



# Dimensionamiento de Sistema Fotovoltaico Autónomo.

Macapacitacion.com.mx

Pascual Ortiz rubio 117  
col. aleman

Cel. 951 1190009  
Tel 01 951 206 40 63

[cursos@mascapacitacion.com.mx](mailto:cursos@mascapacitacion.com.mx)  
[www.mascapacitacion.com.mx](http://www.mascapacitacion.com.mx)

# Contenido

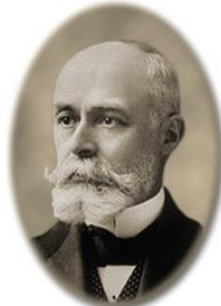
<b>I. Principios básicos.</b>	<b>4</b>
Historia y desarrollo.	4
¿Que es la energía solar fotovoltaica?	6
Principios de Solarimetría.	7
Materiales empleados para la energía fotovoltaica.	9
<b>II. Topología de los sistemas fotovoltaicos autónomos. (SFV).</b>	<b>12</b>
¿Qué es un sistema fotovoltaico?	12
Componentes principales de un sistema fotovoltaico autónomo.	13
Módulos fotovoltaicos	14
Baterías.	15
Características de las baterías.	16
Mantenimiento y vida útil.	17
El Regulador o Controlador de Carga.	20
El Inversor	21
<b>III. Aplicaciones de los sistemas</b>	<b>22</b>
Sistemas individuales CD para aplicaciones domésticas.	22
Sistemas individuales para aplicaciones domésticas.	23
Bombeo solar.	24
<b>IV. Dimencionamiento de un sistema solar</b>	<b>24</b>
Carga eléctrica estimada.	24
Calculo de número de Paneles fotovoltaicos.	25
Calculo de banco de baterías.	26
Calculo del regulador de carga.	27
Calculo del Inversor.	27



V.	<b>Calculo de conductor y protección.</b>	27
VI.	<b>Herramienta para instalacion de paneles solares</b>	31
VII.	<b>Ejercicios</b>	32
VIII.	<b>Anexos</b>	44
	Tabla 310-15(b)(16)	44
	<b>Tabla de las capacidades de los elementos de un sistema solar</b>	45
	<b>Horas solares</b>	47

## Historia y desarrollo.

(1839).- El punto de partida se considera que fue Alexandre Edmond Becquerel (París 1820- París 1891), físico francés descubriendo el efecto fotovoltaico cuando experimentaba con un pila electrolítica, y apreció un aumento de la generación eléctrica con la luz.

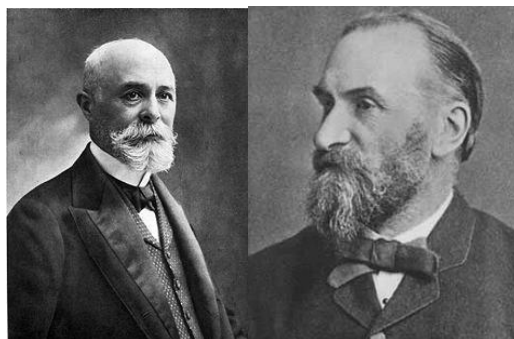


Alexandre Edmond Becquerel  
(1820-1891)

(1873).- Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos, en el selenio.

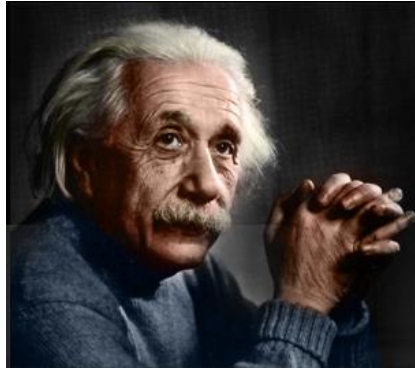


(1877).- W.G.Adams y R.E.Day producen la primera célula fotovoltaica de selenio.



(1904).- Albert Einstein publica su artículo sobre el efecto fotovoltaico, al mismo tiempo que un artículo sobre la teoría de la relatividad.

(1921).- Einstein gana el premio Nobel de 1921 por sus teorías de 1904 explicando el efecto fotovoltaico (“for his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect”). Recibe el premio y lee el discurso en Gotemburgo- Suecia, en 1923).



(1954).- Los investigadores D.M.Chaplin, C.S. Fuller y G.L.Pearson de los Laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey, producen la primera célula de silicio, publican en el artículo “A New Silicón p-n junction Photocell for converting Solar Radiation into Electrical Power”, y hacen su presentación oficial en Washington (26 abril).

(1955).- Se le asigna a la industria americana la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. Hoffman Electronic, empresa de Illinois (EE.UU.) ofrece células del 3% de 14mW a 1.500 \$/Wp)

(1957).- Hoffman Electronic alcanza el 8 % de rendimiento en sus células

## ¿Qué es la energía solar fotovoltaica?

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica. Esta definición de la energía solar fotovoltaica, aunque es breve, contiene aspectos importantes sobre los cuales se puede profundizar:

La energía solar se puede transformar de dos maneras:

1. La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.
2. La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

La energía solar fotovoltaica se utiliza para hacer funcionar lámparas eléctricas, para iluminación o para hacer funcionar radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

Es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras, sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones. En el caso particular de América Central, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar. Según las clasificaciones de la intensidad de la radiación solar en diferentes regiones del mundo, América Central es una región muy privilegiada con respecto del recurso solar disponible, aunque siempre es necesario

evaluar el potencial solar de un sitio específico donde se planea instalar un sistema fotovoltaico.

La energía del sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se debe pagar por utilizar esta energía. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

## Principios de Solarimetría.

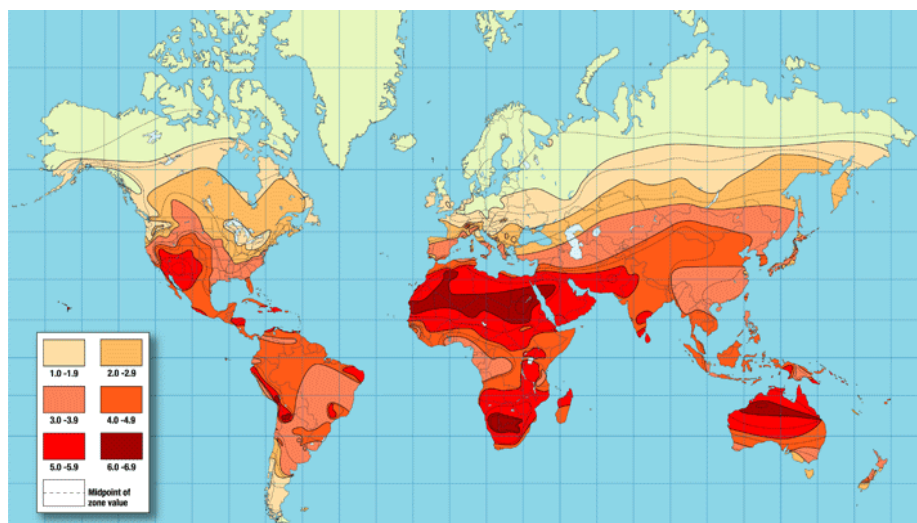
El sol, la fuente de energía más grande del mundo, se sabe que la constante solar es:

$$G_0 = 1,367 \pm 2 \text{ W/m}^2$$

Debido a la elipse sol-tierra, la irradiación fluctúa un poco a través del año: a través del año:  $G = 1.325$  hasta  $1.420 \text{ W/m}^2$ .

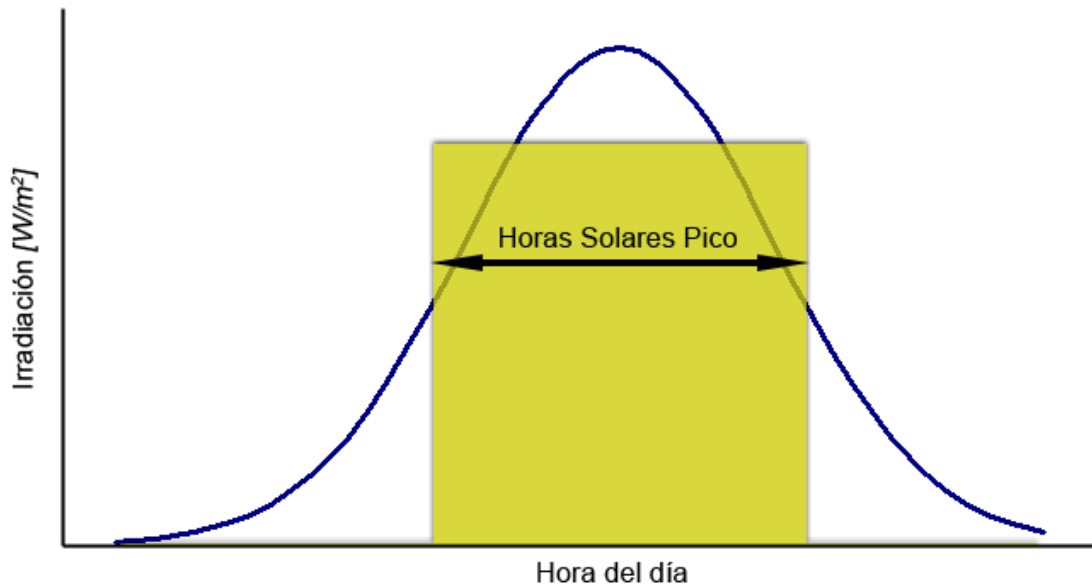
En los últimos años, la constante solar mundial ha sido las más altas en la historia, se sabe también que el año 2015 fue el más caluroso de la historia en todo el mundo.

## Irradiación solar global



## Horas solares pico.

Podríamos definirla como una unidad encargada de medir la irradiación solar y definirla como el tiempo (en horas) de una hipotética irradiación solar constante de  $1.000 \text{ W/m}^2$ .



Las horas solares pico de México están marcadas en este mapa.





## Materiales empleados para la energía fotovoltaica.

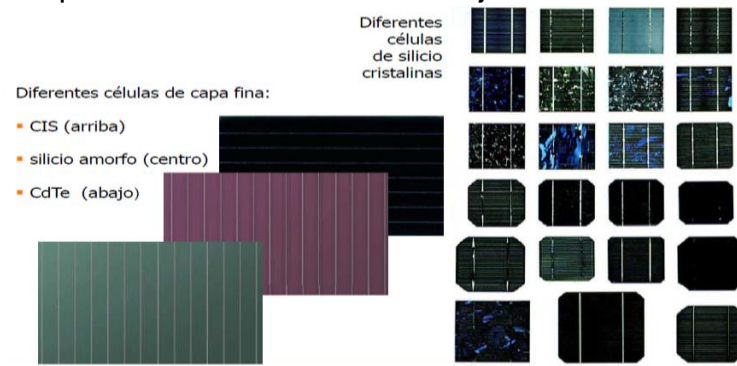
Un panel solar o módulo solar es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento.

Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor costo.

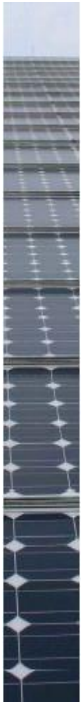
Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 A a 0,5 V (equivalente a un promedio de 90 W/m<sup>2</sup>, en un campo de normalmente 50-150 W/m<sup>2</sup>, dependiendo del brillo solar y la eficiencia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Las células de silicio más empleadas en los paneles fotovoltaicos se pueden dividir en tres subcategorías:

- Las celdas de silicio monocristalino están constituidas por un único cristal de silicio. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme.
- Las celdas de silicio policristalino (también llamado multicristalino) están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las celdas monocristalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.
- Las celdas de silicio amorfo. Son menos eficientes que las celdas de silicio cristalino pero también más barato. Este tipo de células es, por ejemplo, el que se emplea en aplicaciones solares como relojes o calculadoras.



### Celdas de silicio monocristalino.



**Eficiencia:** 15 -18%  
**Forma:** redonda, semi-cuadrada, cuadrada  
**Tamaño en cm x cm:** d=10; 12,5; 15; mayormente (10x10) cm<sup>2</sup> ó (12,5x12,5) cm<sup>2</sup>  
**Grosor:** de 0,14 hasta 0,3 mm  
**Estructura:** homogénea  
**Color:** azul oscuro hasta negro

### Celdas de silicio Policristalino.



Obleas („wafer“) ..



... con AR

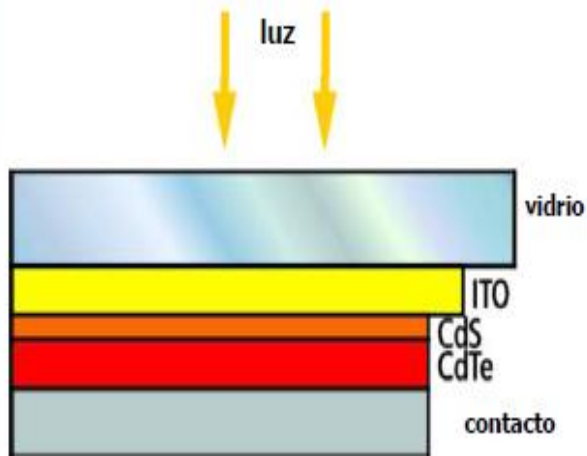


... con AR y contactos



**Eficiencia:** 13 -16%  
**Forma:** redonda, semi-cuadrada, cuadrada  
**Tamaño :** d=10; 12,5; 15; 20 cm; mayormente (12,5x12,5); (15,6x15,6); (20x20) cm<sup>2</sup>  
**Grosor:** de 0,14 bis 0,3 mm  
**Estructura:** de flor de escarcha  
**Color:** azul (con AR), gris plata (sin AR)

## Celdas de telurio de Cadmio.



Eficiencia del panel: 9 hasta 11%



### ¿Qué es un sistema fotovoltaico?

Un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- i. El módulo o panel fotovoltaico
- ii. La batería
- iii. El regulador de carga
- iv. El inversor
- v. Las cargas de aplicación (el consumo)



En instalaciones fotovoltaicas pequeñas es frecuente, además de los equipos antes mencionados, el uso de fusibles para la protección del sistema. En instalaciones medianas y grandes, es necesario utilizar sistemas de protección más complejos y, adicionalmente, sistemas de medición y sistemas de control de la carga eléctrica generada.

## **Componentes principales de un sistema fotovoltaico autónomo.**

El Sistema fotovoltaico autónomo, produce energía eléctrica directamente de la radiación solar. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el modulo fotovoltaico. La corriente producida por el modulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V ó 48V.

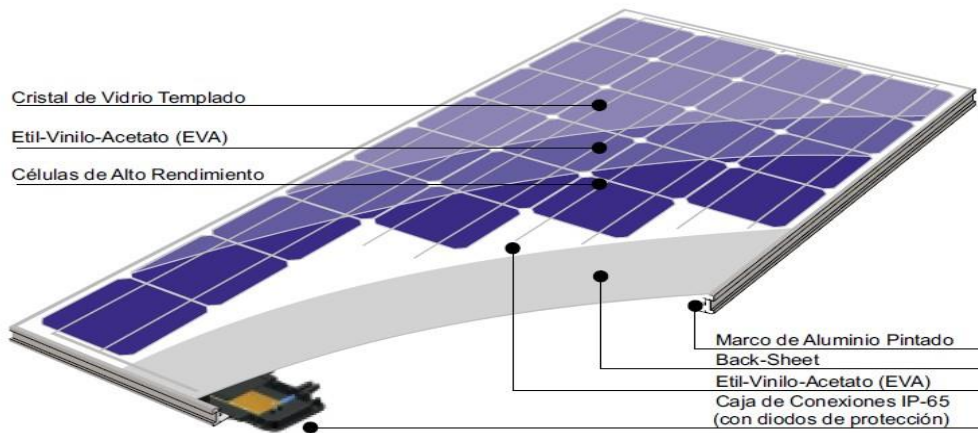
La energía eléctrica producida se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía.

El regulador de carga es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil.

El Sistema Fotovoltaico Domiciliario (SFD) permite la alimentación autónoma de equipos de iluminación, refrigeradores de bajo consumo, radio, televisor. Garantizando un servicio de energía eléctrica permanente, de larga vida útil y con el mínimo mantenimiento. Este sistema está conformado básicamente de un módulo fotovoltaico (generador fotovoltaico), una batería (sistema de acumulación), un regulador de carga (equipo de control) y las cargas en corriente continua (luminarias, Televisor etc.). A estos elementos hay que añadir los materiales auxiliares de infraestructura (cables, estructuras soporte, etc.).

## Módulos fotovoltaicos

La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.



12 Volts	24 Volts
15 Watts	200 Watts
25 Watts	230 Watts
50 Watts	250 Watts
100 Watts	300 Watts
100 Watts	
110 Watts	
130 Watts	
150 Watts	
160 Watts	

## Baterías.

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

1-. Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.

2-.Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar tanto con lámparas o bombillas así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.

3-.Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que puede producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico.

## **Características de las baterías.**

En su apariencia externa este tipo de baterías no difiere mucho de las utilizadas en automóviles. Sin embargo, internamente las baterías para aplicaciones fotovoltaicas están construidas especialmente para trabajar con ciclos de carga/descarga lentos.

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas.

Aunque el costo inicial es más bajo, no es recomendable utilizar baterías de automóviles en sistemas fotovoltaicos dado que no han sido construidas para estos fines. Las consecuencias más graves del empleo de batería de automóviles son:

- a) La vida útil de este tipo de baterías se acorta considerablemente,
- b) los procesos de carga/descarga se hacen ineficientemente.

Así, el ahorro en costos que puede tener comprar baterías de automóviles (en lugar de baterías fotovoltaicas) se pierde ante la necesidad de reemplazarlas frecuentemente.

. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la



capacidad necesaria. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías. También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo. Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación.

Después que las baterías hayan alcanzado su vida útil, deberán ser retiradas y llevadas a centros de reciclaje autorizados (en el caso de algunos proveedores con la venta de la batería se responsabilizan también del retiro y reciclaje). Por ningún motivo deben desecharse en campos abiertos o basureros, pues el derrame de la solución de ácido sulfúrico que contienen ocasiona graves daños al suelo, personas y animales. Finalmente, es importante mantener alejados a los niños de las baterías para evitar cortocircuitos o quemaduras de ácido accidentales.

Al igual de lo que sucede con los módulos fotovoltaicos, se recomienda la ayuda de un conocedor del tema para que sugiera el tipo de batería que más conviene a una instalación fotovoltaica particular. En términos generales, se debe adquirir baterías fotovoltaicas de calidad, que cumplan al menos las especificaciones mínimas.

### **Mantenimiento y vida útil.**

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas 'baterías libre de mantenimiento', no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta "muere súbitamente" debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga. Si se carga una batería más de lo necesario, o si se descarga más de lo debido, ésta se daña. Normalmente, procesos excesivos de carga o descarga tienen como consecuencia que la vida útil de la batería se acorte considerablemente.

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga.

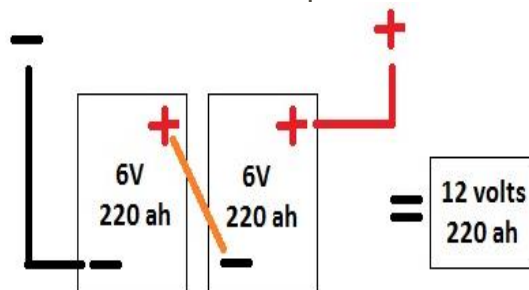
Hay 2 tipos principales de formas de conectar sus baterías a la vez. Uno está poniendo las pilas en serie, este será el doble de la tensión y dejar la clasificación de amperios-hora de la misma. La otra es que los conectan en paralelo, lo que duplicará la clasificación de amperios-hora y dejar la tensión de la misma. Dependiendo de lo que la tensión que usted necesita, qué tipo de baterías que usted utiliza y qué amperios-hora que usted necesita, tendrá que usar uno o ambos de estos métodos de conexión.

Capacidad de baterías			
2 V	6V	8V	12V
1235 Ah	225 Ah	170 Ah	115 Ah
	260 Ah		120 Ah
	315 Ah		150 Ah
	390 Ah		200 Ah
	460 Ah		225 Ah

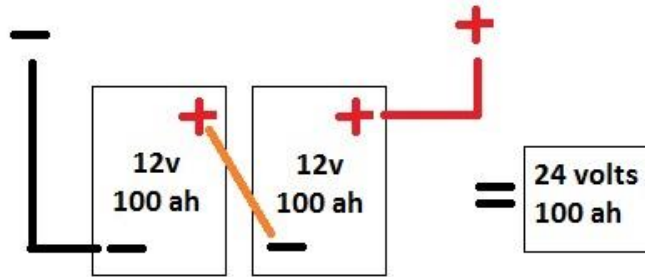
### Conexión de baterías en serie

A continuación podrás ver ejemplos de conexión de baterías en serie. Conexión de las baterías de esta manera el doble de la tensión y mantener la misma amperios-hora.

- Baterías de 6 voltios conectadas en serie para formar 12 voltios y 220 amperios.



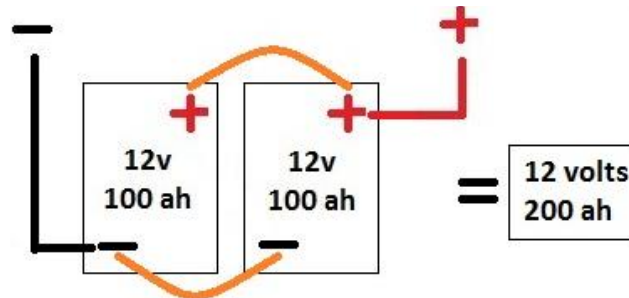
- Baterías de 12 voltios conectadas en serie para formar 24 voltios 100 amperios.



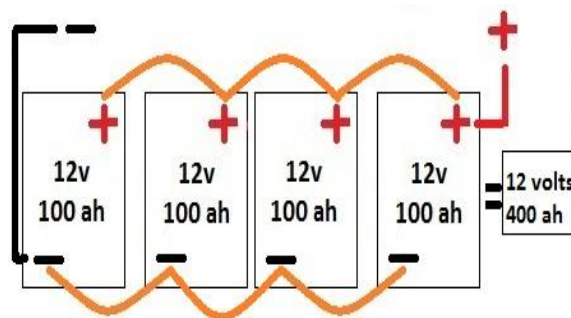
### Conexión de las baterías en paralelo

A continuación podrás ver ejemplos de conexión de las baterías en paralelo. Conexión de las baterías de esta manera, se duplicará la clasificación de amperios-hora y mantener la misma tensión.

- Baterías de 12 voltios conectadas en paralelo para formar 12 voltios a 200 amperios.



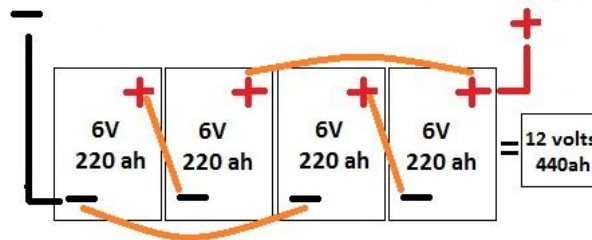
- (4) baterías de 12 voltios conectadas en paralelo para formar 12 voltios a 400 amperios.



## Conexión de baterías en serie y en paralelo.

A continuación podrás ver ejemplos de conexión de las baterías en serie y paralelo. El propósito de conectar las baterías en serie y paralelo es pertinente cuando se quiere conseguir un voltaje específico cuando sólo tienes una batería de voltaje diferente, para empezar, también a los amperios-hora al mismo tiempo para equipar el banco de baterías con más capacidad de almacenamiento.

-baterías de 6 voltios conectados en serie y paralelo para formar 12 voltios 440 Amperios.



## El Regulador o Controlador de Carga.

Este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es aconsejable adquirir siempre un regulador de carga de buena calidad y apropiado a las características de funcionamiento (actuales y futuras) de la instalación fotovoltaica. También, se recomienda adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

Capacidad de controladores			
12 V	24V	12/24V	48V
6 Amp	10 Amp	10 Amp	15 Amp
10 Amp	20 Amp	15 Amp	30 Amp
15 Amp	30 Amp	20 Amp	45 Amp
20 Amp	40 Amp	30 Amp	60 Amp
30 Amp	60 Amp	40 Amp	80 Amp
40 Amp	80 Amp	60 Amp	
		80 Amp	

## El Inversor

Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

Capacidad de Inversor		
12 V	24V	12/24V
100 W	1000 W	700 W
200 W	1500 W	1000 W
250 W	2000 W	1500 W
300 w	2500 W	3000 W
400 W	3000 W	
500 W	5000 W	
600 W		
800 W		
1000 W		
1500 w		
2000 W		

El tipo de la energía se refiere principalmente al comportamiento temporal de los valores de voltaje y corriente con los que se suministra esa energía. Algunos aparatos eléctricos, como lámparas, radios y televisores funcionan a 12 voltios (V)

de corriente directa, y por lo tanto pueden ser energizados a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12 V.

Por otra parte, hay lámparas, radios y televisores que necesitan 120 V ó 110 V de corriente alterna para funcionar. Estos aparatos eléctricos se pueden adquirir en cualquier comercio pues 120 ó 110 son los voltajes con el que operan el 95% de los electrodomésticos en América Central, en los sistemas conectados a la red pública convencional. El voltaje en el tomacorriente, el cual tiene corriente alterna, fluctúa periódicamente a una razón de 60 ciclos por segundo, pero su valor efectivo es equivalente a 120 V.

Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V.

Existe una amplia variedad de inversores para aplicaciones domésticas y usos productivos en sitios aislados, tanto en calidad como en capacidad. Con ellos, se pueden utilizar lámparas, radios, televisores pequeños, teléfonos celulares, computadoras portátiles, y otros.

### Aplicaciones de los sistemas

---

#### **Sistemas individuales CD para aplicaciones domésticas**

La aplicación más frecuente y generalizada de la energía solar fotovoltaica es la electrificación rural de viviendas a través de sistemas individuales CD. Estos sistemas están compuestos, normalmente, por un panel fotovoltaico con una capacidad menor que 100 Wp, un regulador de carga electrónico a 12 V, una o dos baterías con una capacidad total menor que 150 A-h, 2 ó 3 lámparas a 12 V y un tomacorriente para la utilización de aparatos eléctricos de bajo consumo energético diseñados especialmente para trabajar a 12 V CD.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

- a) El voltaje nominal es 12 V de corriente directa: Esto implica que solamente se puede usar lámparas y aparatos que trabajen a 12 V. Es importante

mencionar que, aunque existe una gran variedad de lámparas y electrodomésticos que trabajan a 12 V, en América Central puede ser difícil adquirir este tipo de aparatos en el comercio local, particularmente las lámparas.

Normalmente, es necesario contactar a distribuidores de equipos fotovoltaicos para comprarlas y esto representa inconvenientes en tiempos de entrega (pues se deben importar) y de costos más altos (pues son de fabricación especial).

- b) El costo comparativo de este tipo de sistema es más accesible para los presupuestos familiares:

Esto debido a que se utiliza exclusivamente para satisfacer necesidades básicas de electrificación (luz, radio y TV), los equipos son de baja capacidad; debido a que el sistema trabaja a 12 V, no se necesita usar un inversor.

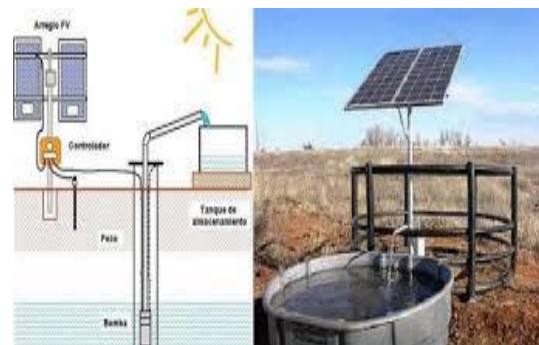
## Sistemas individuales para aplicaciones domésticas

En estos podemos conectar cualquier equipo de 115v ac ya que cuenta con un inversor de corriente de 12v cd a 115v ac.



## Bombeo solar

Principal mente para Sistema de irrigación para bombeo de cultivos.



## Dimensionamiento de un sistema solar

### Carga eléctrica estimada.

Con el fin de delimitar el proyecto se estimó la carga demanda de las viviendas que se plantea electrica, sin embargo esto datos pueden variar con base a las necesidades de los usuarios, aunque es importante destacar que los equipos eléctricos de gran demanda como lo son refrigeradores y sistemas de bombeo, quedan excluidos de este proyecto ya que por su alto consumo energético es recomendable realizar un estudio y propuesta diferente.



Aparato eléctrico	Energía que consume (W)	Cantidad	Carga total (W)	Horas de uso	Carga o energía utilizada durante el día (Wh)
Foco	6	4	24	5	120
Radio	60	1	60	1	60
Licuada	450	1	450	10/60	75
TV	85	1	85	1	85
<b>Total</b>			<b>619 W</b>		<b>340 Wh</b>

### Calculo de número de Paneles fotovoltaicos

Aplicando una suma del 20% por perdidas del sistema y de que el lugar donde pretendemos instalar los paneles no se llevó acabo la medición de insolación exacta, si no que utilizamos datos de radiación solar del estado, tenemos una demanda de;

$$340\text{Wh} * 1.20 = 408 \text{ Wh}$$

Teniendo la demanda y la insolación mínima anual calculamos los watts pico que se necesitan para satisfacer la demanda, y en base a esto poder determinar el número de paneles de acuerdo a las horas pico que generan.

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Horas Min}} = \text{Wp} \qquad \frac{408 \text{ Wh}}{4.4} = 92.72 \text{ Wp}$$

Lo cual podría ser abastecido por 1 panel solar de 100 Wp



### Calculo de banco de baterías

El tercer paso será calcular el banco de baterías, lo cual permitirá tener energía en la noche y días de poca radiación solar. Para esto utilizaremos 3 datos fundamentales; el consumo energético real, el voltaje de las baterías que vamos a utilizar (en este caso de 12V) y los días de autonomía que pretendemos dar a la instalación eléctrica (dependiendo de la importancia y condiciones del lugar).

- Consumo energético; 408 Wh
- Voltaje del sistema; 12V
- Días de autonomía; 1
- 50% de descarga profunda

$$\frac{\text{Consumo} * \text{Día}}{\text{Voltaje del sistema} * \text{\% descarga}} = \text{Ah} \qquad \frac{408 \text{ Wh} * 1}{12\text{V} * .5} = 68 \text{ Ah}$$

$$\frac{68 \text{ Ah}}{115 \text{ AH}} = .58 \approx 1$$

Ahora vamos a seleccionar la cantidad de baterías, para esto dividimos los Ah que obtuvimos anteriormente entre los 115 Ah de la batería de 12 volts que es la más la común.

Concluimos que se va a seleccionar 1 baterías de 115 Ah

## Calculo del regulador de carga.

El cuarto paso será la selección del regulador de carga, cuya función es proteger las baterías de una sobrecarga. Los criterios de selección son;

- Tensiones de baterías compatibles (12V)
- Corriente máxima de paneles (Para este ejemplo la corriente de corto circuito del panel de 100 watts es 4.22) Ver ficha técnica o panel solar.

$$6.46 \text{ A} * 1 = 6.46 \text{ A}$$

Seleccionamos el controlador de 10 Amp.

## Calculo del Inversor.

El quinto paso será el cálculo del inversor, esto para convertir la corriente continua de las baterías en corriente alterna que es con la que funcionan la mayoría de los equipos eléctricos. Para esto consideraremos el máximo consumo instantáneo aplicando un factor de diversidad del 80%

$$(619 * 1.20) = 742.80 \text{ Watts}$$

Se seleccionara un inversor de 800 Watts a 12 V.

## Calculo de conductor y protección.

---

Una vez seleccionado los paneles fotovoltaicos que utilizaremos en nuestro sistema, podremos determinar el calibre del conductor que se utilizara, para esto es necesario saber la corriente de corto circuito "Isc" en este caso de 6.46 A,

Así pues tendremos que la corriente que tiene que soportar nuestro conductor será;

$$I = (I_{sc} \times 1) \times 1.25 \times 1.25$$

$$I = (1 \times 6.46\text{A}) \times 1.25 \times 1.25 = 10.09 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 310-15(b) (16) de la Norma Oficial Mexicana tendremos que seleccionar un conductor THW calibre 14

Para la utilización de este calibre de conductor se recomienda que los módulos fotovoltaicos no se encuentren a una distancia mayor a 2.5m del regulador, baterías he inversor, para evitar una caída de tensión no mayor al 3%, en caso de que se requiera instalar los módulos fotovoltaicos a una mayor distancia se recomienda replantear el calibre del conductor, para evitar una mayor caída de tensión.

Calculo de la caída de tensión:  $0.03 \times \text{Voltaje de operación}$

Calculo de la sección del conductor

$$S = 2 \times \frac{L \times I}{k \times C}$$

Donde:

L= Longitud (Mts)

I= Intensidad de corriente (Amp)

K= Conductividad del material.

C= Caída de tensión.

Material	Resistividad	Unidades
Plata	0.01	$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Cobre	0.0178	$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Oro	0.024	$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Aluminio	0.0283	$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Hierro	0.1	$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Estaño	0.139	$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
Mercurio	0.942	$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

El valor de conductividad del cobre el de 56, este dato se obtiene calculando la inversa de la resistividad.

Para comprobar que el resultado anterior sea correcto podemos calcular el porcentaje de la caída de tensión mediante las siguientes formulas.

$$E=2*r*L*I$$

$$e\% = (E/v) * 100$$

r = Resistividad del conductor ( $\Omega/\text{Km}$ )

L= longitud (Km)

I= Intensidad de corriente.

Calibre AWG kCM	Resistencia C.D Ohms/km			Resistencia C.A Ohms/km		
	25 °C	75 °C	90 °C	25 °C	75 °C	90 °C
20	34.6	41.3	43.3	34.6	41.3	43.3
18	21.8	26.0	27.3	21.8	26.0	27.3
16	13.7	16.3	17.1	13.7	16.3	17.1
14	8.60	10.3	10.76	8.60	10.3	10.76
12	5.42	6.47	6.77	5.42	6.47	6.77
10	3.40	4.06	4.26	3.40	4.06	4.26
8	2.14	2.55	2.68	2.14	2.55	2.68
6	1.34	1.60	1.68	1.34	1.60	1.68
4	0.84	1.01	1.06	0.84	1.01	1.06
2	0.533	0.636	0.666	0.534	0.637	0.667
1/0	0.335	0.400	0.419	0.335	0.401	0.420
2/0	0.265	0.316	0.332	0.265	0.317	0.333
3/0	0.211	0.252	0.264	0.212	0.253	0.265
4/0	0.167	0.199	0.209	0.170	0.202	0.212
250	0.141	0.168	0.177	0.144	0.171	0.179
300	0.118	0.141	0.147	0.122	0.144	0.150
350	0.101	0.121	0.126	0.105	0.124	0.130
400	0.0884	0.105	0.110	0.0933	0.110	0.115
500	0.0707	0.0844	0.088	0.0769	0.090	0.094
600	0.0589	0.0703	0.073	0.0660	0.076	0.080
750	0.0471	0.0562	0.058	0.0558	0.064	0.066
1000	0.0353	0.0421	0.044	0.0461	0.052	0.054

Caída de tensión=  $0.03 * 12 v = 0.36$

$$S = 2 \times \frac{6.0 \text{ m} \times 6.46 \text{ Amp}}{56 \times 0.36} = 3.84 \text{ mm}^2$$

Se utilizara el conductor de calibre # 10

Comprobando:

$$e = 2(6.47 \Omega/\text{Km})(0.006)(6.46) = 0.31$$

$$e\% = (0.31 / 12 v) * 100 = 2.62 \%$$

Para el cálculo del calibre del conductor de las baterías hacia el inversor

$$\frac{\text{Potencia inversor}}{\text{Voltaje sistema}} = \text{A} \qquad \frac{800 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 66.67 \text{ A}$$

Ya que es carga continua se multiplicara por 1.25

$$66.67 \text{ A} * 1.25 = 83.33 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 310-15(b) (16) de la Norma Oficial Mexicana tendremos que seleccionar un conductor THW calibre 4

Ya que la suma de la corriente de corto circuito es igual a 6.46 A podremos seleccionar un interruptor de 10 A para proteger tanto el equipo como el conductor. El conductor de puesta a tierra que se conectara al módulo solar como a las baterías, será de calibre 12 AWG.

Para el calibre del conductor y protección que se utilizara a partir del inversor, se debe determinar la corriente dividiendo 742.8W que es la carga total dentro de los 115 V.

$$\frac{742.8 \text{ W}}{115 \text{ V}} = 6.46 \text{ A}$$

Ya que es carga continua se multiplicara por 1.25

$$6.46 \text{ A} * 1.25 = 8.07 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 310-15(b) (16) de la Norma Oficial Mexicana tendremos que seleccionar un conductor THW calibre 14

## Herramienta para instalación de paneles solares

---

Casco

Lentes protectores

Juego de desarmadores

Pinza de corte

Pinza de punta

Pinza de electricista

Cintas de aislar

Conectores mc4

Llave ponchadora para mc4

Brújula

Taladro

Tornillería

## Ejercicios

Aparato eléctrico	Cantidad	Energía que consume (W)	Carga total	Horas de uso	Carga o energía utilizada durante el día (Wh)
Focos	4	6		5	
TV	1	85		1	
Radio	1	60		1	
Licadora	1	450		10/60	
<b>Total</b>					

**Demanda** = Carga o energía utilizada durante el día(Wh) \* 1.20

### CALCULO DEL PANEL SOLAR

$$\text{Watts pico} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Horas solares mínima}}$$

### CALCULO DE LAS BATERIAS (Considerar 1 día de autonomía)

$$\frac{\text{Demanda} * \text{Día de autonomía}}{\text{Voltaje de sistema} * \% \text{ descarga}} = \text{Ah}$$

$$\frac{\text{Numero de baterías}}{\text{Ah de batería}} = \frac{\text{Ah}}{\text{Ah de batería}} = \text{Pzs}$$

### CALCULO DEL CONTROLADOR Y LA PROTECCION

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} = \text{Amp}$$

### CALCULO DEL INVERSOR

$$\text{Watts} = \text{Carga total} * 1.20$$

Para seleccionar los elementos del sistema solar dirigirse a la pág. 45 del manual.



## CALCULO DE CONDUCTORES

### Panel a controlador

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} * 1.25 * 1.25 = \text{Amp}$$

Si la distancia excede de 2.5 metros verificar formula pág. 28 del manual

### Baterías a inversor

$$\frac{\text{Potencia del inversor (w)}}{\text{Voltaje del sistema (v)}} = \text{Amp}$$

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

### Inversor hacia el domicilio

$$\frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje de salida del inversor (C.A)}} = \text{Amp}$$

Con el resultado obtenido se selecciona el interruptor

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

Para seleccionar el calibre del conductor ver la tabla 310-15(b) (16) de la Norma oficial mexicana, que se encuentra en la pág. 44 del manual.

Aparato eléctrico	Cantidad	Energía que consume (W)	Carga total	Horas de uso	Carga o energía utilizada durante el día (Wh)
Focos	6	6		6	
TV	1	85		3	
Radio	1	60		1	
Cargador de celular	1	20		2	
<b>Total</b>					

$$\text{Demanda} = \text{Carga o energía utilizada durante el día(Wh)} * 1.20$$

## CALCULO DEL PANEL SOLAR

$$\text{Watts pico} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Horas solares mínima}}$$

## CALCULO DE LAS BATERIAS (Considerar 1 día de autonomía)

$$\frac{\text{Demanda} * \text{Día de autonomía}}{\text{Voltaje de sistema} * \% \text{descarga}} = \text{Ah}$$

$$\text{Numero de baterías} = \frac{\text{Ah}}{\text{Ah de batería}} = \text{Pzs}$$

## CALCULO DEL CONTROLADOR Y LA PROTECCION

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} = \text{Amp}$$

## CALCULO DEL INVERSOR

$$\text{Watts} = \text{Carga total} * 1.20$$

Para seleccionar los elementos del sistema solar dirigirse a la pág. 45 del manual.

## CALCULO DE CONDUCTORES

### Panel a controlador

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} * 1.25 * 1.25 = \text{Amp}$$

Si la distancia excede de 2.5 metros verificar formula pág. 28 del manual

### Baterías a inversor

$$\frac{\text{Potencia del inversor (w)}}{\text{Voltaje del sistema (v)}} = \text{Amp}$$

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

### Inversor hacia el domicilio

$$\frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje de salida del inversor (C.A)}} = \text{Amp}$$

Con el resultado obtenido se selecciona el interruptor

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

Para seleccionar el calibre del conductor ver la tabla 310-15(b) (16) de la Norma oficial mexicana, que se encuentra en la pág. 44 del manual.

Aparato eléctrico	Cantidad	Energía que consume (W)	Carga total	Horas de uso	Carga o energía utilizada durante el día (Wh)
Focos	7	6		5	
TV	1	85		5	
Radio	1	60		3	
Licadora	1	450		30/60	
Cargador de celular	1	20		2	
<b>Total</b>					

$$\text{Demanda} = \text{Carga o energía utilizada durante el día(Wh)} * 1.20$$

## CALCULO DEL PANEL SOLAR

$$\text{Watts pico} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Horas solares mínima}}$$

## CALCULO DE LAS BATERIAS (Considerar 1 día de autonomía)

$$\frac{\text{Demanda} * \text{Día de autonomía}}{\text{Voltaje de sistema} * \% \text{descarga}} = \text{Ah}$$

$$\text{Numero de baterías} = \frac{\text{Ah}}{\text{Ah de batería}} = \text{Pzs}$$

## CALCULO DEL CONTROLADOR Y LA PROTECCION

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} = \text{Amp}$$

## CALCULO DEL INVERSOR

$$\text{Watts} = \text{Carga total} * 1.20$$

Para seleccionar los elementos del sistema solar dirigirse a la pág. 45 del manual.

## CALCULO DE CONDUCTORES

### Panel a controlador

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} * 1.25 * 1.25 = \text{Amp}$$

Si la distancia excede de 2.5 metros verificar formula pág. 28 del manual

### Baterías a inversor

$$\frac{\text{Potencia del inversor (w)}}{\text{Voltaje del sistema (v)}} = \text{Amp}$$

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

### Inversor hacia el domicilio

$$\frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje de salida del inversor (C.A)}} = \text{Amp}$$

Con el resultado obtenido se selecciona el interruptor

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

Para seleccionar el calibre del conductor ver la tabla 310-15(b) (16) de la Norma oficial mexicana, que se encuentra en la pág. 44 del manual.

Aparato eléctrico	Cantidad	Energía que consume (W)	Carga total	Horas de uso	Carga o energía utilizada durante el día (Wh)
Foco	5	13		6	
TV	1	120		4	
Licadora	1	450		1/3	
Frijo bar 4"	1	70		10	
Cargador de celular	2	20		2	
<b>Total</b>					

$$\text{Demanda} = \text{Carga o energía utilizada durante el día(Wh)} * 1.20$$

## CALCULO DEL PANEL SOLAR

$$\text{Watts pico} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Horas solares mínima}}$$

## CALCULO DE LAS BATERIAS (Considerar 1 día de autonomía)

$$\frac{\text{Demanda} * \text{Día de autonomía}}{\text{Voltaje de sistema} * \% \text{descarga}} = \text{Ah}$$

$$\text{Numero de baterías} = \frac{\text{Ah}}{\text{Ah de batería}} = \text{Pzs}$$

## CALCULO DEL CONTROLADOR Y LA PROTECCION

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} = \text{Amp}$$

## CALCULO DEL INVERSOR

$$\text{Watts} = \text{Carga total} * 1.20$$

Para seleccionar los elementos del sistema solar dirigirse a la pág. 45 del manual.

## CALCULO DE CONDUCTORES

### Panel a controlador

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} * 1.25 * 1.25 = \text{Amp}$$

Si la distancia excede de 2.5 metros verificar formula pág. 28 del manual

### Baterías a inversor

$$\frac{\text{Potencia del inversor (w)}}{\text{Voltaje del sistema (v)}} = \text{Amp}$$

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

### Inversor hacia el domicilio

$$\frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje de salida del inversor (C.A)}} = \text{Amp}$$

Con el resultado obtenido se selecciona el interruptor

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

Para seleccionar el calibre del conductor ver la tabla 310-15(b) (16) de la Norma oficial mexicana, que se encuentra en la pág. 44 del manual.

Aparato eléctrico	Cantidad	Energía que consume (W)	Carga total	Horas de uso	Carga o energía utilizada durante el día (Wh)
Foco	6	13		6	
TV	1	120		4	
Licuada	1	450		1/6	
Refrigerador	1	350		10	
Radio	1	130		2	
<b>Total</b>					

**Demanda** = Carga o energía utilizada durante el día(Wh) \* 1.20

## CALCULO DEL PANEL SOLAR

$$\text{Watts pico} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Horas solares mínima}}$$

## CALCULO DE LAS BATERIAS (Considerar 1 día de autonomía)

$$\frac{\text{Demanda} * \text{Día de autonomía}}{\text{Voltaje de sistema} * \% \text{descarga}} = \text{Ah}$$

$$\text{Numero de baterías} = \frac{\text{Ah}}{\text{Ah de batería}} = \text{Pzs}$$

## CALCULO DEL CONTROLADOR Y LA PROTECCION

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} = \text{Amp}$$

## CALCULO DEL INVERSOR

$$\text{Watts} = \text{Carga total} * 1.20$$

Para seleccionar los elementos del sistema solar dirigirse a la pág. 45 del manual.



## CALCULO DE CONDUCTORES

### Panel a controlador

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} * 1.25 * 1.25 = \text{Amp}$$

Si la distancia excede de 2.5 metros verificar formula pág. 28 del manual

### Baterías a inversor

$$\frac{\text{Potencia del inversor (w)}}{\text{Voltaje del sistema (v)}} = \text{Amp}$$

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

### Inversor hacia el domicilio

$$\frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje de salida del inversor (C.A)}} = \text{Amp}$$

Con el resultado obtenido se selecciona el interruptor

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

Para seleccionar el calibre del conductor ver la tabla 310-15(b) (16) de la Norma oficial mexicana, que se encuentra en la pág. 44 del manual.

Aparato eléctrico	Cantidad	Energía que consume (W)	Carga total	Horas de uso	Carga o energía utilizada durante el día (Wh)
Foco	6	13		6	
TV	1	120		4	
Cargador de celular	2	20		3	
Licuada	1	450		1/6	
Refrigerador	1	350		10	
Plancha	1	1200		1/6	
DVD	1	150		2	
Lap top	1	100		1	
<b>Total</b>					

$$\text{Demanda} = \text{Carga o energía utilizada durante el día(Wh)} * 1.20$$

## CALCULO DEL PANEL SOLAR

$$\text{Watts pico} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Horas solares mínima}}$$

## CALCULO DE LAS BATERIAS (Considerar 1 día de autonomía)

$$\frac{\text{Demanda} * \text{Día de autonomía}}{\text{Voltaje de sistema} * \% \text{ descarga}} = \text{Ah}$$

$$\text{Numero de baterías} = \frac{\text{Ah}}{\text{Ah de batería}} = \text{Pzs}$$

## CALCULO DEL CONTROLADOR Y LA PROTECCION

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} = \text{Amp}$$

## CALCULO DEL INVERSOR

$$\text{Watts} = \text{Carga total} * 1.20$$

Para seleccionar los elementos del sistema solar dirigirse a la pág. 45 del manual.

## CALCULO DE CONDUCTORES

### Panel a controlador

$$\text{Corriente de corto circuito (Isc)} * \text{Numero de panel} * 1.25 * 1.25 = \text{Amp}$$

Si la distancia excede de 2.5 metros verificar formula pág. 28 del manual

### Baterías a inversor

$$\frac{\text{Potencia del inversor (w)}}{\text{Voltaje del sistema (v)}} = \text{Amp}$$

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

### Inversor hacia el domicilio

$$\frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje de salida del inversor (C.A)}} = \text{Amp}$$

Con el resultado obtenido se selecciona el interruptor

$$\text{Amp} * 1.25 = \text{A}$$

Para seleccionar el calibre del conductor ver la tabla 310-15(b) (16) de la Norma oficial mexicana, que se encuentra en la pág. 44 del manual.

Tabla 310-15(b) (16)

**Tabla 310-15(b)(16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C\***

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18 <sup>**</sup>	—	—	14	—	—	—
1.31	16 <sup>**</sup>	—	—	18	—	—	—
2.08	14 <sup>**</sup>	15	20	25	—	—	—
3.31	12 <sup>**</sup>	20	25	30	—	—	—
5.26	10 <sup>**</sup>	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

\* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

\*\* Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

## Tabla de las capacidades de los elementos de un sistema solar

### Capacidad del módulo solar

12 Volts	Isc	24 Volts	Isc
15 Watts	1.20 Amp	200 Watts	6.43 Amp
25 Watts	1.36 Amp	230 Watts	8.16 Amp
50 Watts	2.95 Amp	250 Watts	8.28 Amp
100 Watts	6.46 Amp	300 Watts	8.39 Amp
110 Watts	7.08 Amp		
130 Watts	7.99 Amp		
150 Watts	8.62 Amp		
160 Watts	8.66 Amp		

### Capacidad de las baterías

Capacidad de baterías			
2 V	6V	8V	12V
1235 Ah	225 Ah	170 Ah	115 Ah
	260 Ah		120 Ah
	315 Ah		150 Ah
	390 Ah		200 Ah
	460 Ah		225 Ah

### Capacidad de los controladores

Capacidad de controladores			
12 V	24V	12/24V	48V
6 Amp	10 Amp	10 Amp	15 Amp
10 Amp	20 Amp	15 Amp	30 Amp
15 Amp	30 Amp	20 Amp	45 Amp
20 Amp	40 Amp	30 Amp	60 Amp
30 Amp	60 Amp	40 Amp	80 Amp
40 Amp	80 Amp	60 Amp	
		80 Amp	

### Capacidad de los inversores

Capacidad de Inversor		
12 V	24V	12/24V
100 W	1000 W	700 W
200 W	1500 W	1000 W
250 W	2000 W	1500 W
300 w	2500 W	3000 W
400 W	3000 W	
500 W	5000 W	
600 W		
800 W		
1000 W		
1500 w		
2000 W		

### Capacidad de los Interruptores

Amperaje
6 Amp
10 Amp
15 Amp
16 Amp
20 Amp
30 Amp
32 Amp
40 Amp
50 Amp
70 Amp

## Código Eléctrico Nacional

### (NEC) 690.7 Tensión Máxima

#### (A) Tensión Máxima en el Sistema Fotovoltaico.

En los circuitos cc de una fuente fotovoltaica o en sus circuitos de salida, la tensión máxima en el sistema fotovoltaico es aquella en el circuito calculada como la suma de la tensión de circuito abierto de régimen de los módulos fotovoltaicos conectados en serie corregida por la temperatura ambiente más baja esperada. Para los módulos de silicón cristalino y multi-cristalino, la tensión de circuito abierto de régimen será multiplicada por el factor de corrección indicado en la Tabla 690.7. Esta tensión será utilizada a fin de determinar la tensión de régimen de los cables, seccionadores, dispositivos de sobre corriente, y otros equipos.

**Tabla 690.7 Factores de Corrección Para Módulos de Silicón Cristalinos y Muti-Cristalinos**

Temperatura Ambiente °C	Factores de Corrección para Temperatura Ambiente Bajo 25 °C (77 °F) (Multiplicar la tensión nominal de circuito abierto por el factor mostrado abajo)		Temperatura Ambiente °F
	25 a 10	1.06	
9 a 0	1.10	49 a 32	
-1 a -10	1.13	31 a 14	
-11 a -20	1.17	13 a -4	
-21 a -40	1.25	-5 a -40	

### 690.8 Dimensionado de Circuitos y Corriente.

#### (B) Ampacidad y Régimen de los Dispositivos de Sobre corriente.

Las corrientes de los sistemas fotovoltaicos serán consideradas como de régimen continuo.

#### (1) Dimensionado de Conductores y Dispositivos de Sobre corriente.

Los conductores de los circuitos y los dispositivos de sobre corriente serán dimensionados para conducir una corriente no inferior al 125% de la máxima corriente calculada.

Potencia demandada (en W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (en V)
< de 1500 W	12V
Entre 1500 W y 5000 W	24V ó 48V
> 5000 W	120V ó 300V

## Horas solares

Es la unidad de medición de la irradiación solar. La siguiente tabla muestra la irradiación solar en **kWh/m<sup>2</sup> - Día** en cada uno de los meses en la República Mexicana.

Fuentes: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Ags	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4	4	7.2	5.6
BCS	La Paz	4.4	5.5	6	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
BC	Mexicali	4.1	4.4	5	5.6	6.6	7.3	7	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
BC	San Javier	4.2	4.6	5.3	6.2	6.5	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5
BCS	S. José del Cabo	5	5.6	5.8	5.9	6.9	6.1	5.8	6.2	5.8	5.8	5.2	4.4	4.5	6.3	5.7
Cam	Campeche	4.8	5.7	6	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5	4.3	4.4	6	5.2
Chis	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chis	Juan Aldama	4.4	5.1	4.9	4.5	4.5	4.1	4.4	4.5	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	5.1	4.5
Chis	San Cristóbal	4	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chis	Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Chis	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chih	Chihuahua	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.4	6.4	6.5	6.8	6.8	6	5.2	5.3	8.9	5.9
Chih	Guachochi	3.3	3.5	3.9	4.4	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.1	4.9	4.4	3.3	6.9	6.4
Chih	Cd. Juárez	6	7.2	7.3	7.3	6.9	6.5	6.3	6.5	6.8	7.4	6.6	5.9	5.9	7.4	6.7
Coah	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coah	Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Col	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6	5.2	4.9	5	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6	4.9
D.F.	Tacubaya	5.4	6	6.4	5.9	5.3	5.1	4.5	4.9	4.5	4.8	5.2	5.2	4.5	6.4	5.3
Dgo	Durango	4.4	5.4	6.5	7	7.5	6.8	6	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Gto	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6	6	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Gro	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5	4.7	4.7	6.1	5.3
Gro	Aguas Blancas	5.8	5.9	6	5.8	5.8	5.4	5.6	5.8	5.5	5.6	5.5	5.5	5.4	6	5.7
Gro	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Hlgo	Pachuca	4.6	5.1	5.6	6.8	6	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Jal	Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9

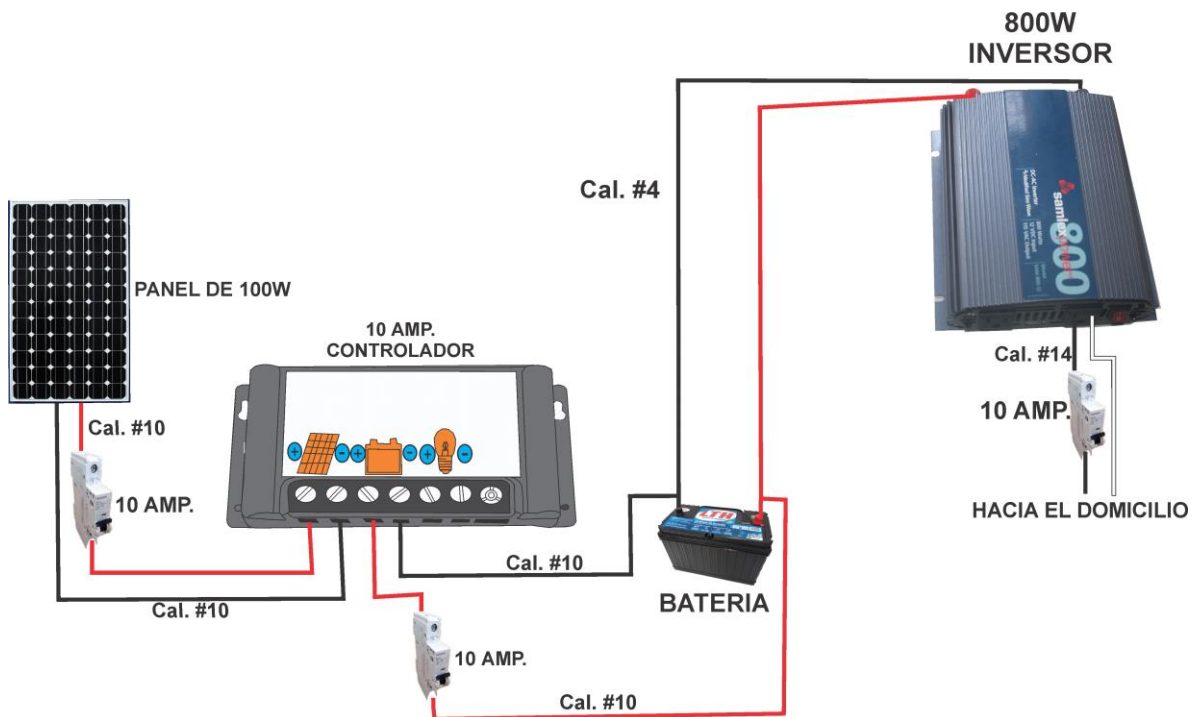
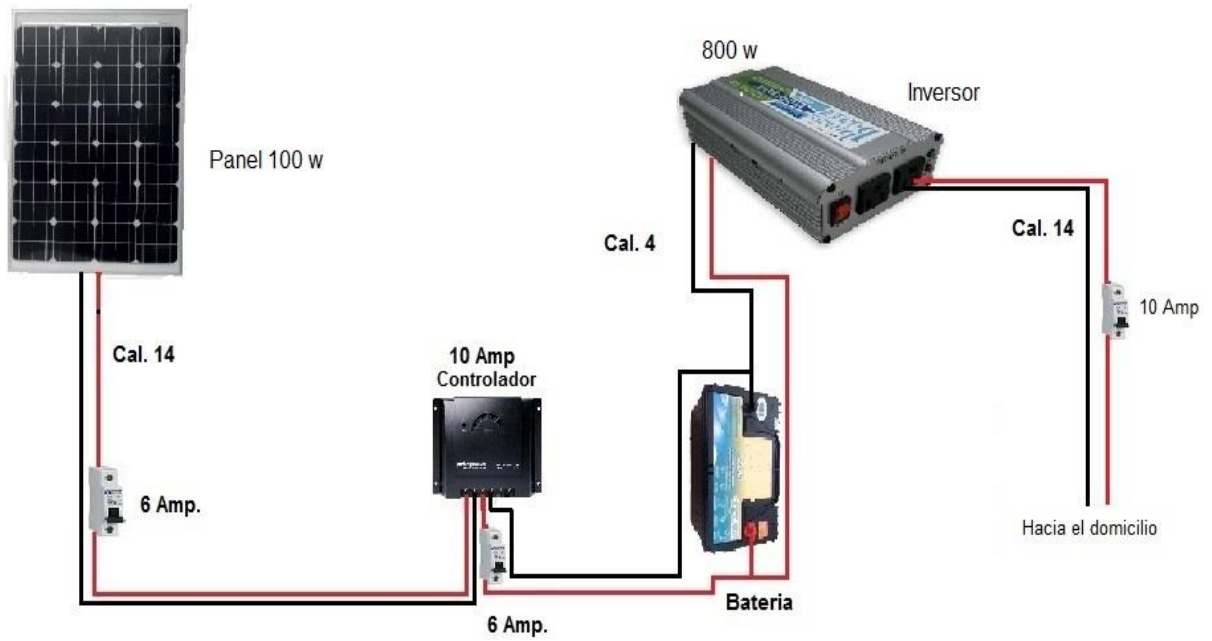
Jal	Guadalajara	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4	4	7.7	5.6
Jal	L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	5.8	5.6	5.5	5	4.7	4	4	7.2	5.5
Jal	Puerto Vallarta	5.2	5.7	6	5.8	5.7	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6	5.5
Méx	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Mich	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Nay	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4	4.8	3.9	6.1	4.8
NL	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5	3.8	3.3	3	3	6.1	4.4
Oax	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6	5.4	5.9	5.6	5	4.9	4.8	4.4	4.4	6	5.3
Oax	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5	6.6	5.8
Oax	Huatulco	5,62	6,3	7	7,22	6,57	5,44	5,75	5,56	4,91	5,46	5,53	5,36	4,91	7,22	5,89
Oax	Puerto Escondido	5,75	6,52	7,24	7,46	6,92	5,86	6,18	6,04	5,34	5,83	5,70	5,46	5,46	7,46	6,19
Oax	Huajuapán de león	5.26	5.93	6.63	6.81	6.44	5.70	5.92	5.84	5.32	5.34	5.29	5.05	5.05	6.63	5.79
Oax	Santa catarina juquila	5.45	6.17	6.83	7.00	6.44	5.64	6.02	5.83	5.26	5.45	5.44	5.25	5.26	7.00	5.9
Oax	Tehuantepec	4.92	5.53	6.27	6.49	5.88	5.05	5.38	5.19	4.63	4.78	4.82	4.72	4.63	6.27	5.31
Pue	Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Qro	Querétaro	5	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5	4.4	4.4	6.9	5.9
QR	Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5	4.5	4.4	4	3.7	3.7	5.7	4.7
QR	Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4	3.8	3.8	5.7	4.7
SLP	Río Verde	3.6	4	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
SLP	San Luis Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Sin	Culiacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9
Sin	Los Mochis	4.9	5.4	5.8	5.9	5.8	5.8	5.3	5.5	5.5	5.8	4.9	4.3	4.3	5.9	5.4
Sin	Mazatlan	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9
Son	Ciudad Obregón	5.8	6.4	6.8	6.9	6.9	6.7	6.4	6.5	6.8	7.3	6	5.2	5.3	7.26	6.5
Son	Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6
Son	Hermosillo	4	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6	4.7	3.9	3.9	8.6	6
Tamps	Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	5.4	4.6
Tamps	Tampico	3.3	4.1	4.7	6.4	5	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5
Tlax	Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4	4	5.6	5.1
Ver	Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7



Ver	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5	4.4	3.7	3.3	3	3	5	4
Ver	Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Yuc	Mérida	3.7	4	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7
Yuc	Progreso	4.1	4.9	5.4	5.5	5.3	5.1	5.3	5.3	5	5	4.4	4	4	5.5	4.9
Yuc	Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.4	5.7	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	5.7	4.5
Zac	Zacatecas	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8

<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets@nrcan.gc.ca>

## Diagramas de conexión



## ANEXOS DE CONEXIÓN DE BATERIAS





## Empresas dedicadas a la venta de equipos solares en oaxaca

	Nombre	Telefono	Facebook
	ENALTO	5030926	ENALTO ENERGIA SOLAR
	DESMEX SOLAR	1325030	DESMEX SOLAR OAXACA
	SOLARVATIO	5167389	SOLARVATIO SA. DE CV.
	ENERGIZATE SOLAR	5010503	ENERGIZATE SOLAR
	SITSOLAR	1324556	SITSOLAR TECNOLOGIA SOLAR
	MAXSOLAR	5011397	MAXSOLAR ENERGIA
	IEASA	5168771	
	TONATI	9515700092	TONATISOLAR