

REQUERIMIENTOS PARA EL MONTAJE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Por Ing. Pablo Sánchez Yáñez*

*Especialista Planeamiento y Desarrollo. Dirección Desarrollo, UNE-Ministerio de Energía y Minas (Minem).

E-mail: pablo@oc.une.cu

Resumen

Con el paso de los años el consumo eléctrico ha crecido exponencialmente, a medida en que la industria se desarrolla se hace más eficiente, pero también contribuye a que existan más equipos de consumo en el sector residencial, y por ende un mayor aporte de este sector en la curva de demanda. En Cuba este fenómeno se observa claramente, pues más de 56 % de la demanda proviene del sector terciario, y el principal pico eléctrico del país coincide con la mayor demanda en cada una de las familias cubanas. La influencia del sector residencial dictamina que nuestra curva tenga un factor de carga inferior a 67 %, aunque años atrás fuera menor a 59 %, pero la cocción por gas y por consecuencia la reducción de la demanda del pico nocturno por este motivo, mejoraron este índice, bien importante a la hora de saber cuánta magnitud de potencia con fuentes renovables de energía puede asumir un sistema eléctrico. Dentro de la generación con fuentes renovables, la fotovoltaica es de las de mayor potencial en Cuba, y aunque la política dicta su utilización a gran escala (utility) es necesario explotar el potencial existente en el sector terciario y en la pequeña y mediana industria (*Behind the meter*). Con vistas a esto se realiza este trabajo, en el cual se argumentan los requerimientos que deben tener los sistemas fotovoltaicos para su puesta en marcha en Cuba

Palabras clave: Módulos fotovoltaicos, sector residencial, factor de carga, sector terciario.

REQUIREMENTS FOR THE MOUNTING OF PHOTOVOLTAIC MODULES IN THE RESIDENTIAL SECTOR

Abstract

Over the years, electricity consumption has grown exponentially, as the industry develops more efficiently, but also contributes to more consumption equipment in the residential sector, and therefore a greater contribution of this sector in the demand curve. In Cuba this phenomenon is clearly observed, more than 56 % of the demand comes from the tertiary sector, and the country's main electricity peak coincides with the highest demand in the Cuban families. The influence of the residential sector dictates that our curve has a load factor of less than 67 %, although years ago it was less than 59 %, but cooking by gas and consequently the reduction in the demand for the night peak for this reason, improved this very important index when it comes to knowing how much power with renewable sources of energy an electrical system can assume. Within the generation with renewable sources, the photovoltaic generation is one of the most potential in Cuba, and although the policy dictates its use on a large scale (utility) it is necessary to exploit the potential existing in the tertiary sector and in the small and medium industry (*Behind the meter*). In view of this, this work is carried out where the requirements that photovoltaic systems must have for their implementation in Cuba are argue.

Keywords: Photovoltaic modules, residential sector, load factor, tertiary sector

Introducción

La generación de electricidad en Cuba se realiza mayormente por el empleo de combustibles fósiles, alcanzando 95 % de la energía total generada. Es por ello que el sistema eléctrico cubano se caracteriza por su alta dependencia de la importación de combustibles, costos elevados de generación, y además una infraestructura tecnológica con más de 30 años de explotación y con elevados índices de emisión de gases de efecto invernadero.

A partir de estas condiciones el país decide aprobar en junio de 2014 una política para fomentar el desarrollo de las fuentes renovables de energía (FRE) y promover la eficiencia energética. Esta política plantea introducir de forma intensiva tecnologías renovables y de bajas emisiones, con el objetivo de llegar a 2030 con 24 % de penetración en el mix de generación a partir de FRE (Fig. 1).

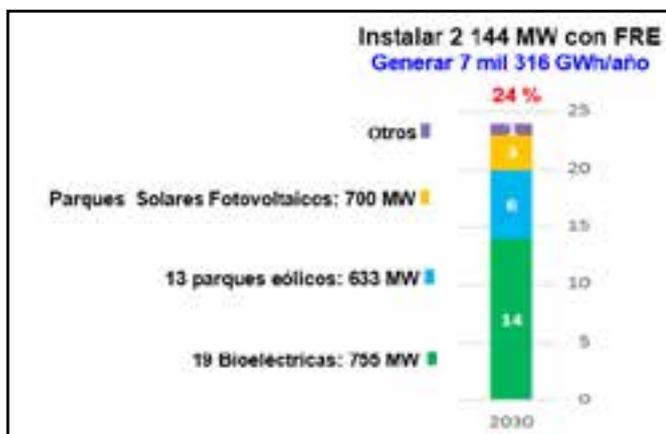


Fig. 1. Potencia de FRE autorizada en la política.

Cuba posee una radiación solar promedio de 5 kWh/m² día, lo que significa que con 1 kWp instalado se puede generar alrededor de 130 kWh mensuales y alrededor de 1500 kWh al año.

A partir de la aplicación de la política se ha llevado a cabo un extenso programa para el uso de la energía solar fotovoltaica y ya existen en operación 65 parques fotovoltaicos con una capacidad de 152,3 MW (Fig. 2).

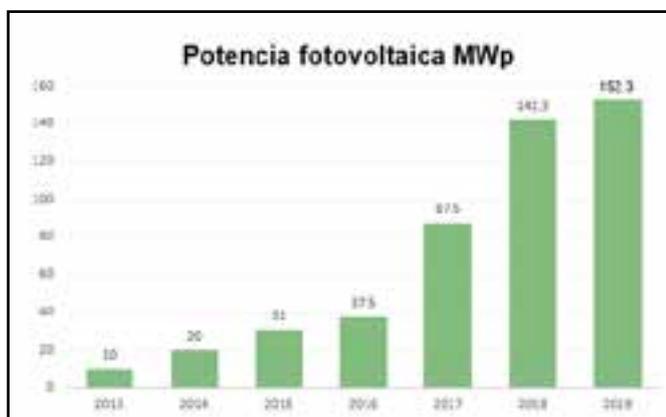


Fig. 2. Aumento de potencia solar fotovoltaica por años.

Además de los parques fotovoltaicos para *utilities* (mayor potencia), la política concibe el uso de la energía fotovoltaica para el autoconsumo en las industrias y el sector

residencial; este último representa más de 57 % del consumo del país. Es por ello que minimizar el impacto del sector residencial en la curva de carga del país permitirá mejorar el Factor de Carga y con ello hacer más eficiente el uso de las unidades generadoras.

Desarrollo

En el caso de su aplicación al sector residencial es necesario tener en cuenta una serie de requisitos que se exponen a continuación, así como el código de interconexión creado por la UNE para su aplicación.

Para la compra o la importación de estos equipos es necesario conocer cuáles son las partes y piezas que componen un sistema fotovoltaico (Fig. 3).

a) Paneles fotovoltaicos (potencia de 180-360 Wp):

- Módulos monocristalinos (mayor eficiencia)
- Módulos policristalino
- Módulos amorfos

b) Protecciones de corriente directa (DC).

c) Protecciones de corriente alterna (AC).

Ambas protecciones se utilizan para proteger el cableado y el equipamiento contra sobrecargas y cortocircuitos.

d) Inversor fotovoltaico inteligente (integra el regulador de carga y el net manager).

- Inversor fotovoltaico
- Regulador de carga
- Net manager

El inversor debe contar con características imprescindibles para su introducción en el país. Primero, es esencial que cuenten con el modo de trabajo Anti-Isla, para una vez que exista una falla en la red se desconecte y no se convierta en una fuente de generación que pueda causar daños a equipos de otros consumidores o un accidente a los operarios que vengán a revisar la avería de la línea.

Segundo, el regulador o el propio Inversor, si ya integra el regulador de carga, debe contar con la función MPPT (Seguimiento del Punto Máximo de Potencia) que le permite al arreglo de paneles fotovoltaicos y baterías usar la menor cantidad posible de energía de la red siempre que la radiación y el consumo lo permitan.

Tercero, la eficiencia del inversor debe ser mayor a 90 % y operar para valores de tensión entre 120/240 con una variación permisible de 10 %, según la Norma Cubana de Tensión NC 365:2011.

Cuarto, el inversor debe operar para una frecuencia de 60 Hz y la tasa de distorsión de armónicos que estos introducen a la red debe ser menor a 3 %.

e) Sistema de almacenamiento en baterías.

Es recomendable que por cada kWde capacidad del inversor, no se instale más de 1,5 kWp en paneles fotovoltaicos y se tenga una batería no mayor de 100 Ah para que el

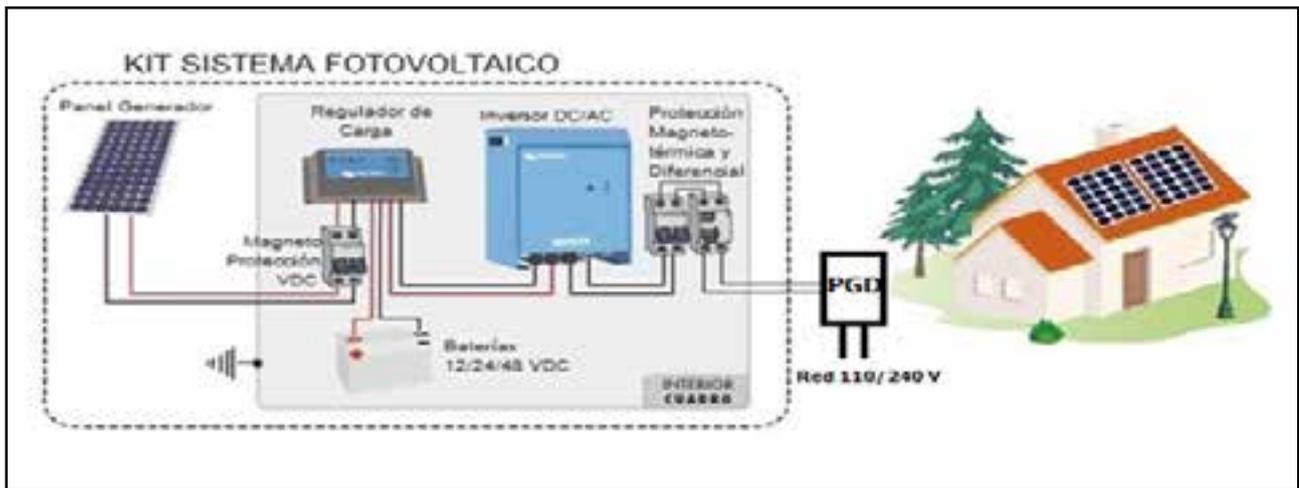


Fig. 3. Kit de un sistema fotovoltaico conectado a red.

sistema de MPPT funcione adecuadamente. Normalmente la tensión de operación de la batería es de 12 V para kits menores de 1500 W, entre 24-48 V para kits fotovoltaicos entre 1500 W y 5000 W. Para configuraciones mayores a 5000 W se elige como tensión de trabajo 120 V. Esto se logra a través de una configuración serie-paralelo para lograr la tensión y la capacidad necesaria. (Figura 4).

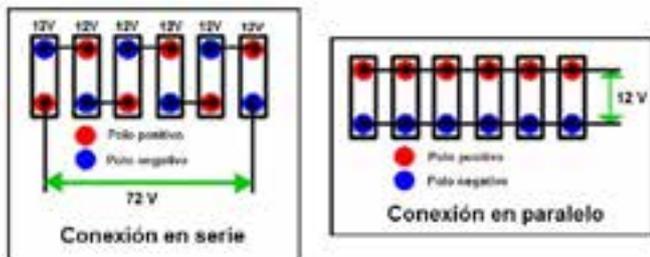


Fig. 4. Tipos de conexión de las baterías.

- f) Conductor corriente directa 0.6/1 kV: (doble polaridad cada uno, 150 m calibre 2,5-4 mm² y aislamiento ZZ-F).
- g) Conductor corriente alterna hasta 50 m (2.5-4 mm² y aislamiento RV-K).
- h) Conectores.
- i) Caja de derivación o de conexiones (String box combiner).
- j) Relé de conexión a la red o sistema de protección anti isla.
- k) Sistema de puesta a tierra.

Este sistema se diseña para drenar a tierra las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas que ocurren normalmente en las partes altas de las estructuras metálicas de la instalación. Es necesario que antes de la puesta en marcha, la UNE o la entidad que realice el montaje certifique los valores de resistencia permisibles.

- l) Herraje y tornillería.

A continuación se relacionan los precios estimados del costo de cada uno de los componentes en el mercado internacional, así como de kits fotovoltaicos completos que incluyen módulos de baterías (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Precios estimados por componentes en el mercado internacional

| Parte y Piezas | Precio Estimado (USD) |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Panel fotovoltaico | 0,21 USD/Wp |
| Inversor | 0,3 USD/W |
| Regulador de carga | 0,5 USD/W |
| Inversor Híbrido | 0,5 USD/W |
| Baterías | 0,6 USD/W |
| Conductor de corriente directa | 1,75 USD/m |
| Conductor de corriente alterna | 1,45 USD/m |
| Conectores MC4 o equivalentes | 3,35 USD/u |
| Caja de conexiones | 47 USD |
| Sistema de puesta a tierra | 125 USD |
| Herrajes y tornillería | 550 USD |
| Protecciones de corriente directa | 30 USD |
| Protecciones de corriente alterna | 43 USD |

Tabla 2. Precios estimados de los kits fotovoltaicos en el mercado

| Tamaño del sistema | Rango de precio (USD) | Precio promedio (USD) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1,1 kWp | 1200-3000 | 2700 |
| 2,2 kWp | 2200-5500 | 3250 |
| 3,3 kWp | 3000-5400 | 3650 |
| 4,4 kWp | 3500-6200 | 4120 |
| 5,5 kWp | 4100-7400 | 5680 |

La operación del kit fotovoltaico en el sector residencial vendrá regulada por la UNE a través del documento «Procedimiento de interconexión para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo en el sector residencial».

Además, en el contrato firmado ente la UNE y el usuario final que va a comprar un kit fotovoltaico vendrán dispuestos los precios de compra de la energía entregada en la red, así como las disposiciones legales.

Es necesario también cumplir los siguientes pasos y verificar su cumplimiento, para evaluar la instalación y certificarla antes de su interconexión con la red:

- Utilizar el equipo de seguridad en su trabajo, identificar condiciones de riesgo, ordenar y usar la herramienta adecuada durante toda la instalación.
- Identificar las trayectorias y las canalizaciones de conexiones para CA y CC, verificar el rango de tensión de la red eléctrica y del SFVI.
- Verificar la existencia del sistema de puesta a tierra general de la instalación eléctrica.
- Identificar las características de los elementos propios de la superficie de anclaje como la inclinación, los materiales, impermeabilizante y obstáculos; verificar la orientación y elementos de potencial sombra en el sistema.
- Verificar materiales y complementos, verificar la existencia del sistema de protección contra tormentas eléctricas.
- Verificar visualmente el estado físico del aislamiento de los conductores eléctrico.
- Ensamblar y fijar la estructura del equipo, fijar la base en el lugar designado.
- Montar el módulo fotovoltaico, montar el inversor o micro inversor.
- Conectar los componentes de seguridad del SFVI, verificar la puesta marcha del sistema.
- Conectar el sistema ordenadamente para la seguridad del instalador, del sitio y de los usuarios.

Con este procedimiento se puede proceder a la puesta en servicio del módulo fotovoltaico, lo cual contribuirá a la rebaja de la escala de consumo en los clientes residenciales y con ello un ahorro económico sustancial mientras mayor sea la demanda. Mientras mayor sea ese consumo en el horario en que mayor radiación exista, consecuentemente será el ahorro en la tarifa eléctrica.

Conclusiones

La introducción de módulos fotovoltaicos en el sector residencial, además de apoyar la política de introducción de hasta 24 % con fuentes renovables de energía en el mix de generación, permitirá reducir la demanda en el pico diario que aporta el sector residencial o no estatal de ser-

vicios y negocios. Los principales privilegiados serán los considerados como clientes de gran consumo, y podrán recuperar la inversión entre 6-13 años, en dependencia de la escala eléctrica. Para clientes que consuman más de 500 kWh al mes, que son los que se le aplica la factura de 2 \$/kWh para 501-1000 kWh la recuperación será entre 10-12 años. Los que tengan un consumo mayor y se encuentren en la escala de 3 \$/kWh o 5 \$/kWh la inversión se recuperará entre 6-10 años, y teniendo en cuenta que los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil de alrededor de 20 años, el uso de estos se hace indispensable. Además, al ser una fuente de energía que reduce la demanda en los circuitos de distribución, influirá también en la mejora de los perfiles de tensión y en la disminución de la carga en los transformadores durante el día.

Bibliografía

ALONSO LORENZO, JOSÉ A. (2018). «Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas». Europe SunFields (2018): 14 pp, marzo, 2018. www.sfe-solar.com

RAMOS LÓPEZ, HUMBERTO; RAFAEL LUNA PUENTE (2014). «Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca». Chihuahua: Maestría en Energía Renovables, 2014. 96 pp. CIMAV.

BASTIDAS, RODRIGO (2017). «Soluciones eficientes y confiables para instalaciones fotovoltaicas de todos los tamaños», en *Soluciones para Instalaciones Fotovoltaicas ABB* (2017): 23 pp, 2017. www.abb.com.cu

BLANCO SARDINERO, ISRAEL (2015). «Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial». Madrid: Tesis de Ingeniería Técnica Industrial, 2015. 154 pp. Universidad Carlos III de Madrid.

AYLU SOLAR (2018). «Manual sobre instalaciones de Plantas Fotovoltaicas». Ministerio de Energía (2018): 24 pp., 2018. Gobierno de Chile.

ALMARZA, DANIEL; ARIEL HERNÁNDEZ VENEGAS, GUILLERMO SOTO OLEA Y CHRISTIAN SANTANA OYARZÚN (2016). *Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos*. Santiago de Chile: Programa de Techos Solares Públicos, 2016. 78 pp. Ministerio de Energía, Gobierno de Chile.

RODRÍGUEZ GALBARRO, HERMENEGILDO (2017). «Cálculo y diseño de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo en vivienda», en *Instalación Solar Fotovoltaica para vivienda* (revisión 2017): 59 pp., 2017. www.ingemecanica.com

Recibido: 1ro de agosto 2020.

Aceptado: 20 de agosto de 2020.