

## Sistemas Solares Fotovoltaicos para autoconsumo

Fecha enviada: 18 julio 2022

Fecha corregida: 24 agosto 2022

Mario Santizo, PhD, MEng<sup>1</sup>

### RESUMEN

La energía eléctrica ha llegado a formar parte importante en el desarrollo del ser humano.

Es difícil imaginar la vida en las grandes ciudades y el desarrollo tecnológico que se vive actualmente sin la presencia de este tipo de energía. Sin embargo, ante la crisis energética que se vive, promovida principalmente por el agotamiento, el aumento de precios y la contaminación provocada por el petróleo, se ha hecho necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de generación de energía eléctrica.

La energía solar fotovoltaica aparece como una alternativa renovable, limpia y factible para la generación de energía eléctrica. Utilizando para la generación recursos muy limitados, bajos costos de operación y ante una fuente inagotable de energía, se plantea actualmente como una de las grandes soluciones al problema energético que se vive a nivel global.

En el siguiente trabajo de investigación se describe el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico, las partes que lo conforman, las características técnicas que debe tener según su uso y las ventajas que presenta frente a otras fuentes de generación de energía eléctrica.

**Palabras clave:** energía solar; solar fotovoltaica; paneles solares; energía renovable; energía eléctrica.

### ABSTRACT

Electrical energy has become an important part in the development of human beings.

It is difficult to imagine life in big cities and the technological development that is currently being lived without the presence of this type of energy. However, in the face of the energy crisis that is being experienced, mainly promoted by depletion, rising prices and pollution caused by oil, the search for new sources of electricity generation have become necessary. Photovoltaic solar energy appears as a renewable, clean and feasible alternative for generating electricity. Using very limited resources for the generation, low costs of operation and before an inexhaustible source of energy, it is currently considered as one of the great solutions to the energy problem that is experienced globally. The following research paper describes the operation of a photovoltaic solar system, the parts that make it up, the technical characteristics that it must have according to its use and the advantages it presents compared to other sources of electricity generation.

**Keywords:** solar energy, solar photovoltaic, solar panels, renewable energy, electrical energy.

---

<sup>1</sup> PhD en Eficiencia Energética, MEng. En Energía Renovable y Eficiencia Energética. Ha realizado 118 estudios de energía en Centroamérica, Panamá y Brasil. Profesor de los cursos de Operaciones Unitarias, y de Energía en varias Universidades. Proenergia.com@gmail.com. Código 472 del Registro Nacional de Investigadores Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). [Proenergia.com@gmail.com](mailto:Proenergia.com@gmail.com)

## Sistemas Solares Fotovoltaicos para autoconsumo

Fecha enviada: 18 julio 2022

Fecha corregida: 24 agosto 2022

### INTRODUCCIÓN

(Rajeshwar, Krishnan, Mcconell, Robert and light, & Stuart, 2008)

El sol emite energía a través de radiaciones electromagnéticas, las cuales se comportan tanto como ondas y como partículas. Las partículas a las que se hacen referencia son los fotones, partículas sin masa que consisten en pequeños paquetes de energía.

Cuando estas partículas son absorbidas por un átomo sobre el cual inciden, la energía es transmitida a un electrón de valencia que, si la cantidad de energía es la suficiente, puede ser emitido por el átomo y crear una corriente eléctrica si tiene un conductor que lo capte. Dicho fenómeno es llamado Efecto Fotovoltaico.

Las celdas fotovoltaicas están formadas por un material semiconductor, sobre el cual es inducida una sobrepoblación de electrones de un lado y una carencia de electrones en el lado opuesto.

El lado con sobrepoblación de electrones es el que está expuesto a la luz solar, y por la acción de los fotones algunos de estos electrones son liberados y recogidos por una red de múltiples conexiones metálicas que se localizan sobre la cara en donde se liberan los electrones.

Un campo eléctrico formado provoca que el flujo de electrones sea en un solo sentido y el flujo de "espacios" vacíos (carentes de electrones) sea en el sentido opuesto. El flujo de electrones es recolectado por la red metálica conductora y es llevado al circuito externo, en donde es aprovechada la energía eléctrica.

El circuito se cierra con la conexión de conductores en la parte posterior de la celda, correspondiente a la capa carente de electrones.

Un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas en serie forma un panel o módulo fotovoltaico, el cual es la parte principal de una instalación fotovoltaica y es en donde se genera la corriente eléctrica.

Debido a la irregularidad y variación de la energía solar incidente mientras cambian las condiciones atmosféricas, es necesario tener un acumulador de energía si el sistema es aislado de una red eléctrica.

Además, si se utiliza un acumulador, reguladores de voltaje y distintos medidores también se hacen necesarios para completar el sistema, así como convertidores que acondicionan la corriente y la tensión para ser usados en equipos específicos.

Si el sistema está conectado a la red de distribución de energía eléctrica, no es necesario contar con acumuladores, pero sólo se entregará energía a la red durante las horas de sol. Este tipo de energía es una alternativa renovable y limpia para la producción de energía eléctrica sin la contaminación medioambiental.

*Se presenta al final un caso muy interesante de un diseño muy práctico en el cual se vende la energía eléctrica producida - grid tie - a través de un sistema solar fotovoltaico*

### MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES (Grupo Forma Select)

## Sistemas Solares Fotovoltaicos para autoconsumo

Fecha enviada: 18 julio 2022

Fecha corregida: 24 agosto 2022

El proyecto consistió en dimensionar un sistema solar fotovoltaico con interconexión a la red eléctrica. Se trató de un edificio que se utiliza para hospedar a los profesionales que visitan las instalaciones del Ingenio Magdalena, el cual consta de seis apartamentos los cuales se especifican las cargas eléctricas correspondientes.

El procedimiento que uso en este caso es muy interesante ya que es muy práctico y exacto. Lo resuelvo por módulos, de esta forma facilita el procedimiento.

### Módulo 1: [Energía diaria consumida]

(Harper, 2007)

Como primer paso se hace una tabla en donde se detallan todos los equipos eléctricos utilizados en las suites.

Se indica cual es la potencia en watts que cada uno de los equipos consume.

Además, se detalla cuantas horas al día funciona cada uno de los equipos. Se realiza multiplicación de potencia por horas de operación para determinar la energía consumida diaria.

Luego, se suman las energías para determinar la energía total consumida por día.

**Tabla no. 1** energía consumida por apartamento

<b>Consumo por apartamento</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Energía [Watts]</b>	<b>Horas [horas/día]</b>	<b>Energía [Watts/hr-día]</b>
aire acondicionado de 1 ton.	1	1,050	4	4,200
aire acondicionado de 1 ton.	1	1,050	4	4,200
aire acondicionado 2 ton.	1	1,930	4	7,720
Luminaria fluorescente 80 w	5	80	3	1,200
refrigerador	1	200	8	1,600
televisor	1	100	2	200
Energía adicional	1	1,000	1	1,000
<b>TOTAL</b>				<b>20,120</b>

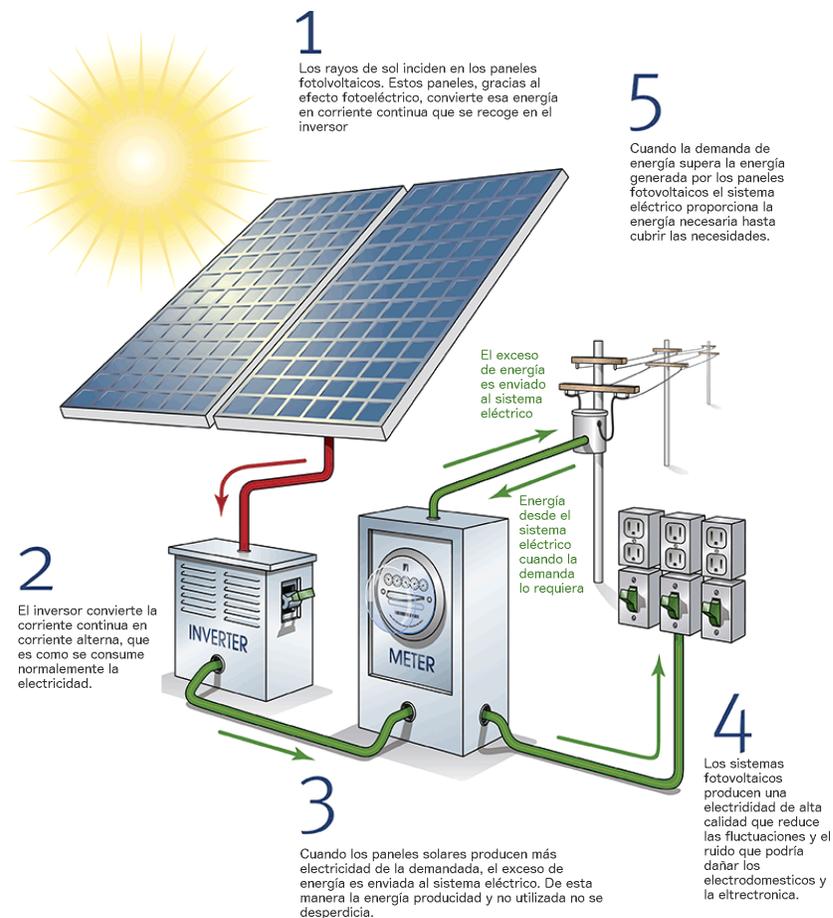
## Sistemas Solares Fotovoltaicos para autoconsumo

Fecha enviada: 18 julio 2022

Fecha corregida: 24 agosto 2022

Consumo por apartamento			
Equipo	Cantidad	Energía [W/h-día]	Energía [Watts/hr-día]
Apartamento completo	6	20,120	120,720
<b>TOTAL</b>			<b>120,720</b>

**Cuadro no. 1** Sistema solar fotovoltaico de autoconsumo



# Sistemas Solares Fotovoltaicos para autoconsumo

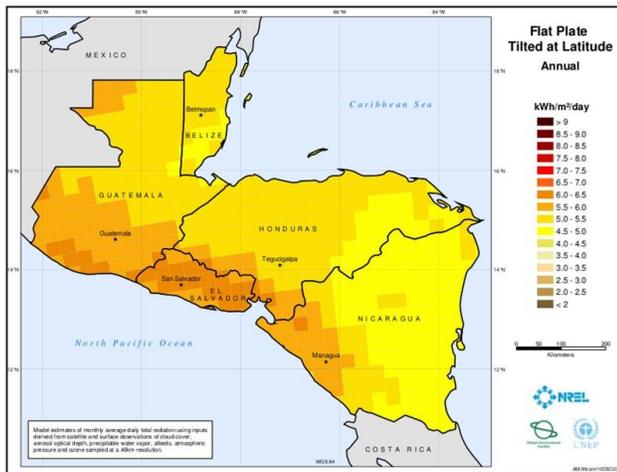
Fecha enviada: 18 julio 2022

Fecha corregida: 24 agosto 2022

## Módulo 2: [Ubicación del área en estudio en mapa de radiación solar]

El mapa de radiación solar indica que en el área del proyecto se dispone de 6.25 kilowatts/m<sup>2</sup>día.

**Figura no. 1** mapa solar de la región norte de Centroamérica.



(Nasa, s.f.)

## Módulo 3: [Definir horas pico " Peak sun Hours" ] (Kreith, 2007)

Definir cuantas "horas sol pico" [peak sun hours] existen en el área en investigación. Peak sun Hour equivale a 1000watts/m<sup>2</sup>.

Por consiguiente, para determinar cuántas Peak sun hours existen por día se divide la energía promedio anual entre 1000.

Energía según mapa: 6250 watts/hr.m<sup>2</sup>. día Se elije un panel solar fabricado en estados unidos

Significa que un panel solar cualquiera puede dar 6.25 horas su potencia nominal por día.

## Módulo 4: [Definir colector solar]

de Norteamérica que cuenta con las siguientes especificaciones.

**Figura no. 2** panel fotovoltaico.



Product Specs	
Model	SUN-A-210-FA2
Power (W)	210 Watts
Open Circuit Voltage (V)	23.10 Voc
Short Circuit Current (A)	12.20 Isc
Maximum Power Voltage (V)	18.70 Vmp
Maximum Power Current (A)	11.23 Imp
Quality Grade	Blemish
Made in	USA
Frame Type:	Silver
Junction Box:	Yes
Length	65.00" ( 1,651.00 ) mm
Width	37.50" ( 952.50 ) mm
Depth	1.38" ( 34.93 ) mm
Weight	41.00 lb ( 18.60 ) Kg
Certifications	None
Grade	B
Warranty	30 Years

(PNUD, GRF, BUN-CA, 2002)

Precio por panel solar \$ 475

## Módulo 5: [Definir Watts/hr. día]

En el módulo 3 se indicó que en el área de estudio del panel solar puede proporcionar su potencia nominal durante 6.25 horas al día.

$$(210 \text{ Watts})(6.25 \text{ horas}) = 1,312.50 \frac{\text{Watts}}{\text{hr.día}}$$

## Módulo 6: [Definir paneles solares]

En el módulo 1 se indicó que al día se requieren 120,720 watts por día para cubrir la demanda energética de las suites.

## Módulo 7: [Tipo de inversor]

Tipo de inversor de corriente de conexión a la red, se escoge un inversor de corriente que se

## Sistemas Solares Fotovoltaicos para autoconsumo

Fecha enviada: 18 julio 2022

Fecha corregida: 24 agosto 2022

alimenta con DC e inyecta la energía hacia la red.

Se requieren para este proyecto 3 de estos inversores:

**Figura no. 3** inversor con especificaciones.



Model	Sunny Boy 7000US
Recommended Maximum PV Power (Module STC)	8750 W
DC Maximum Voltage	600 V
Peak Power Tracking Voltage	250–480 V
DC Maximum Input Current	30 A
Number of Fused String Inputs	3 (inverter), 4 x 20 A (DC disconnect)
PV Start Voltage	300 V
AC Nominal Power	7000 W
AC Maximum Output Power	7000 W
AC Maximum Output Current (@ 208, 240, 277 V)	34 A, 29 A, 25 A
AC Nominal Voltage Range	183 – 229 V @ 208 V 211 – 264 V @ 240 V 244 – 305 V @ 277 V
AC Frequency: nominal / range	60 Hz / 59.3 – 60.5 Hz
Power Factor (Nominal)	0.99
Peak Inverter Efficiency	97.1%
CEC Weighted Efficiency	95.5% @ 208 V 96.0% @ 240 V 96.0% @ 277 V
Dimensions: W x H x D in inches	18.4 x 24.1 x 9.5
Weight / Shipping Weight	141 lbs / 148 lbs
Ambient Temperature Range	-13 to 113 °F
Power consumption at night	0.1 W
Topology	Low frequency transformer, true sinewave
Cooling Concept	OptiCool™, forced active cooling
Mounting Location: indoor / outdoor (NEMA 3R)	yes / yes
LCD Display	yes
Communication: RS485 / wireless	opt. / opt.
Warranty: 10 years / 15 years / 20 years	yes / opt. / opt.
Compliance: IEEE-929, IEEE-1547, UL 1741, UL 1998, FCC Part 15 A & B	yes
NOTE: US inverters ship with gray lids	

(PNUD, GRF, BUN-CA, 2002)

La potencia máxima proporcionada por los 93 paneles:

(93 paneles)(210 Watts) = 19,530 Watts totales

Por consiguiente, se divide el sistema en 3 secciones iguales de 31 paneles solar cada parte.

### Módulo 8: [Determinar si los paneles solares son adecuados al inversor]

(Patel,R., 2000)

El voltaje de potencia máxima de cada panel solar es de 18.7 voltios

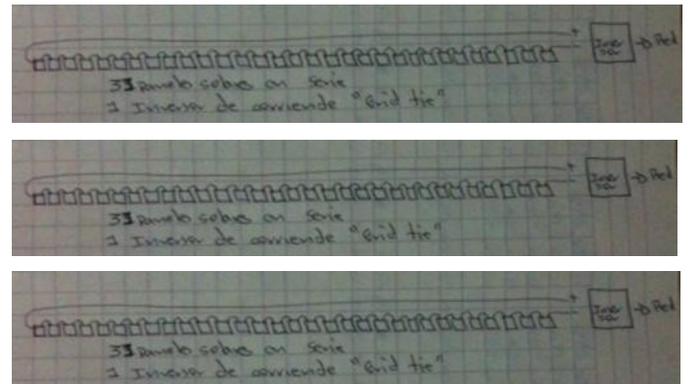
(18.7voltios)(31paneles) = 579.7voltiosdecorriendedirecta

Este valor está dentro del rango aceptable de entrada al inversor de corriente.

Por consiguiente, se define que para cada inversor de corriente se conectaran 31 paneles solares de 210 watts cada uno en serie.

### Módulo 9: [Diagrama de instalación]

(Caperhart, Barney, Turner, Wayne C., & Kennedy W.J., 2008)



Es decir, 3 bloques de 31 paneles solares de 210 watts cada bloque, el cual se conecta a un inversor de corriente.

La energía se administra a la red de la empresa eléctrica.

## Sistemas Solares Fotovoltaicos para autoconsumo

Fecha enviada: 18 julio 2022

Fecha corregida: 24 agosto 2022

### CONCLUSIONES

1. Se requiere un consumo de 120,720 Watts/hr.día.
2. Se requiere de tres inversores de corriente a red que se alimenta con DC e inyecta la energía hacia la red.
3. Se requiere de 93 paneles solares proporcionando 19,530 Watts totales.
4. El sistema está conformado por 31 paneles solares de 210 watts cada bloque.

### BIBLIOGRAFÍA

- Boxwell, M. (2012). *Solar Electricity Handbook*. United Kingdom: Greenstream Publishing .
- Caperhart, Barney, Turner, Wayne C., & Kennedy W.J. (2008). *Guide to energy management*. United states of america: The fairmont Press Inc.
- Diez, F. (2007). *Energía Eólica*. España: Editorial Universidad de Cantabria.
- Farret, F., & Simoes, G. (2006). *Integration of Alternative Sources of Energy*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. (1996). United States of America: John Wiley.
- Grupo Forma Select. (s.f.). *Curso energ[ia solar: térmica y fotovoltaica (II)*.
- Harper, G. (2007). *Solar Energy Project*. New York: Mc Graw Hill.
- Kreith, F. a. (2007). *Energy Efficiency and Renewable energy*. United States of America: CRC Press.
- Nasa. (s.f.). *Nasa Surface Meteorology and solar energy tables*. Obtenido de <http://eosweb.larc.nasa.gov>
- Patel, R., M. (2000). *Wind and solar power systems*. New York: CRC press.
- PNUD, GRF, BUN-CA. (2002). *Manuales sobre energía renovable: solar fotovoltaica*. Programa "Fortalecimiento de la capacidad en energía renovable en América central".
- Rajeshwar, Krishnan, McConell, Robert and light, & Stuart. (2008). *Solar Hydrogen Generation*. New York: Springer.
- Renné, D., & Et Al. (2007). *Availability of Renewable Resources*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Vanek, F., & Albright, L. (2008). *Energy Systems Engineering: Evaluation & Implementation*. New York: Mc Graw Hill.
- Vaughn, N. (2009). *Wind Energy: Renewable Energy and the Environment*. United States of America: CRC Press.