al., 2023; Tinaco et al., 2017).

En otros estudios realizados en países Latinoamérica sobre sistemas fotovoltaicos interconectados a red se notó también el uso de una gran diversidad de marcas de paneles solares, de las cuales se pueden mencionar las siguientes: Jinko Solar, Bluesun Solar, SolarWorld, ENF Solar, Kyocera, Resun (Angulo et al., 2024; Gualoto y Mendoza, 2024; Hernández et al., 2013; Polo et al., 2020; Rodríguez et al., 2015; Yallico et al., 2023;). Sin embargo, de estas catorce marcas de paneles solares registradas en los estudios anteriores once son de origen chino.

Del análisis de las características técnicas sobre los otros componentes de los sistemas interconectados (inversor, cables e interruptores) no se notó una clara tendencia sobre el empleo de una marca específica, esto se puede deber principalmente como dice González et al. (2003) que la demanda del empleo de los sistemas interconectados para el ahorro energético, hace que hoy en día existan en el mercado una gran variedad de productos desarrollados específicamente para los paneles solares.

Sin importar las características técnicas de los componentes de los sistemas interconectados, estos deberán cumplir un cierto número de requisitos establecidos por la Comisión Federal de electricidad, que salva guarden el correcto funcionamiento de los sistemas y la seguridad de quienes realizan mantenimientos, para garantizar el cumplimiento de estos requisitos los sistemas interconectados son inspeccionados por una unidad de verificación acreditada por la comisión reguladora de energía (Comisión Federal de Electricidad [CFE], 2016).

De López et al. (2023) el mantenimiento de los componentes de los sistemas interconectados debe tener acciones específicas, la estructura de los paneles solare, los paneles solares, inversores y componentes eléctricos. De las inspecciones a los componentes a los sistemas interconectados mencionados anteriormente, se encontraron problemas de sombreado, oxido, ángulo de inclinación de los paneles solares y de cables expuesto a condiciones ambientales.

Aunque los paneles solares de los sistemas interconectados no están instalados a 18° por la latitud de la región, pero según González et al. (2018) los paneles solares pueden ser instalados más menos 5° de la latitud de la región, de ser así 13(65%) sistemas estarían funcionando óptimamente. Los problemas de sombrado en los paneles solares detectados en los sistemas interconectados se deberían atender lo más rápido posible, ya que paneles solares sufren de puntos caliente provocando que consuman energía en lugar de producirlo, afectando directamente al inversor por que se regula al módulo con menor eficiencia o en el peor de los casos provocar daño total del panel solar (González et al., 2018; Ramos et al., 2022).

Los paneles solares de los sistemas interconectados inspeccionados no presentaron problemas de suciedad por polvo, y eso se puede deber a que el estado de Campeche, México es uno de los 10 estados con mayor precipitación pluvial con una media de 1200 mm anuales (SEMANART, 2024).

Los cables de las conexiones de los paneles solares que se encuentran expuestos a las condiciones ambientales, deberán ser revisados cada año con el propósito de buscar principalmente evidencias de resquebrajamiento del aislamiento o daño físico en ellos (Zamario, 2014).

5. CONCLUSIONES

De los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red inspeccionados no se notó una tendencia clara sobre las marcas de los equipos ocupados en los sistemas interconectados a la red, sin embargo, si se pudo observar que las marcas más empleada son: en paneles solares es Canadien Solar, en inversor es Growat, en interruptores eléctricos es squared. También se percató que estos sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, el 70% de ellos emplean cable norma de marca IUSA en las conexiones de sus paneles solares, en lugar del fotovoltaico.

Como la mayoría de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red no usa cable fotovoltaico, los cuales tiene un aislamiento más grueso asiéndolo residente a las condiciones ambientales hostiles, temperaturas mayores de 90°C y voltaje por encima de 600 Volts, por lo que se sugiere realizar una inspección a los cables de las conexiones de los paneles solares cada seis para detectar posibles fallas.

En los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red donde los cables de las conexiones de los paneles solares no se encuentran dentro de tubo Conduit, se recomienda solucionar esa problemática lo más

pronto posible, ya que estos pueden sufrir daños por condiciones climatológicas como el calor y la humedad, que a su vez pueden provocar daños en los equipos por corto circuito o producir algún daño por descarga eléctrica.

Ningún de los sistemas fotovoltaicos interconectado requiere limpieza sus paneles solares, sin embargo, los sistemas que emplean estructuras de PTR para el soporte de los paneles solares que presentan oxidación deberán pintarse lo más pronto posible, ya que de no realizarlo a corto plazo las partes oxidadas tendrán que reemplazarse conllevando un mantenimiento correctivo el cual será más costoso. Respecto el problema de bajo rendimiento presente en los sistemas interconectados debido por el sombreado de árboles, se deberán podarlos lo antes posible para aumentar la producción de energía eléctrica y evitar que los paneles solares sufran daños permanentes en su funcionamiento.

En términos generales los sistemas interconectados analizados se encuentran en buen estado, por lo pronto solo algunos se les sugiere realizar algún mantenimiento preventivo y hasta ahora ninguno ha sido sujeto algún tipo de mantenimiento correctivo.

REFERENCIAS

- Airasca, L. (2021). Diseño de metodologías para la implementación, puesta en marcha, sistematización y mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas sobre cubierta. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Rosario]. <https://rehip.unr.edu.ar/items/f983b3aa-21ff-4b93-b234-0415f9bee489>
- Alata, J., Zinggl, A., Orellana, J., y Altamirano, L. (2023). La energía solar fotovoltaica en los sistemas de bombeo para acueductos: una revisión sistemática. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*, 6(12), 257-269. <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0115>
- Almarza, D., Hernández, J., Soto, G., y Santana, C. (2018). Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Ministerio de energía de Chile, Santiago de Chile.
- Amador, L., Parra, R., y Castro, C. S. (2021). Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para el ahorro de energía y el cambio en los patrones de consumo ante el confinamiento del COVID-19. *Revista Ra Ximhai*, 17(3), 331–353. <https://doi.org/10.35197/rx.17.03.2021.14.la>
- Angulo, L., Gómez, M., y Villalba, J. (2024). Diseño de un sistema fotovoltaico, interconectado a la red eléctrica en la biblioteca de la Institución Universitaria Antonio José Camacho sede sur. [Tesis de licenciatura, Institución Universitaria Antonio José Camacho]. <https://repositorio.uniajc.edu.co/server/api/core/bitstreams/2f2d84fd-a035-4ab7-b83b-9e8d7e22f1ea/content>
- Argul, F., Castro, M., Delgado, A., Colmenar, A., y Peire, J. (2004). Edificios fotovoltaicos: Técnicas y programas de simulación. Progenisa.
- Arredondo, L., Vega, J., Gómez, M., y Bautista, A. (2022). Retorno de inversión de sistemas fotovoltaicos y reducción de CO2 en comercios y en residencias. *Difu100ci@*, *Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías*, 16(3), 178-186.
- Arroyo, I., Flores, N., Flores, J., y Brigada, D. (2021). Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de 6.6. kw para la empresa Materiales Herlo, en la ciudad de Ajalpan, Puebla. *RINDERESU*, 5(1), 405-410.
- Badii, M., Guillen, A., y Abreu, J. (2016). Energías renovables y conservación de energía. *Daena: international journal of good conscience*, 11(1), 141-155.

- Bernal, E., Sancha, A., y Vázquez D. (2019). Diseño y comercialización de energía fotovoltaica variable interconectada para la ciudad de México. [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional].
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/29039/dise%C3%B1o%20comercializaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión Federal de Electricidad (2016). Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW.
<https://www.cfe.mx/hogar/nuevocontrato/Fotovoltaico%20para%20hogar/Manual%20de%20Interconexi%C3%B3n%20de%20Centrales%20de%20Generaci%C3%B3n%20con%20capacidad%20menor%20a%200.5.pdf>
- Correa, P., González, D., y Pacheco, J. (2016). Energías renovables y medio ambiente: su regulación jurídica en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 179-183.
- Ramos, D., Baylon, J., Tintos, A., y Díaz, J. (2022). Detección de fallas en paneles fotovoltaicos de una granja solar. *Difu100ci@*, *Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías*, 16(3), 154-162.
- Fideicomiso de Riego Compartico (2016). Sistemas Fotovoltaicos Autónomos e Interconectados a Red. Obtenido de <https://www.gob.mx/firco/articulos/sistemas-fotovoltaicos-autonomos-e-interconectados-a-red?idiom=es>
- Flores, S. (2019). Sistemas fotovoltaicos residenciales interconectados a la red. *Nextia*, 8, 5–10.
- González, P., Jurado, F., Granados, D., y Ortiz, F. (2018). Análisis de eficiencia y degradación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1-22.
- González, R., Jiménez, H. R., & Lagunas, J. (2003). Sistemas fotovoltaicos conectados a la red. *Boletín IIE*, México, 140-144.
- Gualoto, E., & Mendoza, A. J. (2024). Análisis de un estudio para la viabilidad de un sistema fotovoltaico conectado a la red dentro del instituto superior universitario central técnico en la oficina de la carrera de electricidad. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (1), 2260 – 2276. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1744>
- Gómez, G. (2021). Diseño de un plan de mantenimiento para mejorar el tiempo de autonomía del sistema solar fotovoltaico de la fundación sumak kawsay in situ (skis). [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38648>
- Hernández, J., Trujillo, C., y Vallejo, W. (2013). Modelo de un sistema fotovoltaico interconectado. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 17(1), 26-34.
- Jiménez, A. (2017). Análisis técnico-económico de un sistema fotovoltaico interconectado a la red destinado al sector residencial con tarifa 1C del sureste mexicano. [Tesis de licenciatura, Universidad de Quintana Roo]. Repositorio institucional de la Universidad de Quintana Roo. <http://repobiblio.cuc.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1917/TK1087.2017-1917.pdf>
- Jiménez, J. (2023). Diseño de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para aires acondicionados en CECYTE Chiapas plantel 34. [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio institucional UNICACH. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4757>
- JLC (2005). *Energía solar fotovoltaica: manual del instalador*. Junta de Castilla y Leon. EREN. Castilla. Recuperado el 16 de octubre de 2024 de

https://energia.jcyl.es/web/jcyl/Energia/es/Plantilla100Detalle/1273563855827/_/1284252479173/Redaccion

- Labouret, A., y Viloz, M. (2008). Energía solar fotovoltaica: manual práctico. Antonio Madrid Vicente.
- López, K., Pérez, R., y García, G. (2023). El impacto de los mantenimientos preventivos en los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red de distribución eléctrica. *Revista Politécnica de Aguascalientes*, 2(2), 8-15.
- Meléndez, S. (2017). Fachadas con energía renovables. Trillas
- Méndez, C., Correa, M., y Peñaloza, Y. (2022). Energías Renovables Como Modelo Sostenible en el Comercio Internacional. *Visión Internacional (Cúcuta)*, 7(1), 23-40. <https://doi.org/10.22463/27111121.3334>
- Merino, L. (2007). Las energías renovables. Madrid, España: Haya Comunicación. Fundación de la energía de la Comunicación de Madrid. Recuperado el 08 de octubre de 2024 de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2007/02/Cuadernos-energias-renovables-para-todos-fenercom.pdf>
- Pallero, L. (2001). Las Energías Renovables. *Revista de Estudios Comarcales*, 5, 105-107.
- Perpiñán, O. (2020). Energía Solar Fotovoltaica. Creative Commons.
- Polo, C., Torres, H., y De la Gala, A. (2020). Caracterización de un sistema fotovoltaico de 3,3 kW interconectado a la red eléctrica del CERT-UNJBG, Tacna: octubre 2016 – octubre 2017. *Ciencias*, 3(3), 8–14. <https://doi.org/10.33326/27066320.2019.3.944>
- Posso, F., Acevedo, J., y Hernández, J. (2014). El impacto económico de las energías renovables. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 2(2), 22-26.
- Rodríguez, A., Cadena, A., y Aristizábal, J. (2015). Diseño de sistema de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca. *Revista Mutis* 5(1), 55-65.
- Roldán, J. (2013). Energías renovables. Lo que hay que saber. Ediciones Paraninfo, SA.
- Sánchez, M. (2011). Energía solar fotovoltaica. Limusa
- SEMARNAT (2016). Precipitación media histórica por entidad federativa. Recuperado el 10 de junio de 2024 de http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_AGUA01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*
- Tinoco, J., Valdespino, L., y Lázaro, I. (2017). Metodología para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red incorporando el uso de ecotecias. XLI Semana Nacional de la Energía Solar, ANES.
- Villarreal, J., y Cuji, C. (2024). Diseño y Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Aislado para Iluminación en Vías Rurales y Carga de Vehículos Eléctricos Basado En Un Enfoque Multipropósito. *Revista Técnica energía*, 20(2), 47-57. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.614>
- Vega, J., y Ramírez, S. (2014). Fuentes de energía: Renovables y no renovables aplicaciones. Alphaomega.
- Yallico, A., Cáceres, P., Ríos, J., y Segovia, P. (2023). Estudio técnico económico para implementación

de paneles fotovoltaicos interconectados a la red de distribución. Revista De Investigación Talentos, 10(2), 53-66. <https://doi.org/10.33789/talentos.10.2.190>

Zamario, R. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red para una casa habitación en la ciudad de Córdoba, Veracruz, México. [Tesis de maestría, Universidad Internacional de Andalucía]. Repositorio institucional de la Universidad Internacional de Andalucía. <https://dspace.unia.es/handle/10334/4039>