



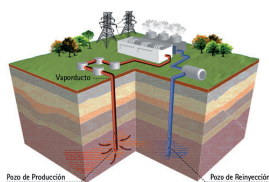
Reconocido por el MEC - Resolución N° 391/04

Generación de Energía Solar

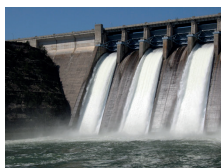


Copyright © 2026|Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial.
Manual elaborado por el Prof. Ing. Juan Carlos Fariña para el Instituto Técnico Superior de Electricidad ITC, centro de formación y capacitación profesional reconocido por el Ministerio de Educación y Ciencias (MEC).

Fuentes de energías renovables



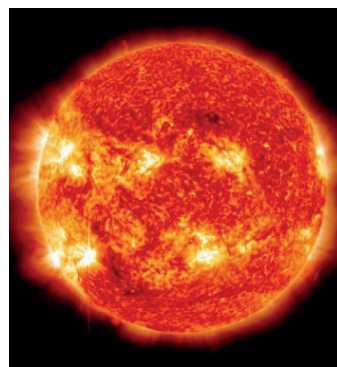
➤ Geotérmica



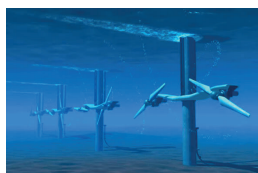
➤ Hidroenergía



➤ Eólico



➤ Solar



➤ Oceánica



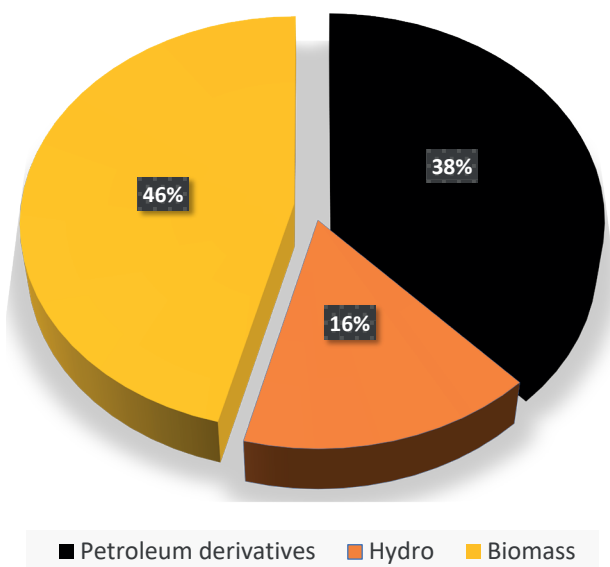
➤ Biomasa



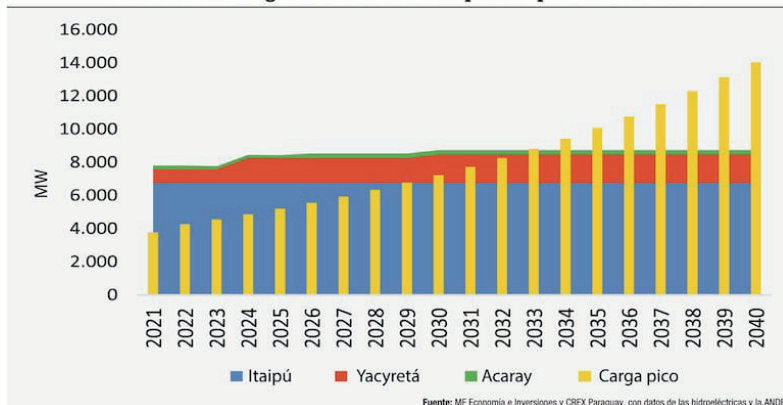
➤ Hidrogeno

Matriz energética del Paraguay

Consumo final

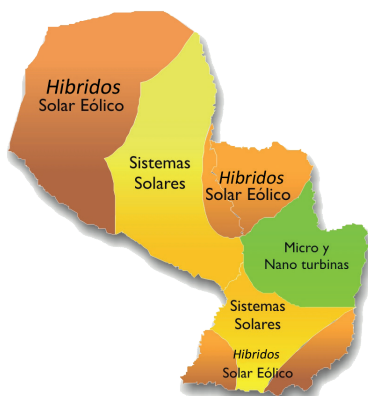


Necesidades de generación eléctrica para la próxima década

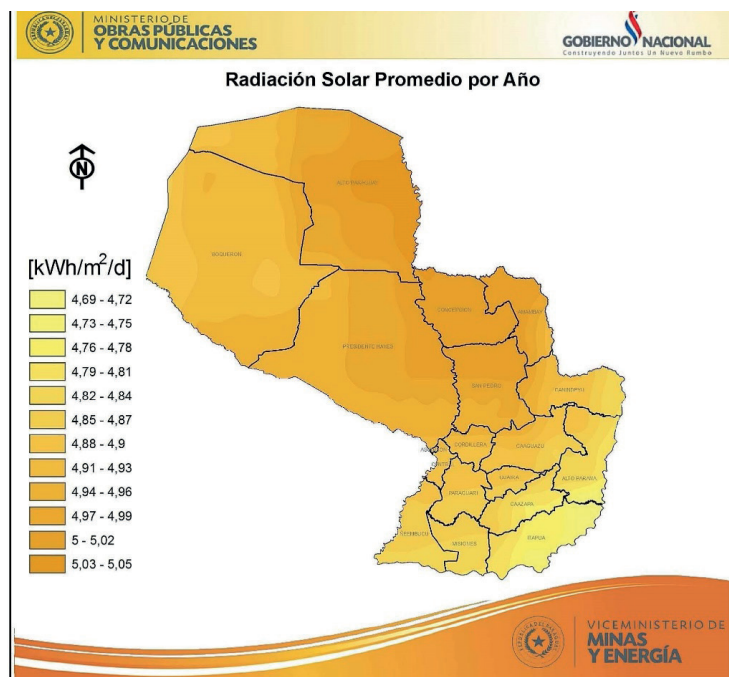


Fuente: MF Economía e Inversiones y CREX Paraguay, con datos de las hidroeléctricas y la ANDE.

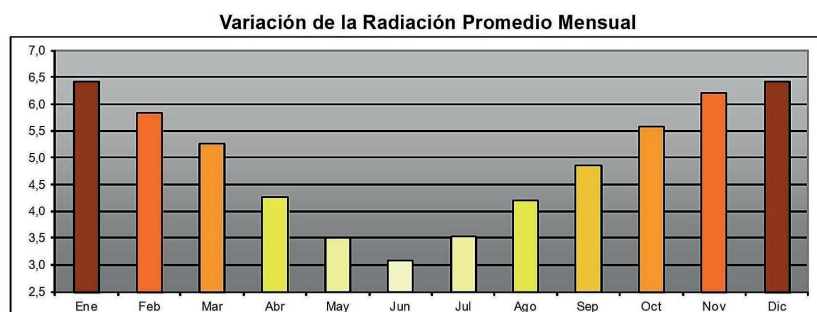
Potencial energético para Paraguay



Radiación solar promedio por año



Variación de la radiación promedio mensual



Razones para invertir en energías renovables en Paraguay

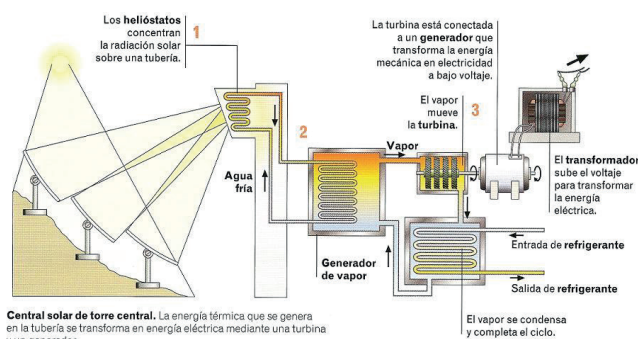
- Su desarrollo permitirá tener mas excedentes energéticos para la exportación.
- Preparación para cuando la demanda no sea cubierta por generación hidroeléctrica. La actual estadística indica que será en el 2030.
- Desarrollo de una alternativa para la energización rural.
- Reducir la dependencia de importaciones de petróleo a través de la producción de biocombustibles (también tiene un efecto positivo en el balance comercial y en el desarrollo de una industria local).
- Sustitución de biomasa por otros tipos de energía, para evitar de deforestación.
- Descentralización de la generación de electricidad es necesaria para asegurar un suministro seguro.

Tipos de aprovechamiento de la energía solar

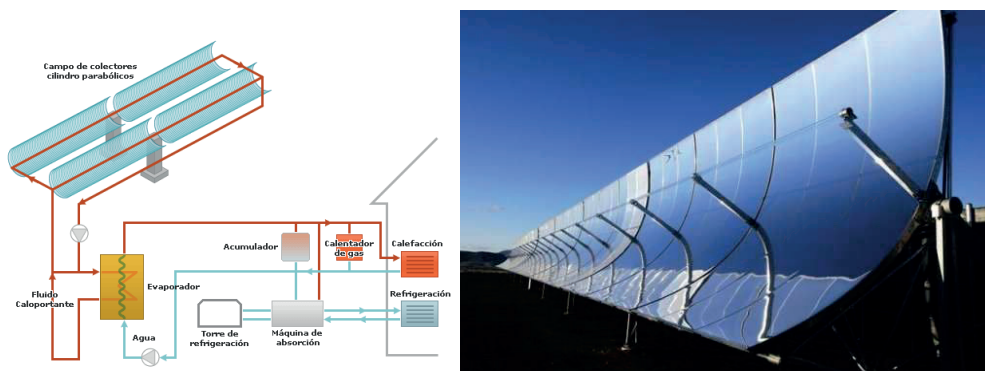
Existen dos métodos:

- Conversión directa.
- Conversión indirecta.

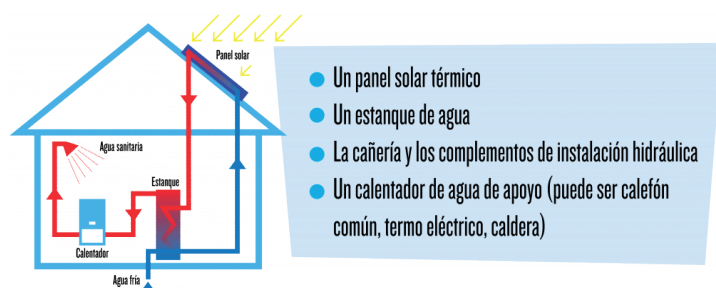
Conversión directa – Centrales solares de torre central



Conversión directa – Centro de colectores distribuido



Calefones solares



- Un panel solar térmico
- Un estanque de agua
- La cañería y los complementos de instalación hidráulica
- Un calentador de agua de apoyo (puede ser calefón común, termo eléctrico, caldera)



Conversión indirecta – Plantas Fotovoltaicas

- El elemento básico de un parque fotovoltaico es el conjunto de células fotovoltaicas que captan la energía solar, transformándola en corriente eléctrica continua. Las células fotovoltaicas están integradas en módulos que, al unirse, formarán placas fotovoltaicas.
- La corriente continua generada se envía, en primer lugar, a un armario de corriente continua donde se producirá la transformación con la ayuda de un inversor de corriente y, finalmente se lleva a un centro de transformación donde se adapta la corriente a las condiciones de intensidad y tensión de las líneas de transporte de la red eléctrica.
- Su eficiencia es prácticamente independiente de la potencia instalada.
- El nivel tecnológico necesario para su instalación es muy simple.
- Requiere una infraestructura muy simple, comparada con otros sistemas de generación eléctrica.
- No tienen elementos mecánicos y partes móviles.
- Su mantenimiento, excepto el de los acumuladores de electricidad es casi nulo.
- No son ruidosos, no requieren refrigeración ni emiten gases.
- Consumen una energía gratuita, inagotable y que es respetuosa con el medio ambiente.

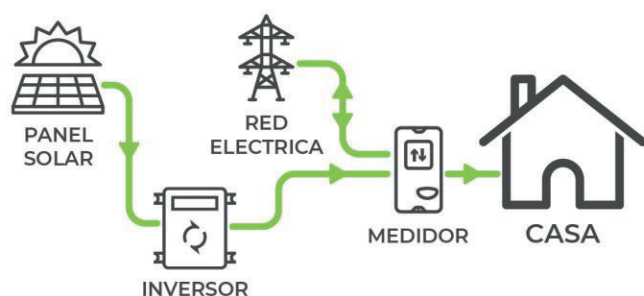
Aplicación de sistemas fotovoltaicos

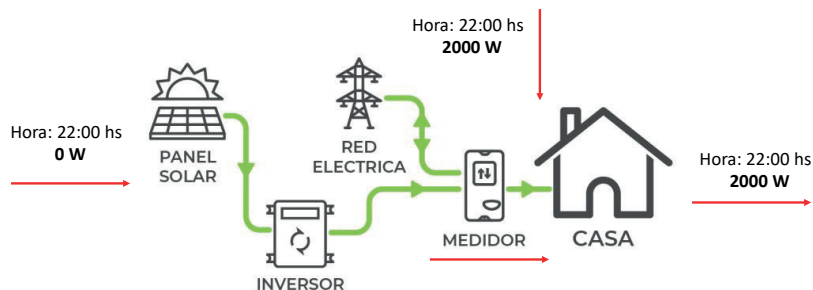
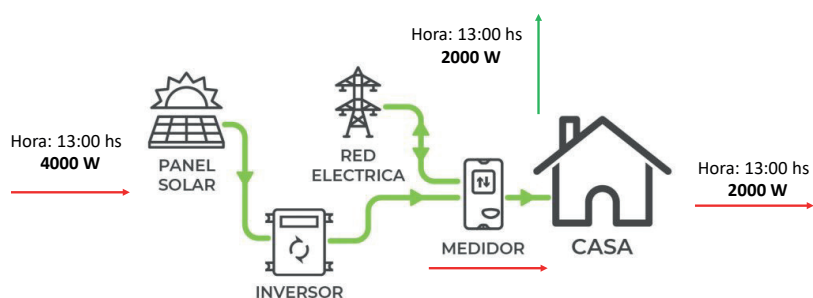
- Electrificación autónoma de viviendas situadas en zonas aisladas o de baja cobertura eléctrica.
- Dispositivos y aparatos que demanden poca potencia y estén situados en puntos de difícil acceso, como balizas y boyas, repetidores de telecomunicación, etc.
- Dispositivos o aparatos que demandan poca potencia, en los que el precio del sistema fotovoltaico compensa el coste de la conexión a la red, como teléfonos de auxilio en autopistas, iluminación por medio de alumbrados públicos, iluminación exterior de jardines, etc.
- Instalaciones de mediana y gran potencia conectadas a la red.
- Edificios con paneles integrados en su estructura y conectados a la red.
- Bombeo de agua en instalaciones cuya demanda energética es similar. La energía solar se consume cuando se produce y los excedentes pueden almacenarse fácilmente.

Clasificación de sistemas fotovoltaicos

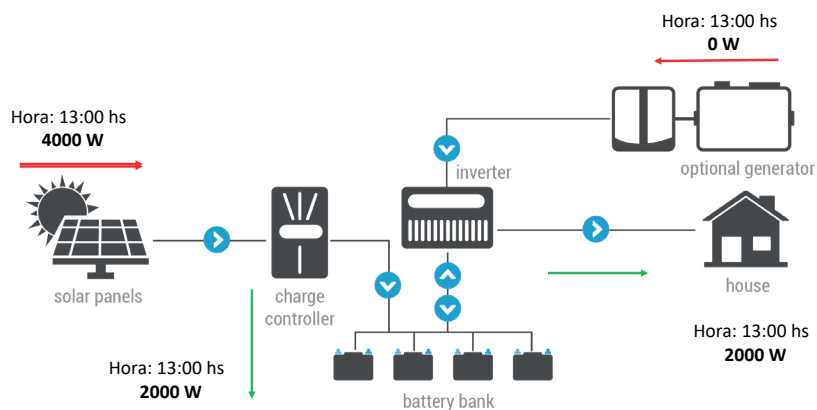
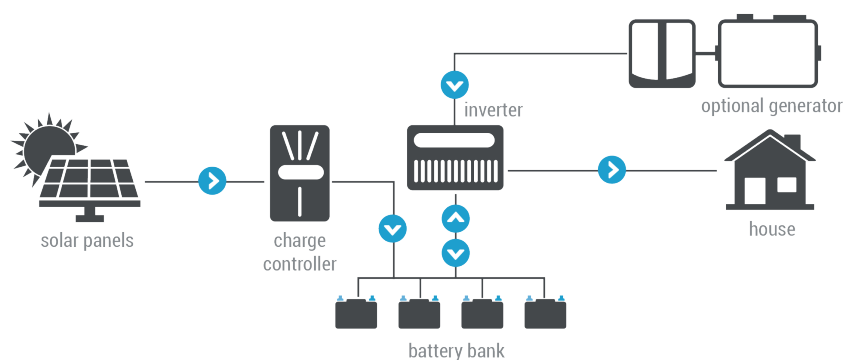
- **Autónoma (off grid) o también llamada aislada:** no está conectada a la red pública. Por lo general de pequeña potencia, y utilizada en zonas aisladas.
- **Conectadas (on grid):** Son de potencias considerables, que pueden clasificarse en dos grandes grupos. Edificios solares y plantas fotovoltaicas también llamada granjas solares.
- **Híbridas:** Son las que se conectan a la red pero también poseen un banco de baterías para sistemas en caso de corte de energía.

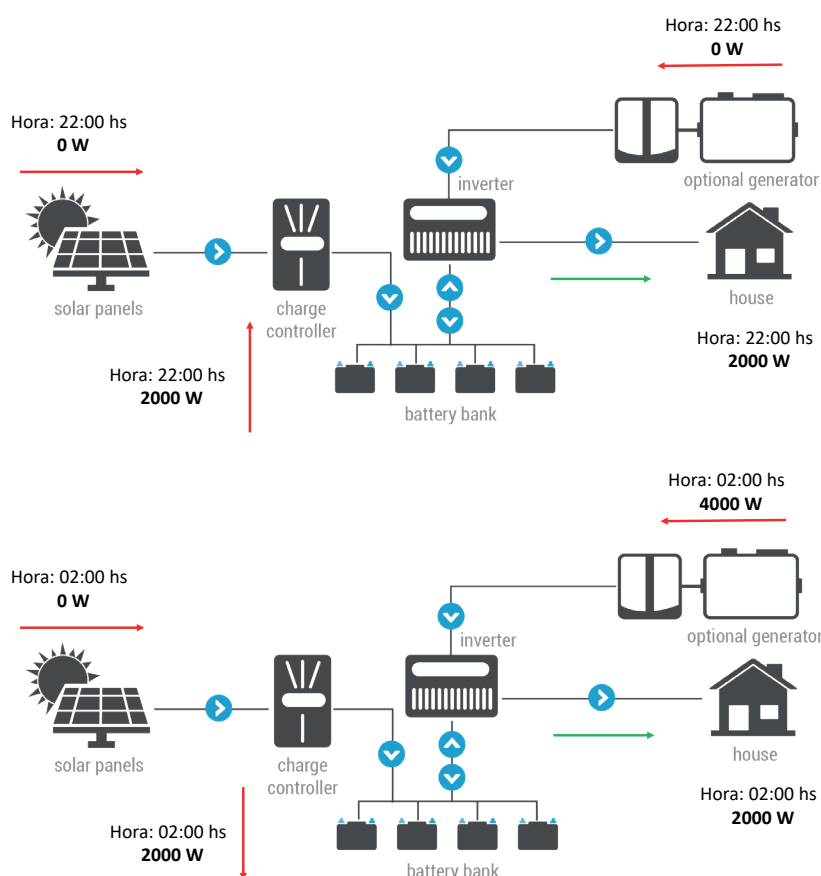
Sistema fotovoltaico conectado a la red (on grid)





Sistemas fotovoltaicos híbridos (Off Grid)





Ley N.º 7.599/25 “De modernización del régimen que regula y fomenta la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales no hidráulicas”

La Ley N.º 7599/2025 de Paraguay, promulgada en diciembre de 2025, moderniza el marco regulatorio para fomentar la generación, producción y uso de energías renovables no convencionales no hidráulicas (solar, eólica, biomasa, etc.). Esta norma sustituye a la Ley 6977/2023, buscando diversificar la matriz energética, incentivar la inversión privada y permitir la exportación de energía eléctrica.

Aspectos clave de la Ley 7599/25

Participación Privada y Exportación: Habilita la participación activa del sector privado en la generación, compra, venta y exportación de energía renovable, más allá de la ANDE.

Plazos de Concesión: Amplía significativamente los plazos de concesión para inversiones privadas, duplicándolos hasta 30 años.

Fideicomiso de Garantía: Crea un fideicomiso para administrar los recursos destinados a los generadores de ERNC, con el objetivo de mejorar la bancabilidad de los proyectos.

Medición y Autogeneración: Obliga a implementar sistemas de medición bidireccional para los autogeneradores conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y establece créditos por inyección de energía.

Impulso al Chaco: Se destaca su potencial para impulsar proyectos solares, como los 140 MW planificados en el Chaco paraguayo.

La ley busca posicionar al Paraguay como un actor relevante en energías limpias, promoviendo la competencia y la modernización del sector eléctrico.

Actualidad del mercado paraguayo

Los sistemas solares pueden dividirse en potencias instaladas medidas en kW o MW.

Algunas de las plantas solares desarrolladas por el sector privado hasta la fecha son:

- **Frigorífico Guaraní**, ubicado en la ciudad de Limpio, Central con una potencia instalada de 1 MW y valorada en 1.3 millones de USD. Tipo de sistema ON-GRID con el que abastece 30% de la carga del frigorífico. Costo aprox 1300 USD/kW
- **Cooperativa Fernheim**, Chaco con una potencia de 1 MW y valorada en 750.000 USD valorado en . Tipo de sistema ON-GRID para los clientes conectados a la comunidad. Costo aprox 750 USD/kW.
- **Cooperativa Chortitzer**, Chaco, con una potencia de 4,8 MW y valorada con una inversión 2.0 millones de USD.

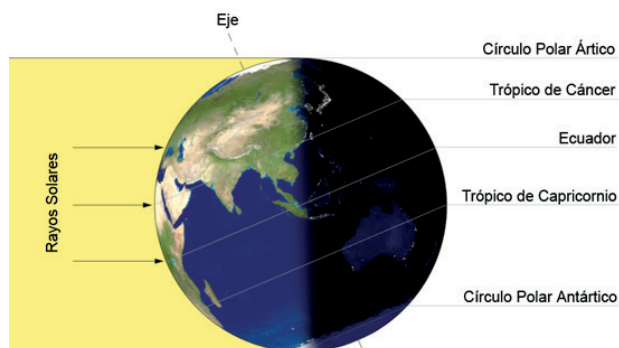
Para el sector privado siguen aún estos proyectos para ser desarrollados:

- El grupo Blue Tower Ventures Paraguay prevé invertir 40 millones de USD en una planta solar que estará ubicada en el Chaco Paraguayo. El grupo ya tiene invertido en plantas solares en América Latina.
- Una asociación de Cooperativas Menonitas del Chaco analiza la ampliación de su parque solar que estaría entre 5 MW a 10 MW. Se encuentra en análisis.

Para el sector público siguen aún estos proyectos para ser desarrollado:

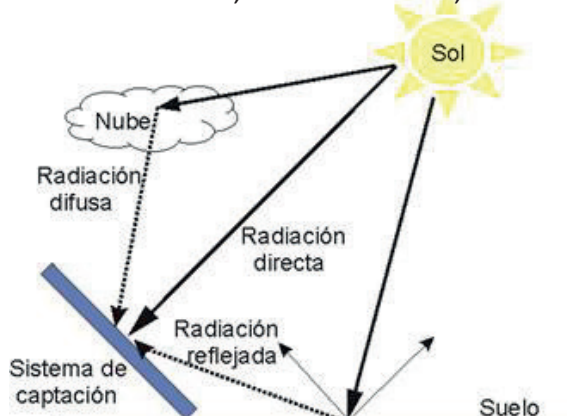
- La **ANDE** prevé en su plan maestro 2021/2040 la construcción de 18 plantas solares con y sin almacenamiento que serán ubicados la mayoría en la región occidental y un poco menos en la región oriental. También preve 15 plantas de almacenamiento BES con tecnología de ion litio para alivio de Línea.
- **ITAIPU** realizó la construcción de una planta solar flotante ubicado en en el embalse de 1 MW.

El sol como fuente de energía

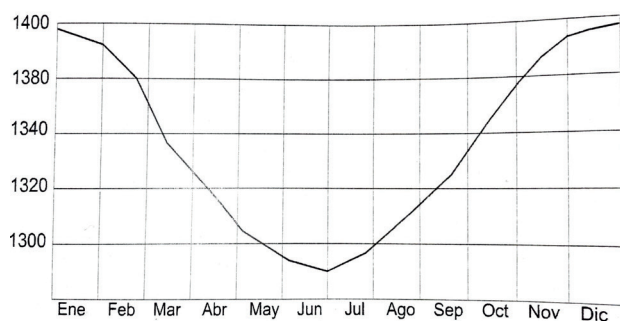
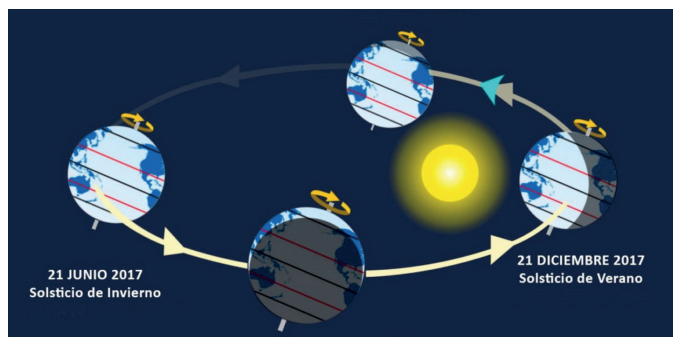
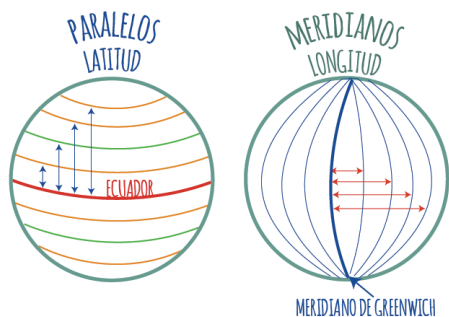


Tipos de radiaciones

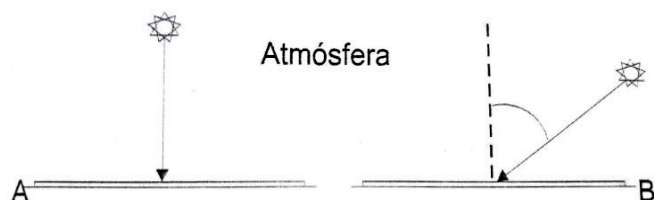
Radiación directa, radiación difusa, albedo.



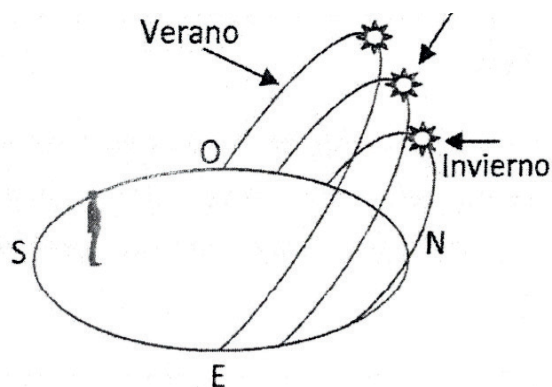
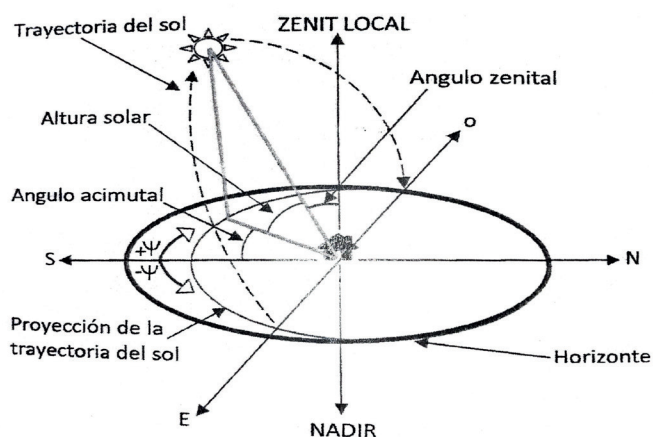
La incidencia solar. La radiación solar sobre las coordenadas geográficas



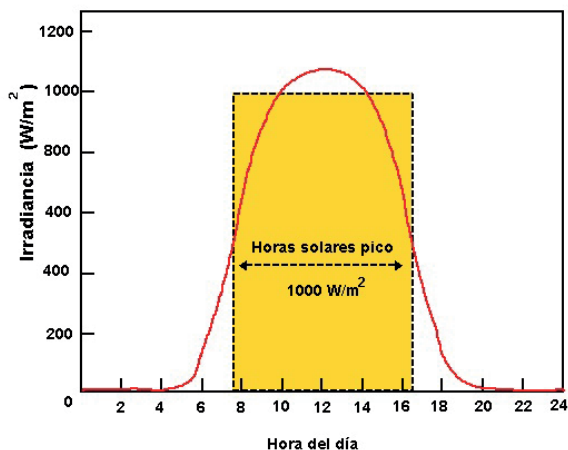
Masa de Aire = AM



Ángulos solares



Horas Solares Pico



Supongamos una irradiación de 1 kW/m². Tenemos solamente sol desde las 10 de la mañana hasta las 14:30 de la tarde.

Solo 4 horas y 30 minutos de sol (hipotéticas), obviamente que hay más horas durante el día. Durante ese tiempo obtendremos 4,30 HSP.

Si tuviésemos un pvf de 180 Wp, durante el tiempo de HSP nos generará una producción de 774 Wp., (esto es: HPS x Wp= 4,30 x 180= 774Wp)

Ciudad	Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Buenos Aires, Argentina	34.6° S	6.5	6.2	5.4	4.7	4.0	3.4	3.7	4.4	5.2	5.7	6.0	6.5	5.2
La Paz, Bolivia	16.5° S	4.5	4.8	5.3	5.3	5.8	6.4	5.2	5.0	6.1	6.3	5.7	5.4	5.5
Sao Paulo, Brasil	23.6° S	4.9	5.1	4.6	4.5	3.9	4.0	3.8	4.0	4.7	5.0	5.1	4.9	4.5
Santiago, Chile	33.5° S	6.9	7.3	6.4	5.4	3.6	3.0	3.3	3.8	4.4	6.1	6.2	7.1	5.3
Bogotá, Colombia	4.6° N	5.4	5.2	4.8	4.3	4.3	4.5	4.6	4.7	4.8	4.1	4.5	4.7	4.7
Quito, Ecuador	0.3° S	5.0	5.0	4.1	4.3	4.1	4.3	4.7	5.7	4.6	4.8	4.8	4.8	4.7
Chihuahua, México	27.8° N	5.8	6.4	6.8	6.9	6.8	6.4	6.4	6.5	6.7	6.8	5.9	5.2	6.4
México, DF	19.3° N	4.9	6.8	7.9	6.0	5.5	4.5	4.6	5.2	5.0	4.8	5.0	5.2	5.5
Puerto Vallarta, México	20.0° N	5.2	5.7	5.9	5.7	5.7	5.4	5.6	5.7	5.5	5.5	5.1	4.7	5.5
Todos Santos, México	23.0° N	5.0	5.4	5.8	5.9	6.2	6.1	5.7	6.1	5.8	5.8	5.2	4.4	5.6
Tuxtla Gutierrez, México	14.5° N	4.4	5.1	4.9	4.5	4.4	4.1	4.4	4.4	4.0	4.2	4.4	4.2	4.4
Veracruz, México	19.2° N	4.4	5.7	6.1	5.7	6.4	6.4	5.3	6.1	6.2	6.3	5.7	5.8	5.9
Huancayo, Perú	12.0° N	7.2	5.8	6.7	6.6	6.3	6.4	6.8	7.1	7.1	7.2	6.9	6.4	6.7
San Juan, Puerto Rico	18.5° N	6.0	6.4	7.0	6.8	6.0	6.4	6.8	6.3	6.3	6.2	5.7	6.0	6.3
San Salvador, El Salvador	13.6° N	6.5	6.8	6.7	6.2	5.7	4.8	5.7	6.6	5.2	6.1	6.5	6.7	6.1
Montevideo, Uruguay	34.9° S	6.8	6.8	6.2	5.3	4.5	3.8	3.8	4.5	5.3	5.9	6.6	6.7	5.5
Barcelona, Venezuela	10.1° S	5.6	6.0	6.0	5.5	5.2	5.6	6.0	5.6	6.0	5.6	5.5	5.5	5.6

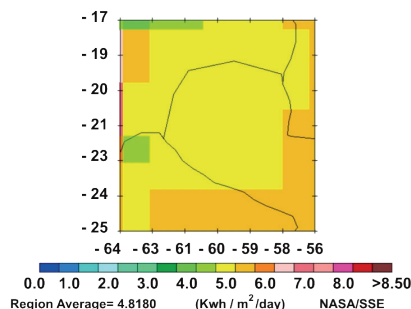
^a Estos datos fueron procesados por el Instituto de Desarrollo Tecnológico del Suroeste (SWTDI) a partir de un modelo de latitud y patrones de nubosidad

Recurso solar disponible. Departamento de Boquerón

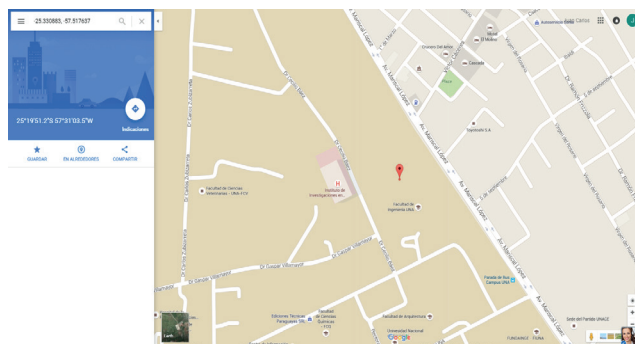
- Latitud: 22° 27' Sur.

- Longitud: 60°36' Oeste

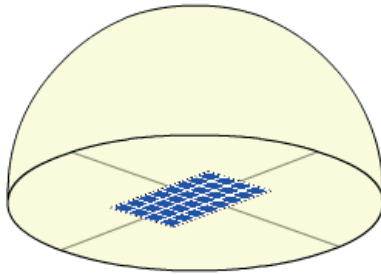
Radiación Directa Normal



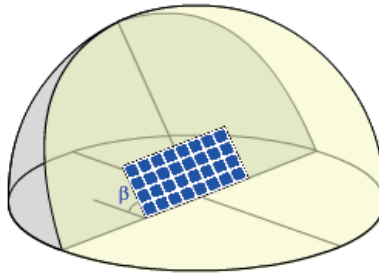
MES	RADIACION kWh/m2
Enero	6,32
Febrero	5,93
Marzo	4,98
Abril	3,91
Mayo	3,40
Junio	2,82
Julio	3,11
Agosto	3,68
Setiembre	4,46
Octubre	5,30
Noviembre	6,23
Diciembre	6,44



Orientación de panel

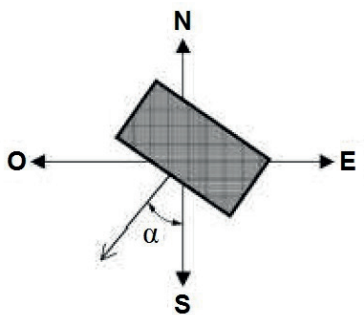
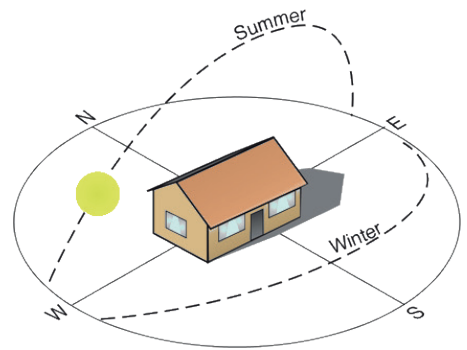


Flat lying module receives all diffused radiation

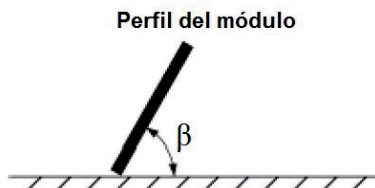


Tilted module receives only a fraction of diffused radiation

Movimiento del sol



Representación del ángulo azimut



Inclinación del módulo fotovoltaico

- Azimut fijo e inclinación variable.
- Azimut fijo con ángulo de inclinación fijo.
- Azimut fijo con inclinación fija en ángulo condicionado.

Recurso solar disponible. PVwatts

NREL PVWatts Calculator

My Location: **ASUNCION** [+ Change Location](#)

RESOURCE DATA SYSTEM INFO RESULTS

SOLAR RESOURCE DATA

The latitude and longitude of the solar resource data site is shown below, along with the distance between your location and the center of the site grid cell. Use this data unless you have a reason to change it.

Solar resource data site: **(INTL) ASUNCION, PARAGUAY** 5.0 mi

Resource Data Map

The blue rectangle on the map indicates the NREL NSRDB grid cell for your location. If your location is outside the NSRDB area, the map shows a pin for the nearest available NREL international data site instead of a rectangle. If you want to use data for a different NSRDB grid cell, double-click the map to move the rectangle. Dragging the rectangle will not move it. Use the Legacy Data Options check boxes to show pins for legacy data sites. Click a legacy data pin to use legacy data instead of the recommended NSRDB data. See [Help](#) for details.

Resource Data Map

The blue rectangle on the map indicates the NREL NSRDB grid cell for your location. If your location is outside the NSRDB area, the map shows a pin for the nearest available NREL international data site instead of a rectangle. If you want to use data for a different NSRDB grid cell, double-click the map to move the rectangle. Dragging the rectangle will not move it. Use the Legacy Data Options check boxes to show pins for legacy data sites. Click a legacy data pin to use legacy data instead of the recommended NSRDB data. See [Help](#) for details.

Map: Satellite

Legend Data Options:

- ☐ NSRDB MTS1 (TM2)
- ☐ NSRDB MTS2 (TM2)
- ☐ NREL International

My Location: **ASUNCION** [+ Change Location](#)

RESOURCE DATA SYSTEM INFO RESULTS

SYSTEM INFO

Modify the inputs below to run the simulation.

DC System Size (kW):

Module Type:

Array Type:

System Losses (%):

Tilt (deg):

Azimuth (deg):

Draw Your System

Click below to customize your system on a map. (optional)

[Go to resource data](#) [Go to system info](#) [Go to PVWatts results](#)

RESULTS

Print Results

5,707 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Value (\$)
January	5.81	530	N/A
February	5.94	493	N/A
March	5.70	520	N/A
April	4.91	447	N/A
May	4.51	433	N/A
June	3.92	369	N/A
July	4.25	417	N/A
August	4.51	430	N/A
September	5.11	476	N/A
October	5.70	529	N/A
November	5.90	520	N/A
December	5.88	543	N/A
Annual	5.18	5,707	0

Inclinación y orientación optima

Azimut Fijo 0° e inclinación fija con ángulo igual a la altitud:

Usado típicamente para instalaciones de baja y mediana potencia.

Azimut fijo 0° con inclinación variable (MANUAL):

Permite la corrección manual tanto en el verano como en el invierno. Debido a las tablas de valores de radiación solar que este hecho mes por mes, existe la opción de variar el ángulo de inclinación 12 veces al año, cada semestre o cuando se disponga.

Siempre de ser posible, el azimut debe fijarse en 0°:

De esta forma, los rayos del sol incidirán de forma perpendicular (más certero) durante al menos el mediodía.

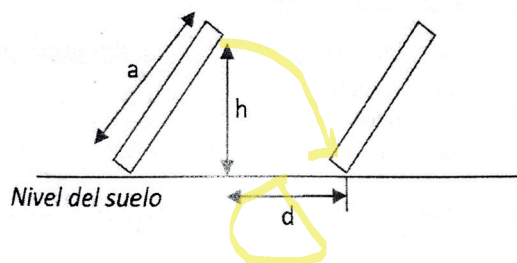
Sin embargo, en caso de la existencia de objetos que puedan provocar algún tipo de sombreado sobre la superficie del pfv, se puede girar hacia el este u oeste con una tolerancia máxima de 20°, a sabiendas que podría provocar una pérdida de energía.

Cálculo de sombra y distancia

Sabemos que debemos evitar el efecto sombreado que podría producirse de parcial o total sobre uno o varios módulos fv.

Se debe de tener en cuenta cuando se presenta las siguientes:

- 1) Un gran número de paneles en nuestro circuito pfv.
- 2) La presencia de un elemento cercano a los paneles, un edificio, un muro, etc.



La distancia **d** es la medida sobre la superficie horizontal que dejamos entre un panel y otro. Esta distancia debería de garantizar al menos 4 horas de exposición al sol al mediodía en época invernal.

La distancia mínima entre las filas de paneles fotovoltaicos se regirá por la latitud del lugar donde se instale el sistema.

a = altura de los módulos sobre el bastidor.

h = altura máxima alcanzada.

d = distancia mínima entre fila y fila sin que se produzca sombras sobre el panel que se encuentra por detrás o a los costados.

$$d1 = h / \tan (61^\circ - \alpha)$$

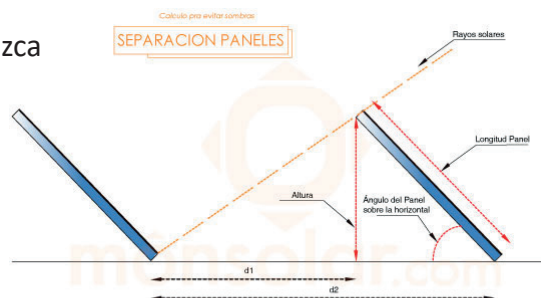
Dónde:

d= Distancia mínima

A= Longitud del Panel

α = Latitud del lugar/Ángulo del Panel

h= Altura = (A x sen de α)



RESULTADOS:

- d1 mínima: Distancia desde el FINAL del 1º panel hasta el PRINCIPIO del 2º panel
- d2 mínima: Distancia desde el PRINCIPIO del 1º panel hasta el PRINCIPIO del 2º panel
- d1 Recomendada: Distancia d1 Recomendada (d1 + un 25%)
- d2 Recomendada: Distancia d2 Recomendada (d2 + un 25%)

Problema

Datos:

Latitud 25° (Asunción)

$A = 1,5\text{m}$

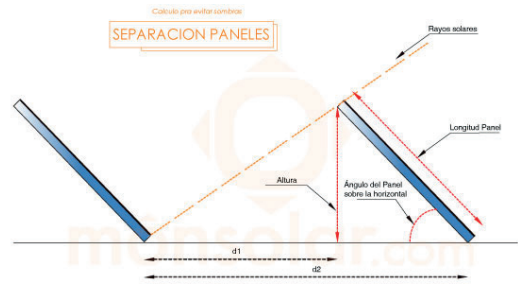
$h = A * \text{seno de } \alpha$ (seno de la inclinación a 25°)

$= 1,5 \times 0,422$

$h = 0,63\text{m}$

$d1 = 0,63 / \tan(61-25) = 0,63 / \tan(36)$

$d1 = 0,86\text{ m}$



RESULTADOS:

d1 mínima: Distancia desde el FINAL del 1° panel hasta el PRINCIPIO del 2° panel
 d2 mínima: Distancia desde el PRINCIPIO del 1° panel hasta el PRINCIPIO del 2° panel
 d1 Recomendada: Distancia d1 Recomendada (d1 + un 25%)
 d2 Recomendada: Distancia d2 Recomendada (d2 + un 25%)

La célula solar fotovoltaica y su funcionamiento

La célula esta hecha de silicio que es un material semiconductor, que luego de un proceso de dopaje en sus dos caras, obtiene la propiedad de transformar la luz solar en energía eléctrica, a lo que se le llama efecto fotovoltaico.

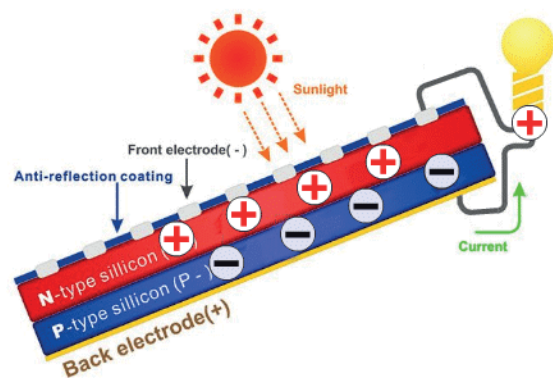
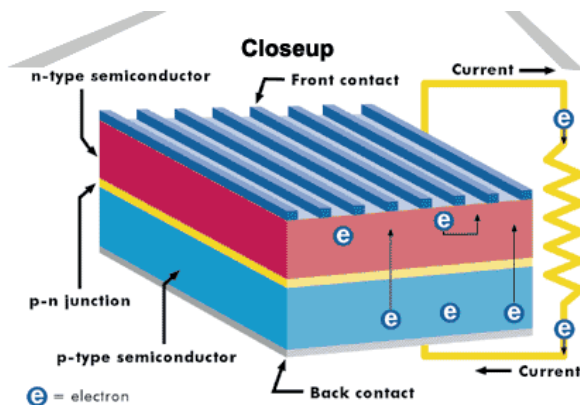
Las dos capas (N y P) se mantendrán separadas por una juntura (N – P) muy delgada, neutra que esta intercalada entre ambas capas.

Este material requiere el aporte de cierta porción de energía para que su átomo desprenda un electrón y se pueda mover de manera libre, es decir que cuando recibe energía se transforma en conductor.

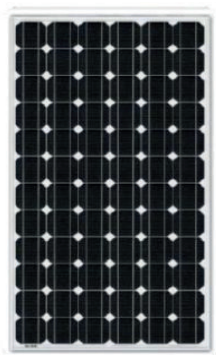
Cuando los rayos solares inciden sobre la célula de silicio, la energía de los fotones producirá la liberación de los electrones que se encuentran girando alrededor de los átomos.

Este choque del fotón (partícula que compone la luz solar) provocara que la capa N absorba su energía (del fotón) y se convierta en conductor creando un campo magnético.

Los campos positivos (capa N) y negativos (capa P) de la célula solar, al ser conectados a través de un cable se creará un circuito de corriente eléctrica.

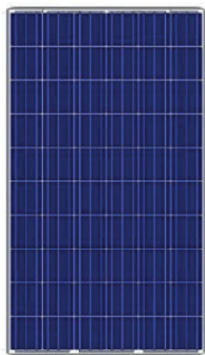


Tipo de paneles solares - comerciales



MONOCRISTALINO

Eficiencia: 19% - 22%
320 - 530 Wp
Coste Elevado
(Silicio de Alta Pureza)



POLICRISTALINO

Eficiencia: 15% - 19%
260 - 430 Wp
Coste Medio
(Cristales de Silicio)

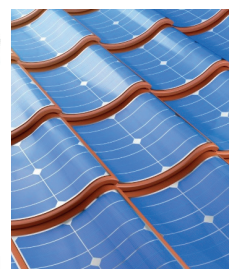


CAPA FINA

Eficiencia: 7% - 13%
Bajo Coste/Buena
integración
arquitectónica
(En desuso)



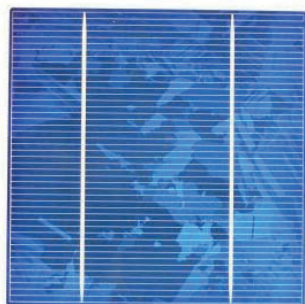
PANELES FLEXIBLES



TEJAS SOLARES

Tipos de célula

Células de silicio cristalino



Policristalino



Monocrystalino

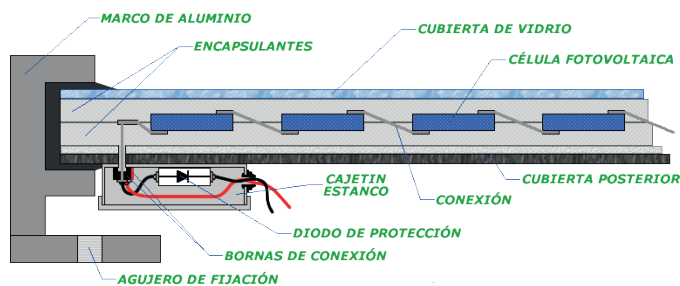
Absorción bifacial



Capa fina



ELEMENTOS DE UN PANEL FOTOVOLTAICO



La célula solar fotovoltaica y su funcionamiento

DATOS CEM

Es la información técnica que presentan los fabricantes de módulos, debe de tomarse en cuenta de que fueron sometidos a las Condiciones Estándar de Medidas (CEM) utilizadas universalmente para células y módulos.

Irradiancia solar: 1000 W/m^2

Temperatura 25°C

Masa de aire AM $1,5\text{C} = v = 1\text{m/s}$

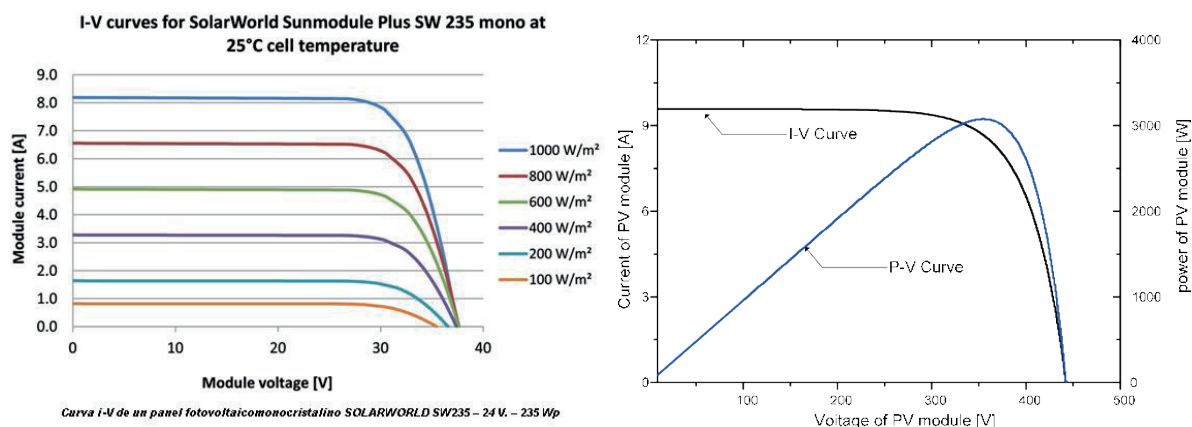
Estas condiciones son provocadas en laboratorio.

Estos parámetros se miden siempre en una serie de condiciones de trabajo que son aceptadas internacionalmente.

CEM (Condiciones Estándar de Medida) o STC (Standard Test Conditions).

Los resultados de estas mediciones, son compartidas a través de sus fichas técnicas por los fabricantes de módulos fotovoltaicos.

Curvas de funcionamiento I-V (INTENSIDAD-VOLTAJE)



Características técnicas del panel solar

Parámetros de la célula solar

Corriente del cortocircuito (ISC): es la corriente máxima que una célula solar puede producir. Cuanto mayor sea el ISC, mejor será la célula. Se mide en amperio (a) o milli-amperio (mA). El valor de esta corriente máxima depende de la tecnología celular, el área celular, la cantidad de radiación solar cayendo sobre la célula, el ángulo de la célula, etc. Muchas veces, se brinda la densidad actual en lugar de corriente. La densidad actual se obtiene dividiendo ISC por el área de la célula solar (A). La densidad actual es normalmente referida por un símbolo. "J", por lo tanto, la densidad de corriente del cortocircuito, J_{sc} es dada por I_{sc}/A .

Voltaje del circuito abierto (VOC): es el voltaje máximo que una célula solar produce. Cuanto más alto es el VOC, mejor es la célula. Se mide en voltios (V) o a veces en milli-voltios (MV). El valor de este voltaje máximo del circuito abierto de la energía depende principalmente de tecnología de la célula y de temperatura de funcionamiento.

Punto máximo de potencia (PM o $P_{m\acute{a}x}$): es la potencia máxima que produce la célula solar bajo STC. Cuanto más alto sea el PM, mejor será la célula. Se da en términos de Watio (W). Puesto que es energía máxima o energía del pico, a veces también se refiere como W_{peak} o W_P . Una célula solar puede funcionar en muchas combinaciones de la corriente y del voltaje. Pero una célula solar pro-

ducirá la energía máxima solamente al funcionar en cierta corriente y voltaje. Este punto máximo para una curva I-V de las células solares ocurre en la “rodilla” o “curva” de la curva.

En términos de expresión P_m se da como: P_m o $P_{Max} = I_m \times V_m$.

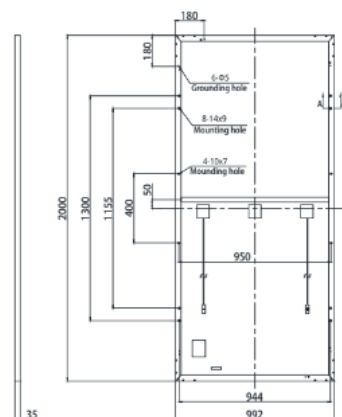
Corriente en el punto de energía máximo (I_m): ésta es la corriente que la célula solar producirá al funcionar en el punto máximo de la energía. El I_m siempre será más bajo que I_{SC} . Se da en términos de amperio (A) o Milli-amperio (mA).

Voltaje en el punto de energía máximo (V_m): éste es el voltaje que la célula solar producirá al funcionar en el punto máximo de la energía. La V_m siempre será menor que el V_{oc} . Se da en términos de voltio (V) o de Milli-voltio (milivoltio).

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

Module	BSM355P-72HC	BSM360P-72HC	BSM365P-72HC	BSM370P-72HC	BSM375P-72HC
Nominal Power	355	360	365	370	375
Open-circuit Voltage(V_{oc})	46.8	47.0	47.2	47.4	47.6
Short-circuit Current(I_{sc})	9.59	9.67	9.75	9.83	9.91
Max Power Voltage(V_{mp})	39.4	39.6	39.8	40.0	40.2
Max Power current(I_{mp})	9.02	9.10	9.18	9.26	9.34
Module Efficiency [%]	17.90%	18.20%	18.40%	18.70%	18.90%
Power Tolerance	0 ~ + 10 W				
Max System Voltage	1000V/1500V/DC(IEC)				
Max Series Fuse Rating	20A				
Operating Temperature	-40~+85 °C				
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25 °C, AM1.5				

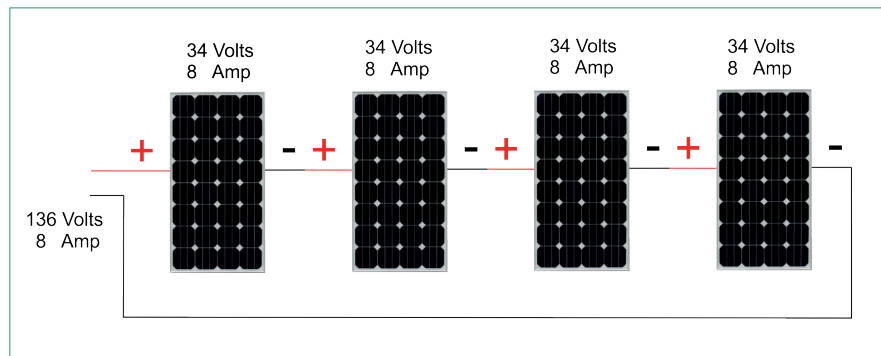
MECHANICAL DIAGRAMS



Efecto de sombra, punto caliente o hot spot

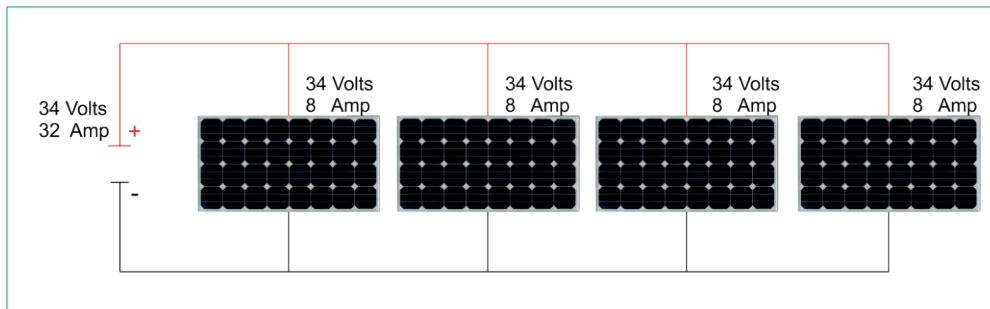


Configuración de los módulos Conexión Serie-Paralelo en paneles Conexión Serie

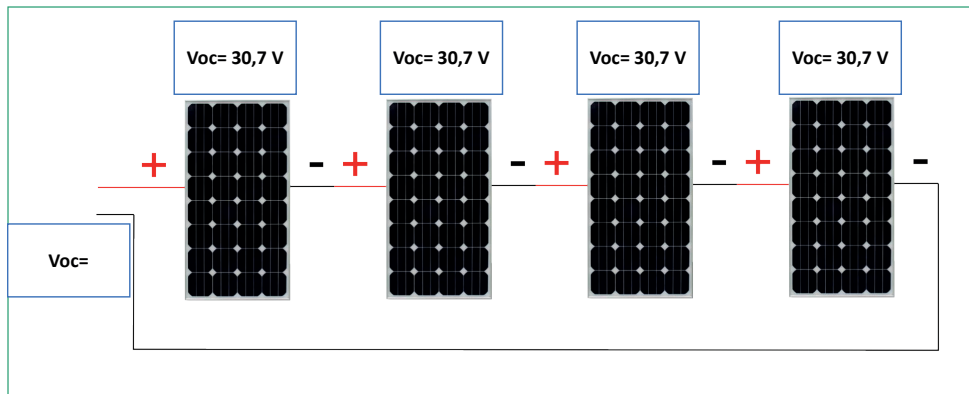


Conexión Serie-Paralelo en paneles

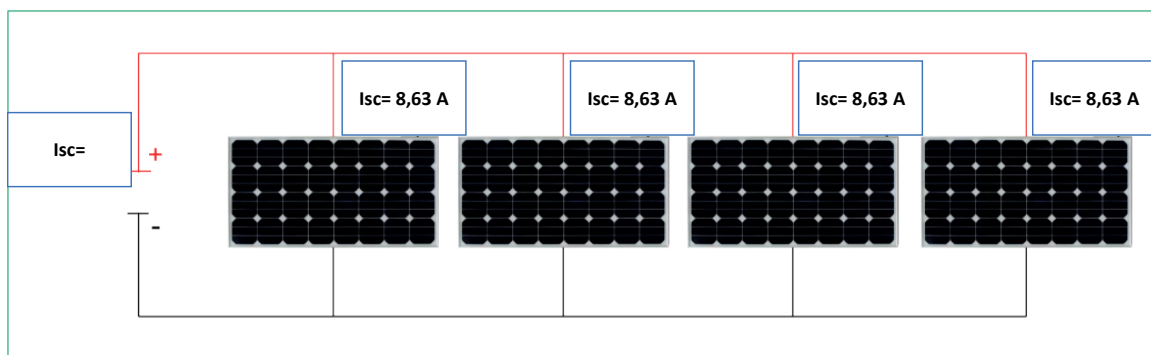
Conexión Paralelo



Ejercicio 1 – ¿Cuánto es la tensión en circuito abierto de la siguiente configuración?



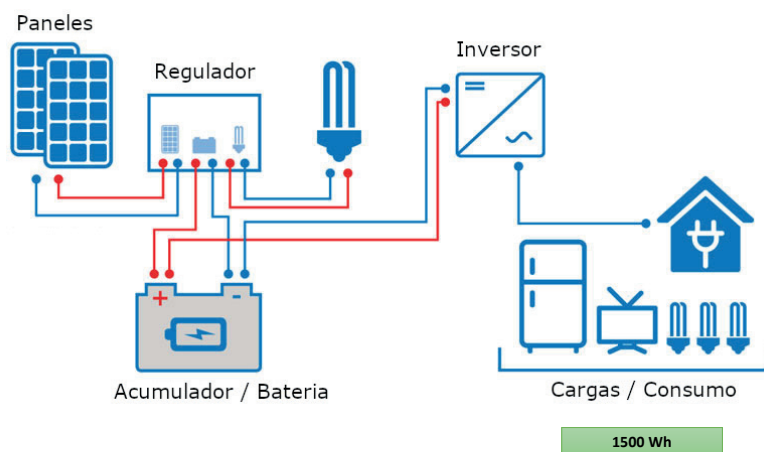
Ejercicio 2 – ¿Cuánto es la corriente en circuito abierto de la siguiente configuración?



Estimación de consumo

Electrodomésticos	Unidades	Corriente	Potencia	Horas	Consumo/d	+20%
Lámparas	3	CD	15W	4	180Wh	216Wh
Televisión	1	CA	70W	4	280Wh	336Wh
Computadora	1	CA	300W	2	600Wh	720Wh
Ventilador	1	CA	95W	2	190Wh	228Wh
Consumo diario					1250 WH	
Margen de seguridad+ 20%					1500 Wh	

Dimensionamiento de un sistema aislado



Cálculo de número de paneles fotovoltaicos

Datos

Nmod = número de módulos

Cd = 1500Wh/d de consumo diario

Pmp = 100Wp potencia máxima pico (Ejemplo: usando paneles de 100W)

HSP = horas sol PICO. Mes de **menor** irradiancia en el año (**solo** para sistemas aislados). Tomemos por ejemplo: 3,4.

PR = Del 0,6 al 0,9 que es la pérdida de trabajo por suciedad, eficiencia, sombras, etc.

Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico (fv):

Pp (Potencia): 100W

Voc: 22.7V

Isc: 5.89A

Vmp: 18.12V

Imp: 5.5A

Para la configuración de los 6 módulos (en serie, en paralelo o mixta), tenemos que recurrir a la tensión de máxima potencia (Vmp) en este caso= 18,12V según las especificaciones técnicas dadas por el fabricante.

Nserie = número de paneles en conexión serie.

Vsi = sistema de acumuladores elegidos.

$$N_{serie} = \frac{V_{si}}{V_{mp}} = \frac{24 V}{18,12 V} = 1,32 \approx 2 \text{ (redondeo)}$$

Para poder obtener el número de módulos (si fuera necesario) para conectar en paralelo, lo haremos según la siguiente expresión.

Nparalelo = número de conexiones en paralelo.

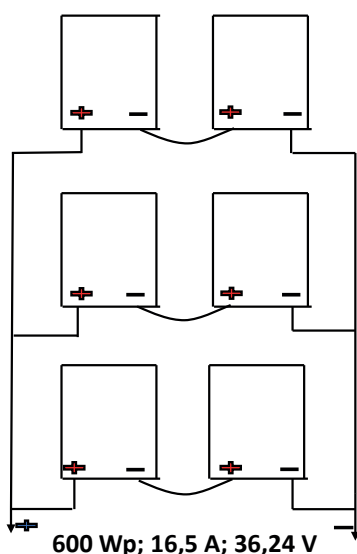
$$N_{serie} = \frac{V_{si}}{V_{mp}} = \frac{24 V}{18,12 V} = 1,32 \approx 2 \text{ (redondeo)}$$

Fórmula

$$N_{mod} = \frac{C_d}{P_{mp} \times HSP \times PR} = \frac{1500}{100 \times 3,4 \times 0,8} = \frac{1500}{272} = 5,51 \cong 6 \text{ (redondeo)}$$

Resultado: $N_{mod} = 6$ paneles de 100 Wp

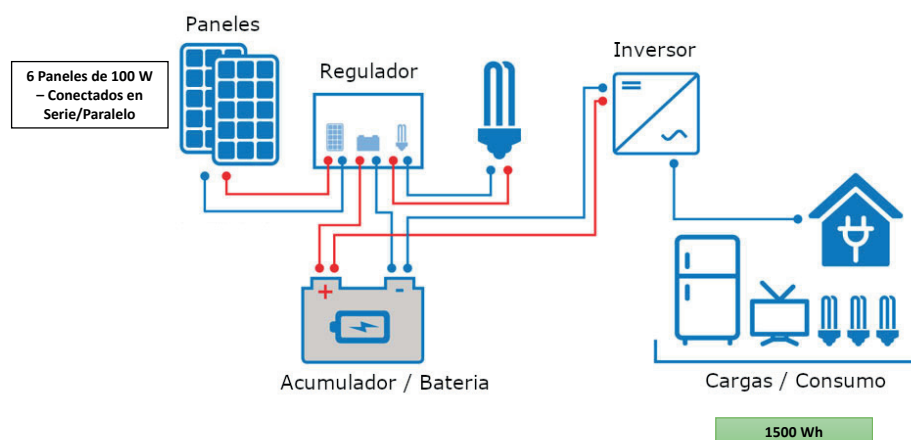
Finalmente, nuestro sistema generador fotovoltaico se compondrá de 6 paneles de 100Wp cada uno. Paneles conectados en serie (en grupo de dos) y 3 ramas o 3 strings de 2 paneles cada una).



Referencia tensión del acumulador

Potencia de Referencia de tensiones en los acumuladores	
1500Wp o menos Wp	12V
1501Wp	24V
a 5000Wp	48V
5001Wp a más	>48V

Esquema de un sistema FV aislado



Baterías (acumuladores)

La energía eléctrica recibida por los módulos se transforma en energía química en el interior de las baterías, para su posterior transformación en energía eléctrica cuando sea requerido.

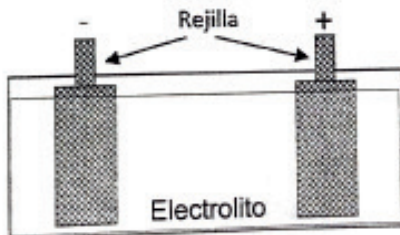
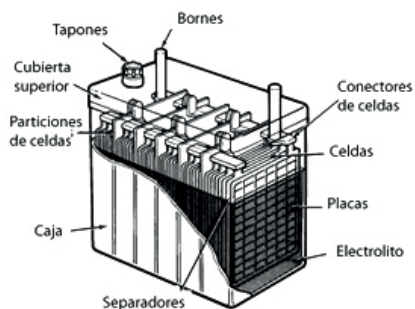
Las baterías acumulan y ceden energía al producirse reacciones químicas en su interior.

La energía que recibe a través de los paneles FV no es constante, por el contrario, variará de forma permanente. Sin embargo, se puede afirmar que las baterías cederán la energía acumulada en forma constante.



En el caso del vaso o celda que vemos en la representación de tipo de acumulador plomo-ácido, cada vaso celda tiene 2V y dependiendo de la tensión necesitada, se asociará un número determinado de vasos para formar lo que se llamará una batería. En un acumulador de 12V correspondería un total de 6 vasos o celdas de 2V cada una, conectadas en serie.

Las placas se ponen alternando positivas y negativas sucesivamente dentro de cada vaso. En las placas positivas y negativas, es donde ocurren las reacciones químicas durante la carga y descarga de las mismas.

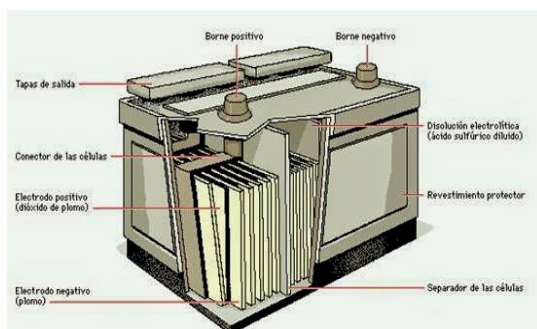
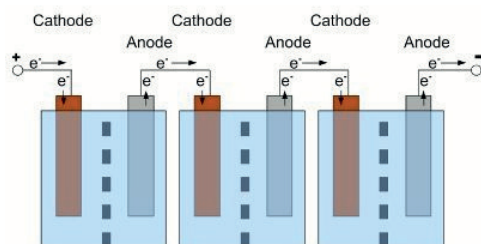


Baterías (reacción química)

En una batería de plomo-ácido, el borne (electrodo) negativo es plomo metálico y el compuesto para el electrodo positivo es de óxido de plomo. A medida que va consumiendo la energía, el plomo metálico y el óxido de plomo se van transformando (de a poco) en sulfato de plomo por la reacción con el líquido electrolito en el cual se encuentran sumergidos ambos electrodos.

Los conectores no influyen en las reacciones activas de carga y de descarga, pero son soporte de la materia activa y transmite la corriente eléctrica a puntos internos de batería y también al exterior.

BATERIA CELDAS EN SERIE



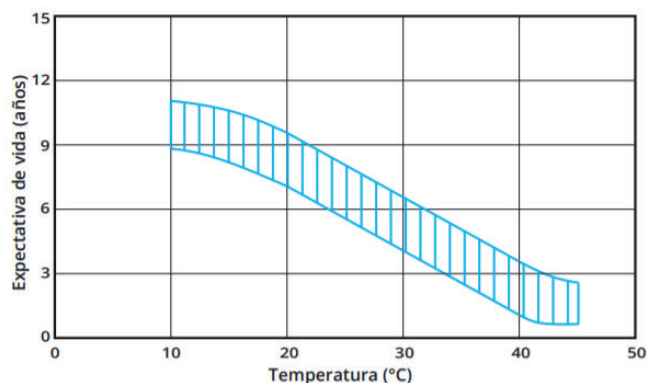
Baterías (acumuladores)

Cuando generamos electricidad y lo inyectamos a la batería (a través de los paneles), el sulfato de plomo vuelve a transformarse en el plomo metálico para el electrodo negativo y en óxido de plomo para el electrodo positivo.

Valores óptimos para un comportamiento normal de una batería debe estar entre los 15°C a 25°C. Otros rangos pueden afectar la densidad del electrolito (temperatura inferior a los 15°C). Con temperaturas mayores a los 25°C la batería puede producir gaseo, con pérdida de agua en el electrolito y corrosión en placas.

Como regla general para la vida de las baterías, podemos decir que por cada 10°C de aumento de la temperatura ambiente por encima de la de referencia, la vida útil se reduce a la mitad. Por ejemplo, una batería de cinco años de duración a 25°C, solo durará 30 meses si la temperatura en el ambiente es de 35°C.

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA EN UN LARGO PERÍODO DE TIEMPO



Baterías (reacción química)

EL ELECTROLITO:

En las baterías de plomo-ácido el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico en agua y su función básica es el transporte de iones entre los dos electrodos (positivo y negativo).

Descarga:

Durante la descarga se absorbe ácido sulfúrico que reacciona con el plomo y el óxido de plomo formando sulfato de plomo en las placas y liberando agua al electrolito, en este proceso la densidad del electrolito va disminuyendo.

Carga:

En el proceso de cargado de una batería, se libera sulfúrico y se consume agua. Esta condición hace que vaya aumentando su densidad.

EFICIENCIA:

Como en todo proceso químico, hay pérdidas en la reacción, pérdidas de calor y rendimiento, por ende, es usual considerar pérdidas de carga y recarga del 10%.

Tipos de baterías usadas comúnmente en las aplicaciones FV:**1) Tubular**

Tiene mayor capacidad en volumen de electrolito. Su construcción favorece mayor profundidad en el ciclado y mayor vida útil. Su mantenimiento es mucho menor que las anteriores. El electrolito puede ser húmedas o en gel. Su tensión de trabajo suele ser de 2V.

2) VRLA (ácido-plomo regulada por válvula)

Más comúnmente conocida como batería sellada, es un tipo de batería de ácido-plomo y, por lo tanto, recargable. No requiere ventilación, se pueden montar en cualquier orientación y no precisa de mantenimiento. Pueden ser en celdas en gel o AGM.

3) Baterías de Litio

La batería de litio solar es un dispositivo de almacenamiento eléctrico con dos o tres celdas de energía. Está pensada y fabricada para el almacenamiento de energía eléctrica y emplea como electrolito una sal de litio.

**Baterías (EE.TT)**

A la asociación de un conjunto de baterías se le llama banco de baterías o también sistema de acumuladores.

La capacidad se mide en Ah (amperios hora) e indica cantidad de carga eléctrica que pasa a través de los terminales de una batería.

También indica la cantidad de almacenamiento que ocurre en el período de carga.

Capacidad nominal de una batería

Es el producto de la intensidad por el tiempo de descarga. Su unidad es el Ah (amperio hora).

Es la cantidad de energía que se extrae de una batería en 20 horas. La tensión llegará a un mínimo de 1,8V por cada vaso.

1 batería de 100Ah en C20:

Si se descarga en 20 horas sería igual a una intensidad= 5 A por hora

ESPECIFICACIONES	
Modelo	DC12-100
Tipo	Ciclo profundo AGM
Especificaciones eléctricas	
Tensión nominal	12VCC
Capacidad en 20h	100Ah
Corriente máx. de carga	30A
Corriente máx. de descarga [5 seg]	1000A
Resistencia interna (mΩ)	5
Tensión de flote	13.7VCC ~ 13.9VCC
Tensión de fondo	14.6VCC ~ 14.8VCC
Datos generales	
Vida útil máxima (modo flote)	12 años
Tipo de terminal	F12 (M8) / F5 (M8)
Temperatura de trabajo	-20°C ~ +60°C
Temperatura de trabajo ideal	+20°C ~ +30°C
Dimensiones (LxAxA) en mm	328 x 172 x 222
Peso Neto (Kg)	30

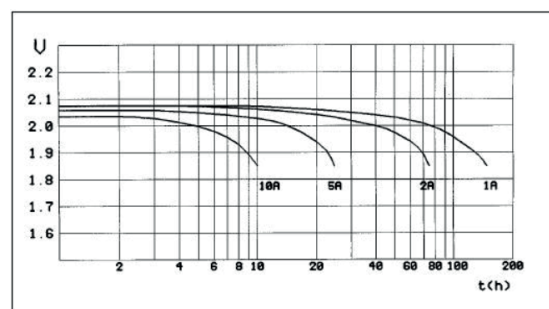
Baterías (Ah)

Este acumulador tiene una capacidad de 100Ah si se descarga en 20 horas.

Si la descargamos más lentamente su capacidad de descarga se incrementará, si lo hacemos más rápidamente su capacidad (de descarga) será menor.

Por ejemplo:

Teórico: 100Ah C20 podemos obtener una intensidad de descarga de 5A durante 20 horas.



Como puedes ver con una corriente de 10A la descarga se completa en 10h (100Ah), sin embargo con una corriente de 1A la descarga se completa en 100h (100Ah).

Baterías (D.O.D.)**Profundidad máxima de descarga (PD)**

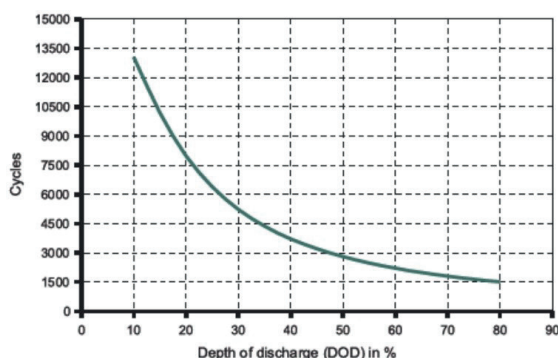
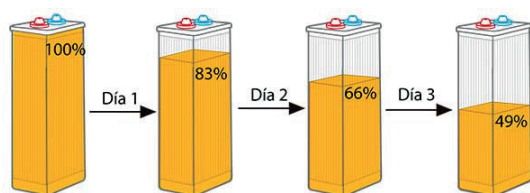
Es la máxima descarga que se permite (por el fabricante) antes de desconectarse automáticamente a través del regulador, protegiendo la vida de las baterías. Se estima que la descarga máxima diaria debería de estar entre los 15% a 25%.

En los sistemas aislados, la profundidad de descarga máxima podría llegar a los 50, 60, 70 u 80%, ya que se dimensionará para probables varios días sin radiación por mal tiempo. La PD si se descarga completamente es de 100%.

Ciclado

Lo sucesivo de una descarga seguida por una recarga hasta recuperar la energía que se consumió. Un ciclo se cumple cuando la batería hace una descarga y una carga completo.

La vida útil de una batería se mide en la cantidad de ciclos que puede soportar. Cuando mayor sea la descarga, menor es el tiempo de vida útil de una batería.



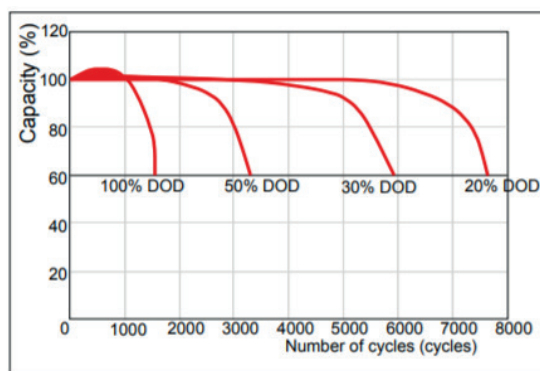
Baterías (vida útil)

En la gráfica veremos los ciclos que una batería puede entregar y su ciclo profundo dependerá de la profundidad de descarga (Pd).

Si usamos una batería de 100Ah y la descargamos a un 50%, su vida útil será de 1500 ciclos, asumiendo que la batería completará un ciclo de 24 horas, su vida útil será: $1500/365$ (días de un año), será igual a 4 años.

Esto no quiere decir que no podrá durar un tiempo más, pero ciertamente perderá su efectividad del 100%, también se puede decir que podrá seguir trabajando quizá hasta los 5 años, pero será cada vez mas notable la perdida de capacidad, en definitiva, dará menor corriente.

Con temperaturas mayores a los 25°C la batería puede producir gaseo, con pérdida de agua en el electrolito y corrosión en placas.



Baterías (voltaje)

Voltaje vs Estado de carga

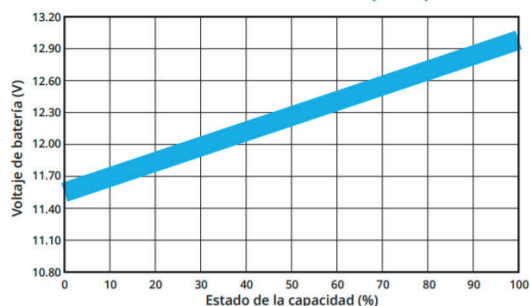
Cuando compramos una batería de 12V seguramente si la medimos (sin haberla puesto en uso), tendría un voltaje de al menos 12,90V.

Se puede identificar el valor del DOD o viceversa conociendo uno de ellos. Esta gráfica varía de acuerdo a la temperatura de trabajo.

Si una batería de 12V se encuentra por debajo de 11,5V se encuentra totalmente descargada o se podría encontrar alrededor de un 10% de carga.

El inversor cortará el flujo del corriente que sale de la batería cuando este llega a un valor mínimo de tensión o a un valor mínimo de DOD. Ambas condiciones suelen ser programables.

RELACIÓN ENTRE VOLTAJE DE BATERÍA Y ESTADO DE CARGA (20°C)



Baterías (conexión)**Conexión de serie**

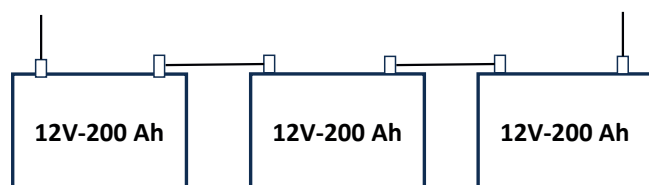
Las baterías son conectadas por los bornes de polaridad opuesta.

Suma los voltajes (incrementa la tensión).

12V-200Ah cada batería.

Conexión de 3 baterías en serie:

36V-200Ah

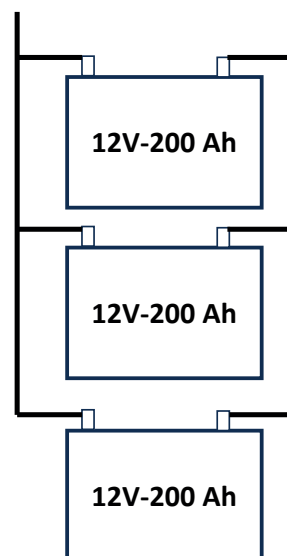
**Conexión en paralelo**

Las baterías son conectadas por los bornes de la misma polaridad, aumentando su capacidad en amperios, pero siempre manteniendo la misma tensión.

Suma del amperaje. 12V-200Ah cada batería.

Conexión de 3 baterías en paralelo:

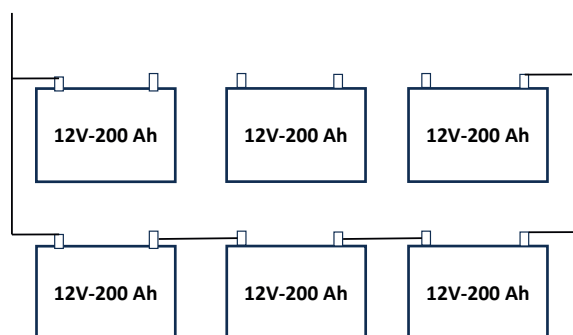
12V-600Ah

**Conexión mixta**

Conexión serie y paralelo.

En este caso se aumenta el voltaje y el amperaje, según sea la necesidad (a cubrir) en nuestro circuito de consumo.

12V-200Ah cada batería.

Dos conexiones en serie de 3 baterías cada una conectadas en paralelo: 36V-400Ah**Cálculo para la formación de un banco de baterías**

Lo primero que debemos saber es el consumo eléctrico que se debe alimentar con el banco de baterías que se debe formar.

Batería disponible para el sistema.

En este ejemplo nuestro sistema (debido al rango de la potencia generada 1500Wp) se requerirá una tensión nominal de 24V.

Todo esto lo veremos en detalle en el capítulo dedicado al dimensionamiento completo de un sistema FV.

Datos:

C_d (consumo diario) = 1.500W/d

Batería 12V-200Ah

V_s = Sistema 24V (valor para la alimentación del circuito)

A = 5 Autonomía (días en que los pfv no recibirán nada de radiación solar)

η_r = 80% (consumo del regulador 20%)

η_{inv} = 85 % (consumo 15%)

P_D = 70% (profundidad de descarga)

C_b = Capacidad de la batería

$$C_d(Ah/d) = \frac{E_d}{V_s} = \frac{1500}{24} = 62,5 (Ah/d)$$

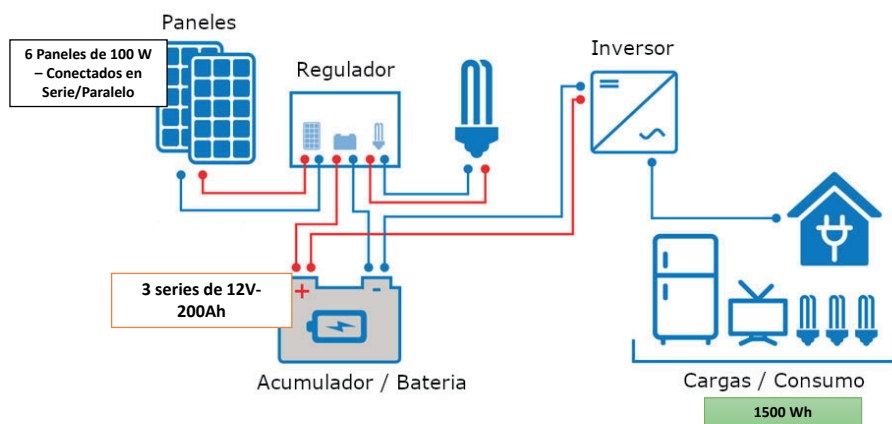
$$C_b(Ah) = \frac{A \times Consumo(Ah/d)}{P_D \times \eta_r \times \eta_{inv}} = \frac{5 \times 62,5}{0,7 \times 0,85 \times 0,8} = \frac{312,5}{0,476} = 657 Ah$$

NOTA:

En los dos ejemplos que hemos visto, notamos que en ambos casos estamos a muy pocos amperes del consumo requerido.

Tenemos que tomar en cuenta que en estos casos (de pocos amperes de diferencia) reducir el “consumo vampiro” que es la luz del artefacto eléctrico que permanece conectado al sistema, por ejemplo: el “stand by” de una televisión.

Conclusión: La manera de evitar todo gasto innecesario de la energía acumulada, es preciso desconectar todos los equipos eléctricos innecesario o que se puedan prescindir.

Esquema de un sistema FV aislado**Reguladores de carga**

- Tal como su nombre indica regula y controla la carga del Banco de baterías.
- También controla el paso de la corriente eléctrica que desde los paneles FV se dirige al banco o acumulador de baterías.
- Los reguladores ayudan al incremento de la energía.
- El regulador evita que el sistema se sobrecargue o se sobre descargue, alargando el tiempo útil de vida de las baterías y demás componentes del sistema FV.
- Otra diferencia es que controla tensión de la batería en forma permanente, así de esta manera, el regulador suministra la potencia máxima del panel y de esta forma también entrega la máxima

tensión producida.



Reguladores de Carga (Dimensionado)

Debe estar dimensionado y soportar los valores de intensidad máxima procedente de los generadores FV y también a la línea de salida (del regulador) y a las cargas que suministra.

FORMULA DE CORRIENTE DE ENTRADA (I_e):

DATOS DEL EJEMPLO DIMENSIONADO	Especificaciones del panel FV:
I_e =Corriente de entrada	Pp (Potencia): 100W
FS= Factor de seguridad (perdidas) 1,25	Voc: 22.7 V
Isc= Corriente de cortocircuito	Isc: 5.89 A
Np= Número de paneles (3) conectados en paralelo	Vmp: 18.12 V
	Imp. 5.5 A

$$I_e = F_S \times I_{SC} \times N_P = 1,25 \times 5,89 \times 3 = 22,09 \text{ (A)}$$

De esta manera hemos obtenido el resultado de la máxima corriente de entrada al regulador que proviene del grupo de paneles fotovoltaicos.

Reguladores de Carga (ejercicio)

Por ejemplo:

15 paneles de 255Wp en conexión paralelo

$$I_e = F_S \times I_{SC} \times N_P = 1,25 \times 8,86 \times 15 = 166,12$$

Bajo estos resultados y si la capacidad de los reguladores fuese menor que la Imax que proviene del generador.

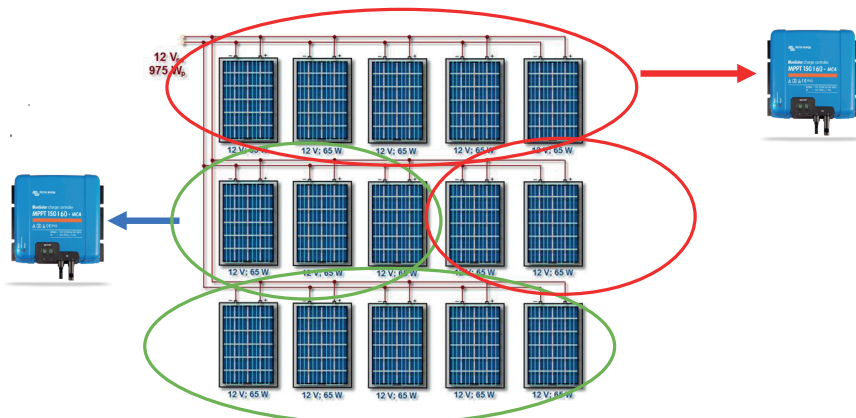
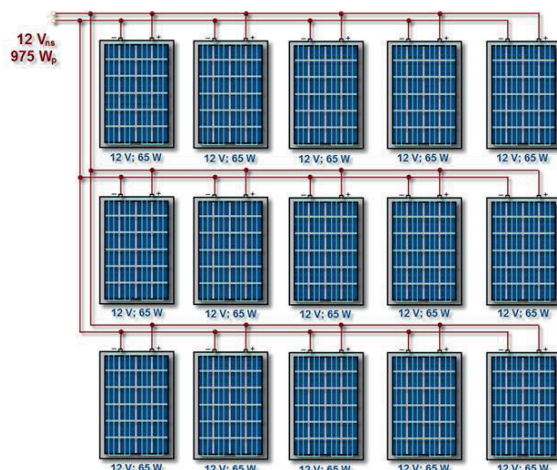
Por ejemplo:

Datos:

Regulador 100 A

$I_e = 166,12 \text{ A}$

$n_{reg} = I_e / I_{reg} = 166,12 / 100 = 1,66 \text{ reguladores} \approx 2 \text{ (redondeo)}$



Reguladores de Carga (MPPT)

REGULADOR MPPT (Seguidor del punto de máxima potencia)

El regulador MPPT utiliza el 100% de la energía que suministran los PFV.

El punto de máxima potencia del panel es aprovechado en su totalidad por este regulador.

Controla la tensión de la batería.

En la conexión del PANEL--->REGULADOR---> BATERIA, aunque los PFV trabajen en 18V en adelante, la tensión que se obtendrán será de un voltaje menor, bajando la potencia.

Este equipo de regulador (MPPT) aprovecha más el rendimiento de los PFV, pudiéndose incluso agregar más paneles en serie con un voltaje superior al del banco de baterías.

Por lo general son muy necesarios para pfv de 60 células (o mayores) o cuando el voltaje del campo fv es superior al del banco de baterías.



Ejercicio

Se tienen 2 paneles que se desea conectar en paralelo de las siguientes características:

Datos Panel	310 W	
Vmp	32,78	V
Imp	9,31	A
Voc	39,75	V
Isc	9,78	A

¿Qué regulador MPPT recomienda?

SmartSolar Charge Controller	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Battery voltage	12/24V Auto Select	
Rated charge current	30A	50A
Nominal PV power, 12V 1a,b)	440W	700W
Nominal PV power, 24V 1a,b)	880W	1400W
Maximum PV open circuit voltage	100V	100V
Max. PV short circuit current 2)	35A	60A
Maximum efficiency	98%	98%
Self-consumption	12V: 30 mA 24V: 20 mA	
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4V / 28,8V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8V / 27,6V (adjustable)	
Charge algorithm	multi-stage adaptive	
Temperature compensation	-16 mV / °C resp. -32 mV / °C	
Protection	PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)	
Humidity	95%, non-condensing	
Data communication port	VE.Direct See the data communication white paper on our website	

Ejercicio

Se tienen 3 paneles en paralelo y 2 en serie que se desea conectar a un sistema

Datos Panel	310 W	
Vmp	32,78	V
Imp	9,31	A
Voc	39,75	V
Isc	9,78	A

¿Qué regulador MPPT recomienda?**Ejemplo**

Si tuviésemos un panel de 100Wp, Vmp: 18,12V, Imp: 5,5A (100Wp), la potencia que entrega el regulador al banco de baterías es $V_{mp} \times I_{mp} = P_{max}$

El regulador MPPT suministra la potencia a las baterías considerando el punto de máxima tensión (Vmp) y de máxima corriente (Imp).

En sistema aislado (con baterías), el panel funcionará con un máximo de 14V, la tensión máxima de carga de la batería. La diferencia de 4V será utilizada por el regulador MPPT en corriente de carga de la batería.

Reguladores de Carga (PWM)**Regulador PWM**

Con este regulador (PWM) los PFV trabajarán a la tensión en la que este cargada la batería, trayendo como consecuencia perdida de energía.

Cuando la batería termina de cargarse a la tensión necesaria, el regulador corta el suministro e impide que la batería se sobrecargue.

Se produce una reducción en el rendimiento energético.

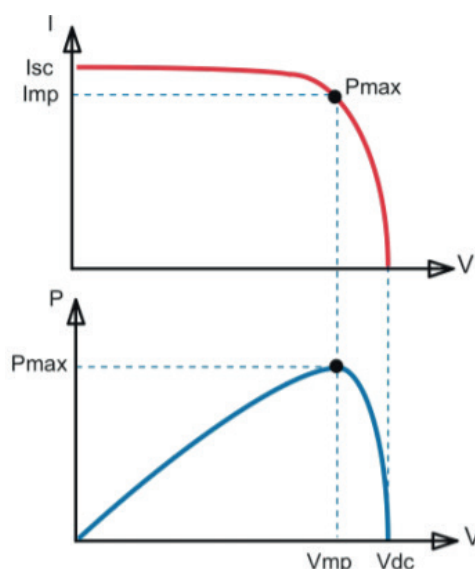
Vemos entonces que el regulador se encarga del control de las cargas y de las descargas de las baterías, además, a través de un diodo, evita que la corriente regrese hacia los paneles.

Tensiones e intensidades de un regulador

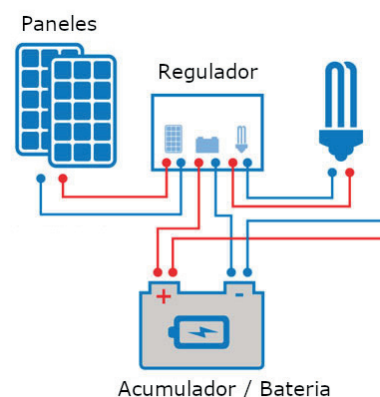
Las tensiones nominales mas usuales son: 12V, 24V y 48V de acorde a la elección de trabajo elegida.

La intensidad nominal será de acorde con la intensidad del GFV y la intensidad de la línea de consumo.

Algunos reguladores tienen alarmas lumínicas o sonoras que avisan cuando existen sobrecargas o descargas excesivas. Cuando el banco de batería esta cargado en su totalidad, corta el paso de la corriente. Si la tensión es baja, detiene el paso de la corriente que proviene de la batería.

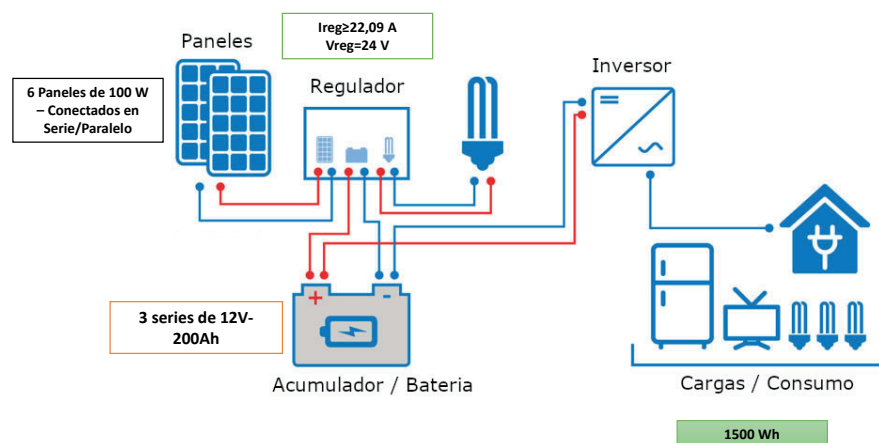


Maximum Power Point Tracking (MPPT)



	PR 1010	PR 1515	PR 2020	PR 3030
Funcionamiento				
Tensión del sistema			12 V (24 V)	
Consumo propio			12.5 mA	
Datos de entrada CC				
Tensión de circuito abierto del módulo solar (con temperatura de servicio mínima)			< 47 V	
Corriente del módulo	10 A	15 A	20 A	30 A
Datos de salida CC				
Corriente de consumo	10 A	15 A	20 A	30 A
Tensión de reconexión (SOC / LVR)			> 50 % / 12,6 V (25,2 V)	
Protección contra descarga profunda < 30 % (SOC / LVD)			< 30 % / 11,1 V (22,2 V)	
Datos de la batería				
Tensión final de carga			13,9 V (27,8 V)	
Tensión de carga reforzada			14,4 V (28,8 V)	
Carga de compensación			14,7 V (29,4 V)	
Ajuste del tipo de batería			líquido (ajustable a través menú)	
Condiciones de uso				
Temperatura ambiente			-10 °C ... +50 °C	
Equipamiento y diseño				
Terminal (cable fino / único)			16 mm² / 25 mm² - AWG 6 / 4	
Grado de protección			IP 31	
Dimensiones (X x Y x Z)			187 x 96 x 44 mm	
Peso			350 g	

Esquema de un sistema FV aislado



Inversor solar

Funcionamiento básico:

Son dispositivos capaces de producir tensión o intensidad alterna a partir de una corriente de tipo continua.

Una de las características principales es la de regular el valor de la tensión de salida.



Diferentes equipos y sus características

1) Entrada del banco de acumuladores (convencional)

Se conecta directamente a la batería (o al banco acumulador). Estas entradas pueden disponer de protección a las sobrecargas que podrían suceder, las evita protegiendo a las baterías.

2) Entrada al campo FV

Este equipo tiene en su interior un regulador de carga, por lo tanto, se puede conectar las baterías y el campo fv.

3) Entrada al auxiliar

Un equipo hibrido, con generador auxiliar, necesita de este inversor, ya que permite conexiones ente los PVF, el auxiliar (generador) y la alimentación del banco de baterías.

4) Salidas

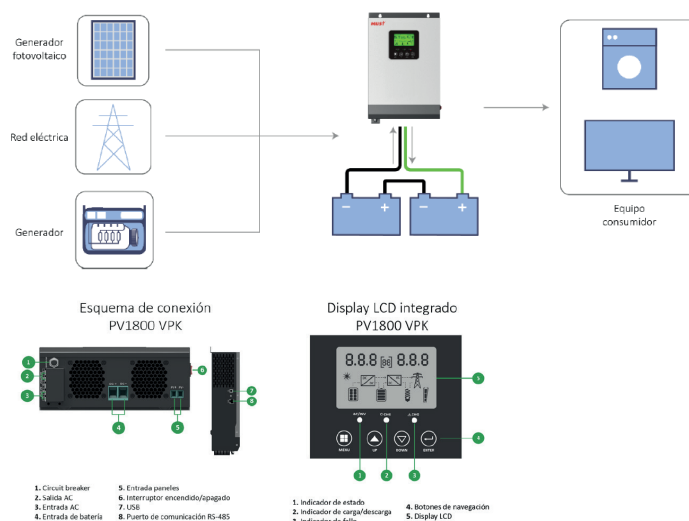
Hay inversores que fueron diseñados para sistemas que usan diferentes tipos de fuentes de alimentación, por lo tanto, se observan dos tipos de salidas:

- Salida de corriente alterna.
- Salida de corriente continua.

Inversor Solar – Pure Wave – Off Grid



Inversor Solar Híbrido

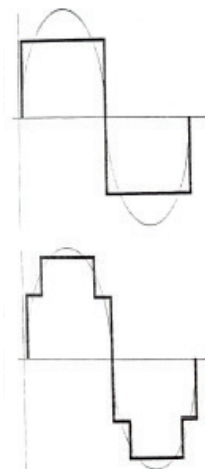


Inversor onda cuadrada

Producen demasiados armónicos y genera interferencias (ruidos). Son económicos, son menos eficientes. Se puede alimentar en CA un pequeño aparato eléctrico, una TV, una laptop, una PC, etc. No son aptos para motores de inducción.

Inversor de onda senoidal modificada

Se acerca mas a la onda senoidal. El ancho de su onda es modificada, aunque no llega a ser pura. Los armónicos son mejores que el inversor de onda cuadrada. Son ideales para conexiones de carga en iluminación ya que evita un posible parpadeo.



Para tener presente:

- En un cortocircuito se interrumpe de manera inmediata el funcionamiento.
- Si la temperatura del inversor es muy alta, por temperatura ambiente o sobrecarga el sistema se desconecta, aunque posea un ventilador en su interior.
- Automáticamente en caso de sobrecargas el inversor se protege con cortes sucesivos.
- En caso de baja tensión de la batería, se desconecta de manera automática y vuelve a conectarse cuando la batería se recupera en su carga.
- Cuando hay sobretensión, automáticamente se desconecta.
- Cuando pasa la anomalía, automáticamente se pone en marcha
- Cuando se va a dimensionar un inversor se debe de tener en cuenta la suma de todas las cargas de AC (como si estuviesen en funcionamiento todas las mismo tiempo) y adicionar un Incremento FS (factor de seguridad) de un 35%.

Potencia nominal del inversor**Tabla de Consumo**

Electrodomésticos	Unidades	Corriente	Potencia	Horas	Consumo/d	+20%
Lámparas	3	CD	15W	4	180Wh	216Wh
Televisión	1	CA	70W	4	280Wh	336Wh
Computadora	1	CA	300W	2	600Wh	720Wh
Ventilador	1	CA	95W	2	190Wh	228Wh
Consumo diario					1250 WH	
Margen de seguridad+ 20%					1500 Wh	

Datos:

Se toma en cuenta el consumo total de CA encendidos al mismo tiempo o potencia pico.

Se toma en cuenta el factor de potencia eléctrico del sistema ($fp \approx 0,8 \approx 1$).

FS= 1,35 (incremento por picos de arranque = 35% o bien por factor de seguridad).

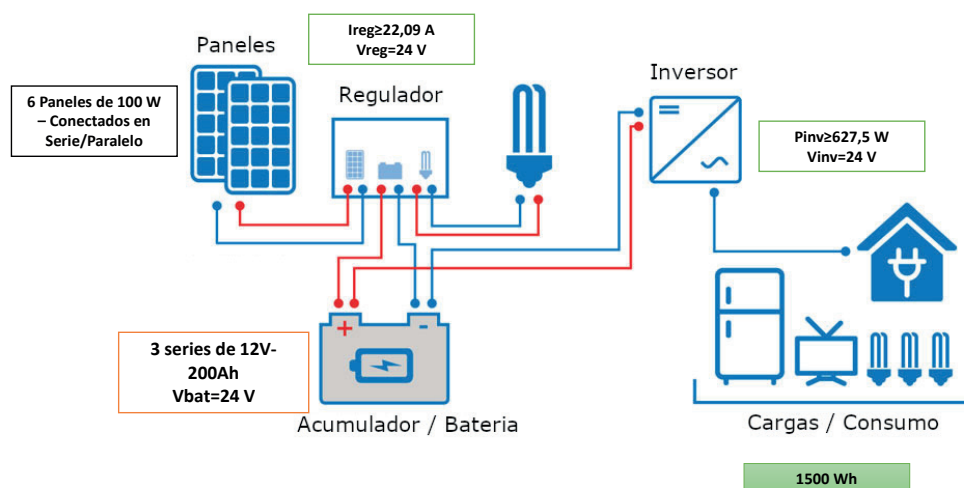
$$P_{in} = FS \times \frac{(70 + 300 + 95)}{fp} = 1,35 \times \frac{465}{1} = 627,5 \text{ W}$$

La tensión de entrada de un inversor puede ser de 12 V, 24V, 36V o 48V en corriente continua provista por la batería o banco de baterías. La tensión de salida será de 110V o 220V en corriente alterna.

Conexión a tierra

En su parte posterior existe una terminal la cual se debería conectar a tierra a través de una varilla de cobre (al menos un metro de profundidad).

Esquema de un sistema FV aislado



Resumen

Fórmulas

1. Cálculo del consumo diario

$$C_d = P_{artefacto}(W) \times Cantidad \times Tiempo (horas)$$

2. Número de paneles serie/paralelo

$$N_{mod} = \frac{C_d}{P_p \times HSP \times PR} \quad N_s = \frac{V_{SI}}{V_{mp}} \quad N_p = \frac{N_{mod}}{N_s}$$

Potencia de Referencia de tensiones en los acumuladores (Vsi)

1500Wp o menos Wp	12V
1501Wp	24V
a 5000Wp	48V
5001Wp a más	>48V

3. Capacidad del banco de baterías

$$Consumo(Ah/d) \quad C_b(Ah) = \frac{A \times Consumo(Ah/d)}{P_D \times \eta_r \times \eta_{inv}}$$

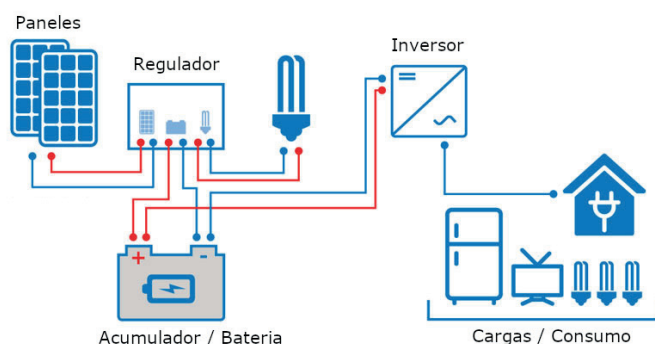
4. Marca y modelo de regulador de cargas

$$I_e = F_S \times I_{SC} \times N_p \quad V_{reg}$$

Verificar la tensión del regulador y seleccionar si será MPPT O PWM.

5. Inversor, modelo, tensión y potencia

$$P_{in} = FS \times \frac{(Potencia Total)}{fp}$$



Ejercicio N° 1

Dimensionar un sistema solar fotovoltaico – Off Grid para alimentar un sistema Starlink que será utilizado en un establecimiento

Datos:

Paneles a utilizar de 350 W.

Baterías Gel de 12 V – 250 Ah.

Seleccionar Regulador PWM o MPPT con sus características.

Inversor off grid.

1 Día de Autonomía.

Se solicita:

- Consumo diario.
- Numero de Paneles/ Serie Paralelo.
- Capacidad Banco de Baterías.
- Marca y modelo de regulador de cargas.
- Inversor, modelo, tensión y potencia.
- Esquema de conexión del sistema.

Consumo Diario

Para conocer el consumo de un Starlink debemos conocer su potencia que según ficha técnica del mismo es de 75 W. Asumiendo un trabajo continuo el tiempo deberá ser de 24 horas que resulta en un consumo de 1800 Wh/día (75 Wx24 horas), por tanto $C_d = 1800 \text{ Wh}$

Número de Paneles Serie/Paralelo

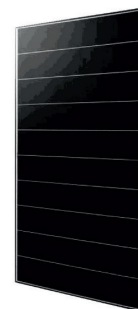
del panel seleccionado que para este caso es de 350 W. Tomando datos comerciales de un panel de 350 W obtengo los siguientes valores:

$$V_{oc} = 38,4 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 11,49 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 31,9 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 10,97 \text{ A}$$



El consumo diario nos dio un valor de 1800 Wh (C_d) y la potencia pico del panel seleccionado es 350 W ($P_p = 350 \text{ W}$); las horas solares pico para el peor mes tomado del ejemplo anterior es 3,4 ($HSP = 3,4$) y también tomamos las pérdidas globales del ejemplo anterior ($P_R = 0,8$) por tanto llevando esto a la fórmula principal de número total de paneles:

$$N_{mod} = \frac{C_d}{P_p \times HSP \times P_R} = \frac{1800 \text{ Wh}}{350 \text{ W} \times 3,4 \text{ h} \times 0,8} = \frac{1800}{952} = 1,89 \cong 2 \text{ paneles}$$

Ahora debemos calcular el número total de paneles en serie y en paralelo.

$$N_s = \frac{V_{SI}}{V_{mp}}$$

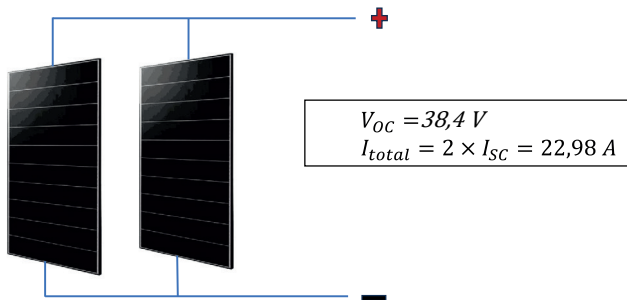
Para conocer la tensión del sistema (V_{SI}) debemos conocer cuál es la potencia instalada que para este caso es de 75 W por tanto la tensión de trabajo será de 12 V obtenido de la siguiente tabla

Potencia de Referencia de tensiones en los acumuladores	
1500Wp o menos Wp	12V
1501Wp	24V
a 5000Wp	48V
5001Wp a más	>48V

$$N_s = \frac{V_{SI}}{V_{mp}} = \frac{12 V}{31,9 V} = 0,37 \cong 1 \quad (1) \text{ es el número de paneles en serie}$$

Recordando que V_{mp} es la tensión en el punto de máxima potencia obtenido del panel seleccionado. Ahora pasaremos a calcular el número de paneles en paralelo

$$N_p = \frac{N_{mod}}{N_s} = \frac{2}{1} = 2$$



Capacidad del banco de baterías

Para calcular el banco de baterías debemos conocer, el consumo diario, días de autonomía, la batería a ser utilizada así como la profundidad de descarga de la misma junto con la tensión del sistema y las pérdidas tanto en el regulador y el inversor.

Para este caso conocemos el día de autonomía de un día ($A=1 \text{ día}$) y el consumo diario nos dio un valor de 1800 Wh (C_d). La tensión del sistema es de 12 V (V_{SI}) con esto ya podemos dimensionar el consumo diario.

$$\text{Consumo} (Ah/d) = \frac{1800 Wh}{12 V} = 150 (Ah/d)$$

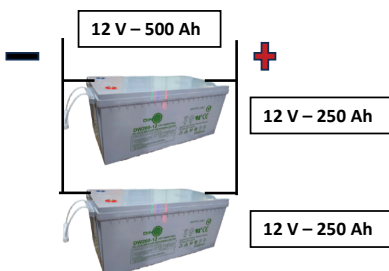


Y ahora para calcular el consumo de la batería se pueden tomar las pérdidas del regulador y del inversor del ejemplo anterior al igual que la profundidad de descarga que suele ser del 70 % ($P_D=0,7$) para el tipo de batería seleccionada.

$\eta_r = 80 \%$ y $\eta_{inv} = 85 \%$ consumo del 20 y 15 % tanto del regulador como el inversor, por tanto:

$$C_b (Ah) = \frac{A \times \text{Consumo} (Ah/d)}{P_D \times \eta_r \times \eta_{inv}} = \frac{150 Ah \times 1 \text{ día}}{0,7 \times 0,8 \times 0,85} = \frac{150}{0,476} \approx 315 (Ah)$$

Como la tensión del sistema es de 12 V y las baterías que se utilizarán es de 12 V - 250 Ah para alcanzar la capacidad se utilizarán 2 baterías en paralelo para aumentar la capacidad y se tendrá el siguiente esquema



Marca y modelo de regulador de cargas

Para el regulador de carga usaremos el valor del panel seleccionado $I_{sc}=11,49$ y el numero de paneles en paralelo que para este caso es de 2 (N_p).

$$I_e = F_S \times I_{SC} \times N_p$$

$$I_e = 1,25 \times 11,49 \times 2 = 28,75 \text{ A}$$

Por tanto el regulador tendrá una corriente de 28,75 A y una tensión de trabajo de 12 V ($V_{reg}=12 \text{ V}$)
Por tanto seleccionamos un regulador de 30 A (mayor a 28,75 A) y tensión de 12 V.



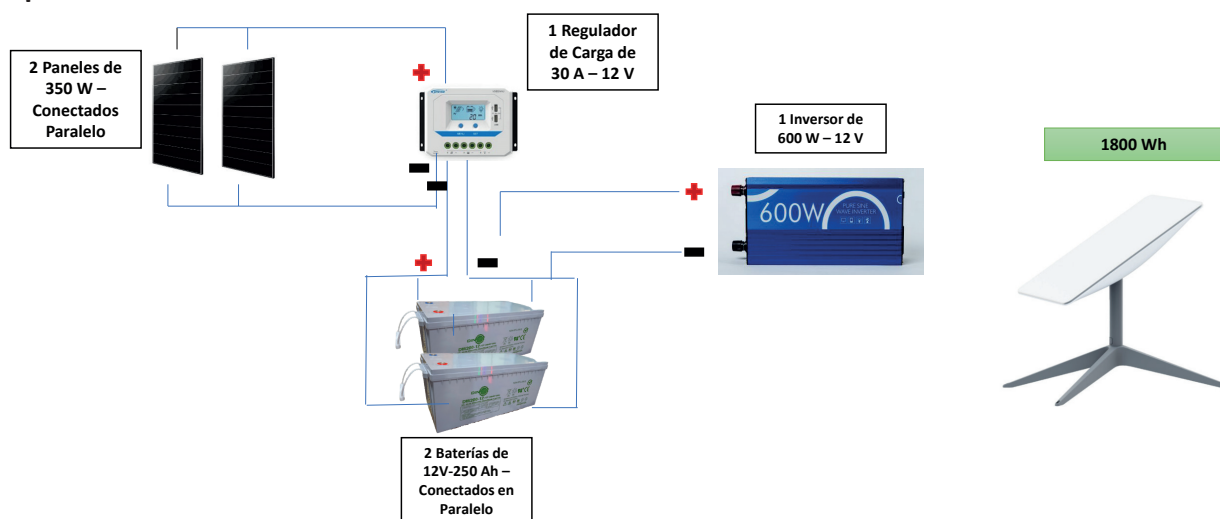
El regulador seleccionado es de la marca Eveper PWM de 12 V y 30 A

Inversor, modelo, tensión y potencia

Para el inversor recordamos que la potencia del consumo es de 75 W CA para este caso consideramos FS (Factor de arranque o factor de seguridad) igual 1 y factor de potencia igual a 1 por tanto

$$P_{in} = FS \times \frac{(Potencia Total)}{fp} = 1 \times \frac{75}{1} = 75 \text{ W}$$

Por tanto se busca un inversor que sea mayor a 75 W y de tensión igual a 12 V. Se encontró el siguiente equipo el regulador inversor seleccionado es de la marca **Argo Solar** de 12 V y 600 W

**Esquema de conexión del sistema**

Ejercicio N° 2

Dimensionar un sistema solar fotovoltaico – Off Grid para alimentar un Aire Acondicionado de 12.000 BTU que será utilizado solo para caso de corte con una duración máxima de 2 horas

Datos:

- Paneles a utilizar de 550 W.
- Baterías Gel de 12 V – 250 Ah.
- Inversor hibrido.
- 1 Dia de Autonomía.

Se solicita:

- Consumo diario.
- Numero de Paneles/ Serie Paralelo.
- Capacidad Banco de Baterías.
- Marca y modelo de regulador de cargas.
- Inversor, modelo, tensión y potencia.
- Esquema de conexión del sistema.

Inversor Híbrido (inversores con posibilidad a conexión a RED)

Especificaciones del panel FV:

Pp (Potencia): 100W

Voc: 22.7 V

Isc: 5.89 A

Vmp: 18.12 V

Imp: 5.5 A

Ns = 2

Np = 3

Calculo de la tensión máxima potencia del gfv

$$V_{gfv} = V_{mp} * N_s$$

$$V_{gfv} = 18,12 * 2 = 36.24 \text{ V}$$

Calculo de la intensidad máxima potencia del gfv

$$I_{gfv} = I_{mp} * N_p$$

$$I_{gfv} = 5,3 * 3 = 16.5 \text{ A}$$



PWM Solar Charging Mode				
INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA	5KVA
Charging Current	50Amp			
System DC Voltage	12Vdc	24Vdc		48Vdc
Operating Voltage Range	15~18Vdc	30~32Vdc		60~72vdc
Max. PV Array Open Circuit Voltage	55Vdc	80Vdc		105Vdc
DC Voltage Accuracy	+/-0.3%			
Max Charging Current (AC charger plus solar charger)	50Amp		70Amp	110Amp
MPPT Solar Charging Mode				
INVERTER MODEL	3KVA		3KVA Plus	5KVA
Charging Current	40Amp		60Amp	
PV Array MPPT Voltage Range	30~80Vdc		30~115Vdc	60~115Vdc
Max. PV Array Open Circuit Voltage	102Vdc		145Vdc	
Max Charging Current (AC charger plus solar charger)	60Amp		120Amp	

Inversor Solar (inversores con conexión a GFV)

PWM Solar Charging Mode				
INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA	5KVA
Charging Current	50Amp			
System DC Voltage	12Vdc	24Vdc		48Vdc
Operating Voltage Range	15~18Vdc	30~32Vdc		60~72vdc
Max. PV Array Open Circuit Voltage	55Vdc	80Vdc		105Vdc
DC Voltage Accuracy	+/-0.3%			
Max Charging Current (AC charger plus solar charger)	50Amp		70Amp	110Amp
MPPT Solar Charging Mode				
INVERTER MODEL	3KVA		3KVA Plus	5KVA
Charging Current	40Amp		60Amp	
PV Array MPPT Voltage Range	30~80Vdc		30~115Vdc	60~115Vdc
Max. PV Array Open Circuit Voltage	102Vdc		145Vdc	
Max Charging Current (AC charger plus solar charger)	60Amp		120Amp	

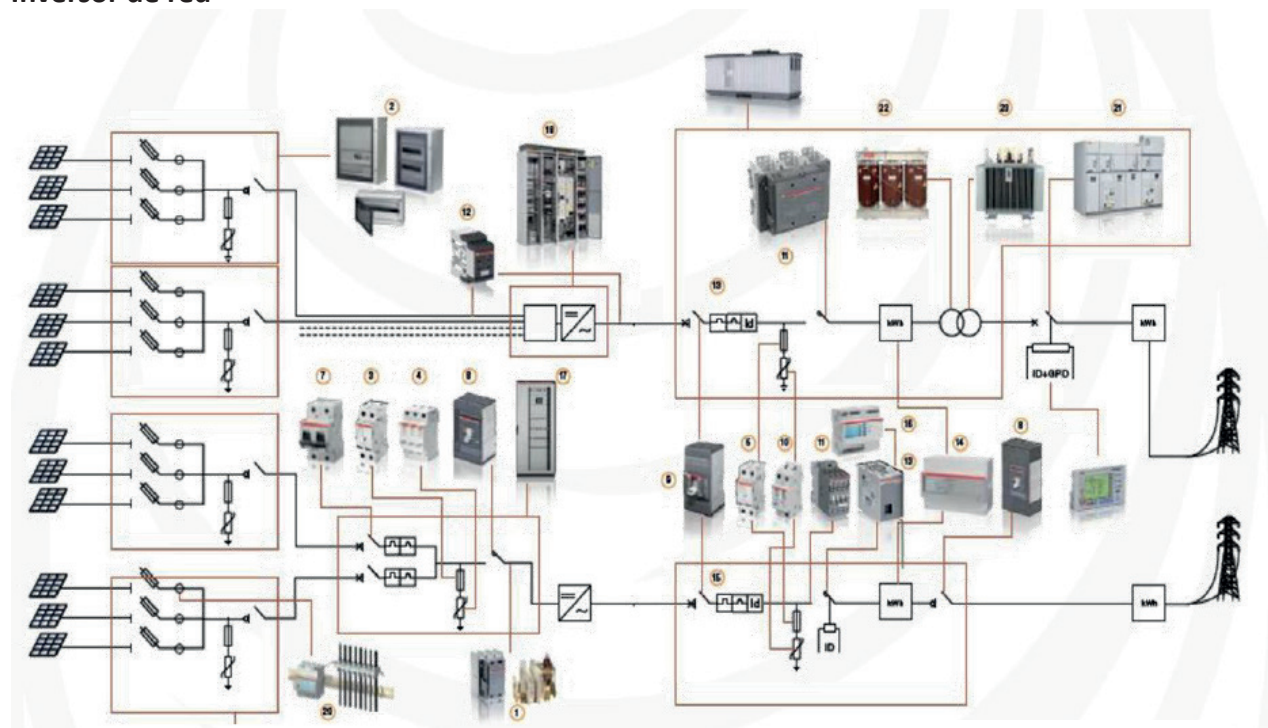
Inversor on grid

Inyecta la energía producida por el gfv a la red eléctrica. Sincroniza de forma automática la frecuencia y la amplitud de la tensión a la misma tensión de la red. Por lo general estos Inversores son usados en la producción de electricidad de las granjas solares, subiendo su producto (electricidad) a la red.

Microinversores

Se instala un microinversor por cada pfv, por lo tanto, es independiente uno del otro. En caso de producirse algún sombreado, solo afectará a ese panel, dejando al resto de los módulos trabajar normalmente. Permite el chequeo (a distancia vía internet) de cada módulo a través de una pantalla.

Inversor de red



Módulo fotovoltaico

Características físicas

Conductor Fotovoltaico y Conector MC-4

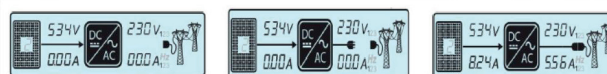
Los módulos fotovoltaicos incluyen cables diseñados especialmente para estar tendidos a la intemperie con protección UV y calificados para operar a altas temperaturas y en ambientes húmedos.

Todos los módulos fotovoltaicos incluyen un conector especial del tipo MC-4 utilizado especialmente en sistemas fotovoltaicos.

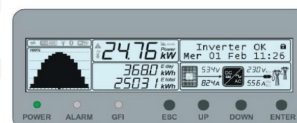


Sistemas "On - Grid"

Inversores Parámetros de sincronización

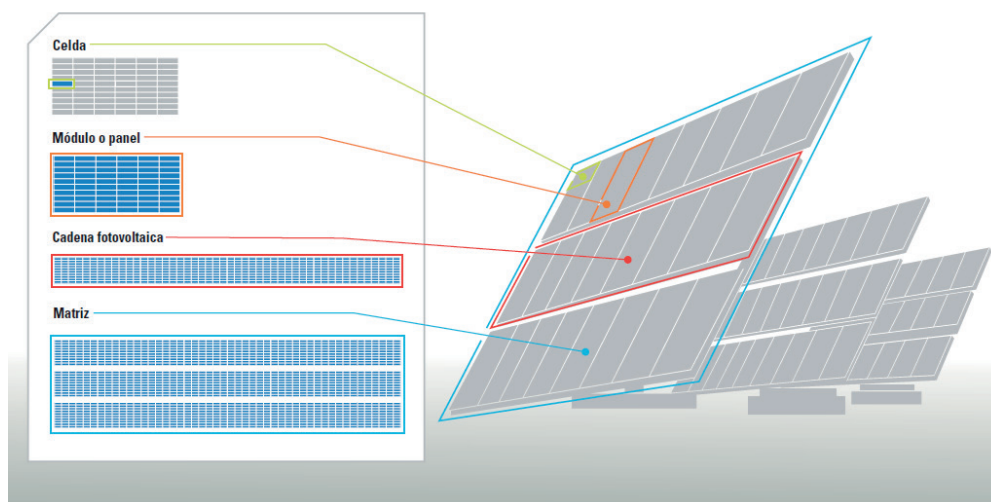


(c) Secuencia de conexión



(d) Sincronización completada

Celda, panel, cadena o string, matriz



Conductor Fotovoltaico - H1Z2Z2-K

Los conductores a utilizar en la unidad de generación fotovoltaica deberán ser conductores del tipo fotovoltaicos con la designación H1Z2Z2-K o equivalente, que cumplan con los requisitos para su uso en sistemas fotovoltaicos.

Cabe destacar que la normativa existente permite no canalizar los

conductores de los módulos fotovoltaicos que se encuentren bajo de estos, es decir en la parte posterior, a la cual se le denomina huella del arreglo fotovoltaico, pero debemos asegurar que los cables queden afianzados ordenadamente en la estructura de soporte y estos no toquen el techo o suelo.

- Aislamiento. Compuesto elastómero reticulado de baja emisión de humos y gases corrosivos según tabla B.1 del anexo B de la norma EN 50618.
- Cubierta exterior Compuesto elastómero reticulado de baja emisión de humos y gases corrosivos según tabla B.1 del anexo B de la norma EN 50618.

Obs.: Cuando el área de la sección transversal del cable fotovoltaico de aleación de aluminio:

150% Δ de la sección transversal del conductor de cobre

La resistencia a la tracción tiene ciertas ventajas sobre el cobre

Rendimiento eléctrico es el mismo

El peso es menor

Conductores en CC o DC

Dimensionamiento básico

RGR N°02

11.11 Los conductores utilizados de la unidad de generación fotovoltaica serán de cobre estañado para 1kV en CA y de 1,8kV en CC, y deberán resistir las exigentes condiciones ambientales que se producen en cualquier tipo de instalación fotovoltaica, ya sea fija, móvil, sobre tejado o de integración arquitectónica.



11.17 Los conductores del lado de CC, deberán ser dimensionados para transportar una corriente no inferior a 1,25 veces la corriente máxima del circuito fotovoltaico.

$$I_{\text{cable}} = I_{\text{sc}} \times 1,25$$

Obs: Para el dimensionamiento del conductor también se deberá tener en cuenta la caída de tensión cuando la distancia sea importante.



En el circuito FV se deberá distinguir los cables y las protecciones para la CC y también para la CA. También las distintas longitudes de los tramos conectados harán definir los calibres para un funcionamiento óptimo.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\Delta V \cdot C}$$

S= Sección del cable en milímetros.

L=Longitud del cable (tramo).

I=Intensidad circulante en el conductor.

ΔV = Caída de tensión en el cable.

C= Conductividad del cobre o del aluminio (según el caso) a diferentes temperaturas.

Cableado

En la siguiente tabla se indica los porcentajes de caída de tensión máxima para cada tramo de una instalación FV.

PORCENTAJE DE CAIDA DE TENSION		
TRAMOS	CAÍDA DE TENSÓN MÁXIMA	RECOMENDADA
Paneles al Regulador	3%	1%
Paneles al Acumulador	1%	0,5%
Acumulador al Inversor	1%	1%

Datos

Especificaciones del panel FV:

Pmax: 100W

Voc: 22.7 V

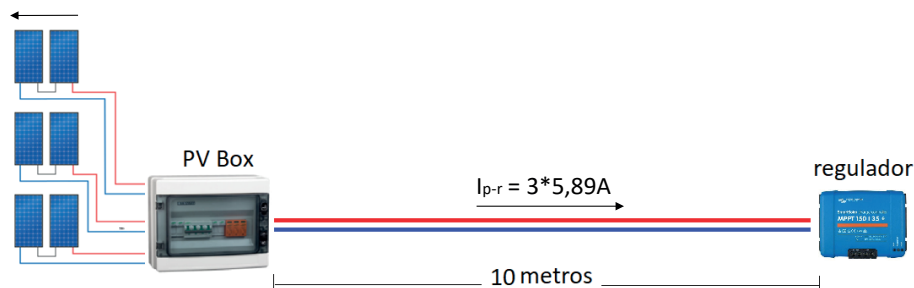
Isc: 5.89 A

Vmp: 18.12 V

Imp: 5.5 A

Tramo paneles al regulador	10 metros
Tramo Regulador al Acumulador	2 metros
Tramo batería al inversor	2 metros
Tramo inversor al consumo	2 metros

$$V_{p-r} = 2 \cdot 18.12V$$



Para nuestro ejemplo tomemos una temperatura de trabajo de 20°C, a lo que corresponde de conductividad (γ) (del aluminio) de 35m/ Ω *mm².

Valores conductividad del cobre con la temperatura

20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
56	54	52	50	48	47	45	44

Valores conductividad del aluminio con la temperatura

20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
35	34	32	31	30	29	28	27

TRAMO DE LOS PANELES (PV BOX) AL REGULADOR BAJO CARGA (10 metros)

$I_{p-r} = 1,25 \times I_{sc} = 1,25 \times 3$ (3 PF en paralelo) $\times 5,89 = 22,08$ A (intensidad máxima circulante por ese tramo).

$V_{p-r} = 2$ (2 PF en serie) $\times V_{mp} = 36,24$ V

$\Delta V = 3\%$ máxima caída de tensión = $V_{p-r} \times 0,03 = 36,24 \times 0,03 = 1,087$ V

$C = 35$ m/ Ω xmm² (conductividad del conductor de aluminio a 20 C).

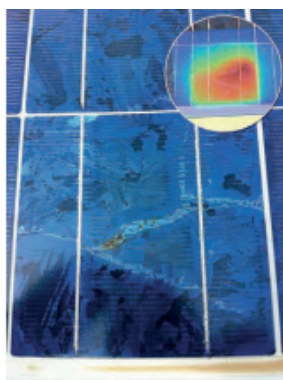
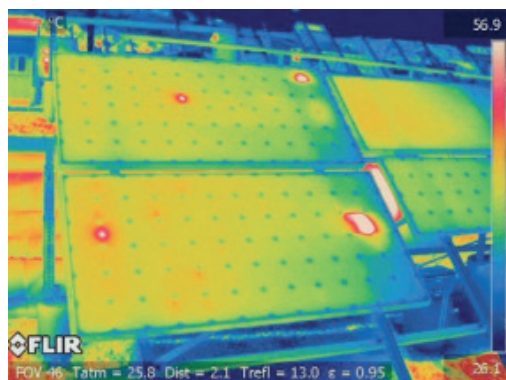
$$S = \frac{2 \times L \times I}{\Delta V \times C} = \frac{2 \times 10 \times 22,08}{1,087 \times 35} = \frac{441,6}{38} = 11,62 \text{ mm}^2$$

El rango más cercano de la tabla de conductores es de 16 mm². Para el tramo paneles al regulador con conductor de aluminio aislado de tubos superficial (tabla de conductores de aluminio B) arroja 46 Amperios de circulación máxima.

Punto caliente

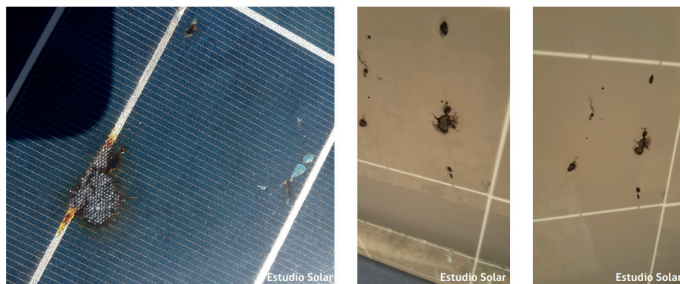
Definición

Son zonas de un modulo (celdas) o módulo que presentan un aumento de temperatura, los puntos calientes son causados esencialmente por que una celda o modulo fotovoltaico tiene menor capacidad de producir energía que sus pares, esto se puede generar por sombras o daños de la celda o modulo fotovoltaico y por disparidad de módulos en el arreglo.

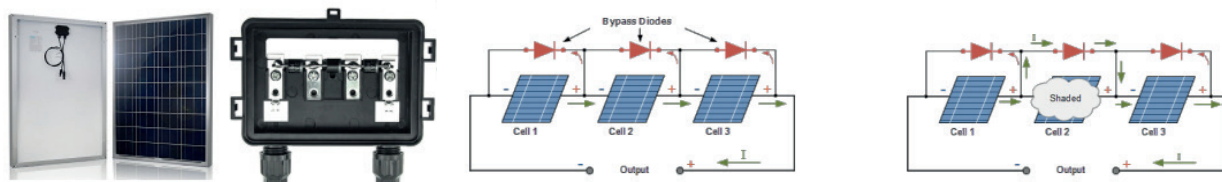


Indicación de sección norteamericana buscada	Conversión geométrica	Sección nominal métrica que cumple los requisitos eléctricos
AWG	kcmil	mm ²
4/0	107,22	120
3/0	85,01	95
2/0	67,43	70
1/0	53,49	
1	42,41	50
2	33,62	35
3	26,67	
4	21,15	25
5	16,77	
6	13,30	16
7	10,55	
8	8,37	10

Efectos en los paneles solares

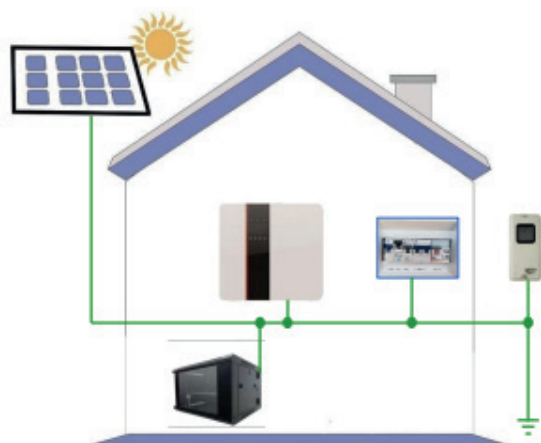


Diodo de bypass



Protecciones fotovoltaicas CC o DC

Puesta a tierra



DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE ELECTRICIDAD.

INSTRUCCIÓN TÉCNICA

: RGR N° 02/2017

MATERIA

: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS
INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS
CONECTADAS A REDES DE
DISTRIBUCIÓN.



RGR N°02

17.1- Deberán conectarse todas las partes metálicas de la instalación a la tierra de protección. Esto incluye las estructuras de soporte, pasillos técnicos y las carcasas de los equipos.

Puesta a Tierra

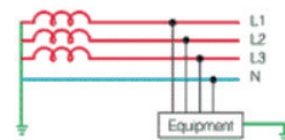
RGR N°02

El valor de resistencia de puesta a tierra de servicio y protección (neutralización) indicados, cumple con la NCH Elec. 4/2003 (**Máximo 20 ohm**).

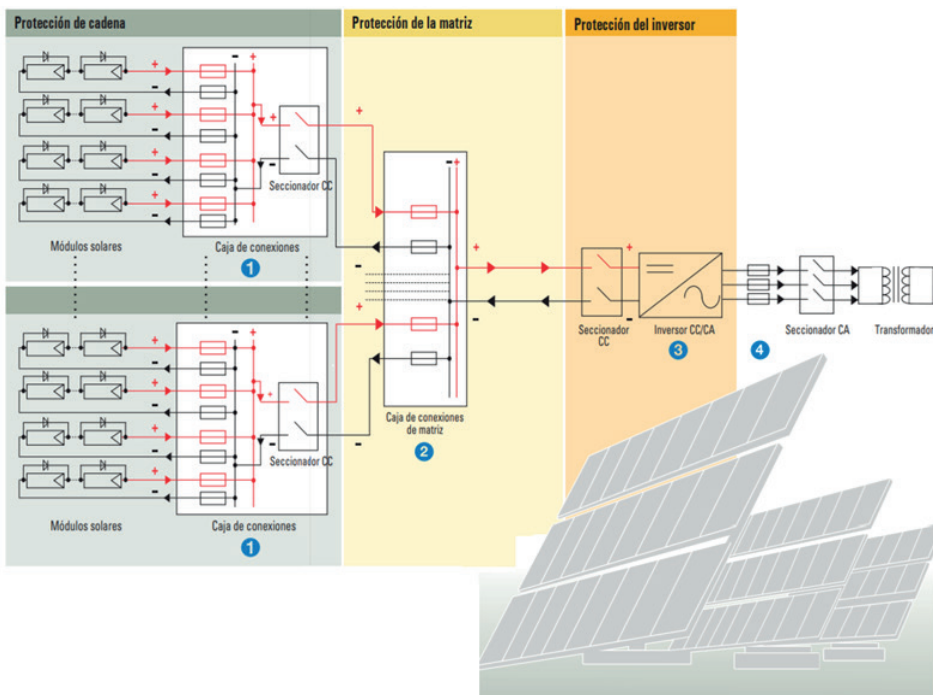
RGR N°02

El conductor neutro se debe conectar a la puesta a tierra de protección (neutralización), tal como se exige en el numeral 14.3.2 de la instrucción técnica n° 02/2014 para conexiones TT o TN. La conexión TT debiera ser la forma típica de puesta a tierra para los proyectos fotovoltaicos.

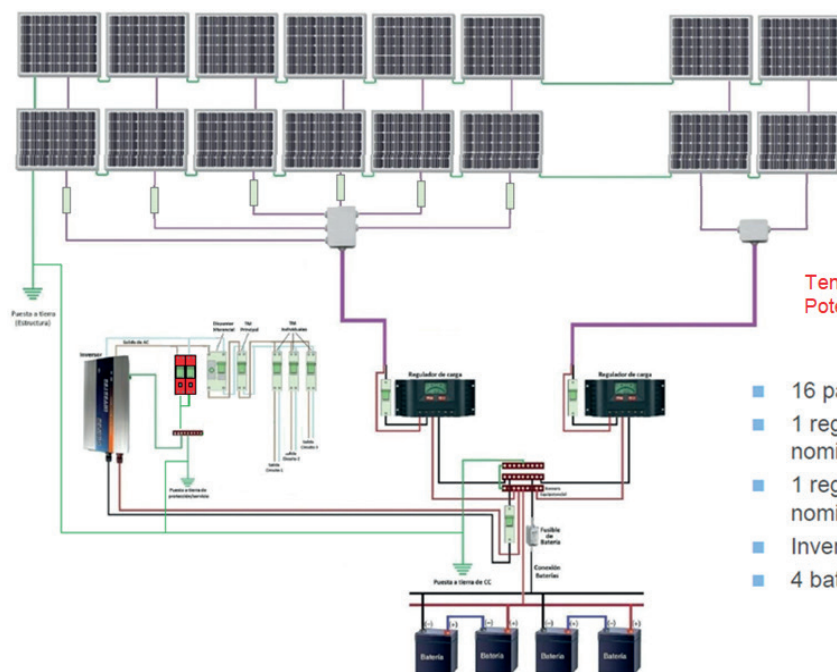
TT system
230/400 V



Protecciones recomendadas



Esquema de protecciones



Tensión de servicio: 24V
Potencia instalada: 1400W

- 16 paneles de 85 Wp, 12V
- 1 regulador de carga de 40 A nominal.
- 1 regulador de carga de 20 A nominal.
- Inversor de 24 V y 600 VA.
- 4 baterías de 220 Ah.

Fusible Cilíndrico Tipo C-gPV – 10x38mm

RGR N°02

Los dispositivos de sobre corriente en el lado CC, serán dimensionados para conducir una corriente no inferior a 1,25 veces la máxima corriente del string y no deberá ser superior a la corriente inversa máxima que soportan los módulos que forman parte del string.

Fusible = $I_{sc} \times 1,25$



Max. Series Fuse Rating	15 A
Application Classification	Class A
Power Tolerance	0 ~ + 5 W



Portafusible cerrado



Portafusible abierto
+ fusible



Fusible

Automático bipolar

RGR N°02

Los interruptores automáticos y seccionadores utilizados en el lado CC de las instalaciones fotovoltaicas, deberán cumplir los requerimientos establecidos en las normas IEC 60947-2 o IEC 60947-3, y ser adecuados para instalaciones fotovoltaicas, capaces de extinguir arcos eléctricos en CC.

Automático Bipolar = $I_{sc} \times 1,25$



Seleccionador bajo carga

RGR N°02

9.10 La caja de conexión o tablero CC deberá permitir el accionamiento del seccionador bajo carga desde el exterior de la caja, o el tablero CC deberá contar con contra tapa, sin que exista exposición de personas al contacto con partes con tensión. El seccionador deberá tener claramente y de manera indeleble marcado la posición abierta o cerrada.

Seccionador = $I_{sc} \times 1,25$



Protección de Sobre Tensión SPD Tipo II

RGR N°02

14.7 Los descargadores de sobretensión utilizados en instalaciones fotovoltaicas deberán ser del tipo 2, en conformidad a la IEC 61643-11. Esta protección se dimensionará de acuerdo al V_{oc} del arreglo fotovoltaico

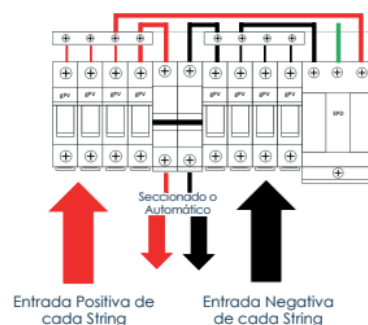
SPD > V_{OC} del arreglo

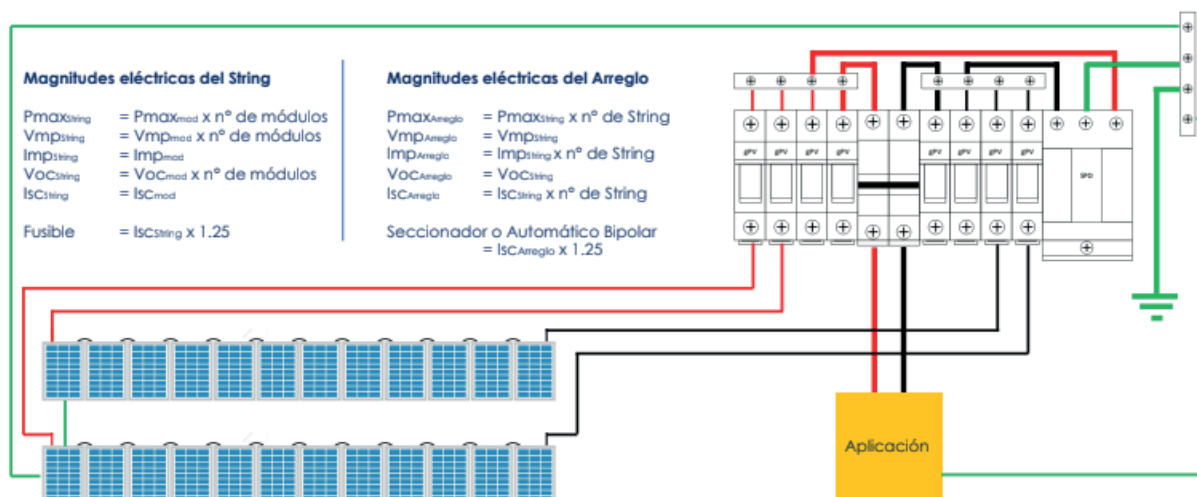
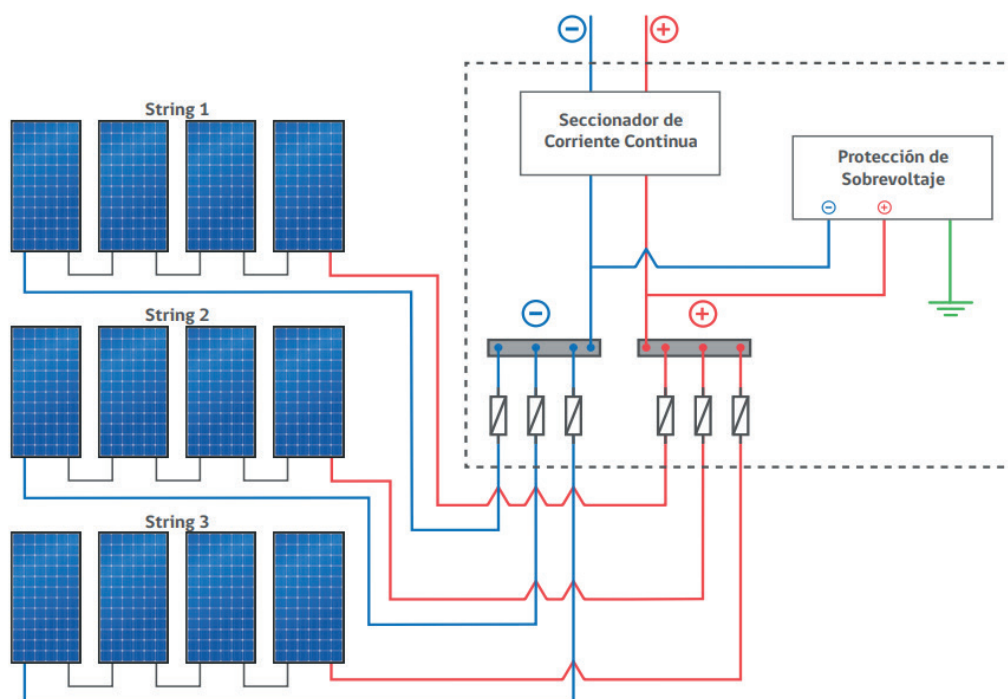


String Box - CC

RGR N°02

9.13 Todos los tableros, cajas de conexión y junction box ubicados a la intemperie, deberán ser instalados de forma que todas sus canalizaciones y conductores ingresen por la parte inferior, conservando su índice de protección IP. Las String Box son necesarias cuando se necesita instalar String en paralelo.





Soportes de fijación

Generalidades

Evaluar entorno.

Evaluar características del terreno.

Evaluar distribución de componentes.

No se evalúan sombras.

No se evalúa el entorno.

Falta de factibilidad técnica



Accesorios

Imagen	Nombre de la pieza	Variables disponibles	Notas
	Soporte pre-ensamblado	- Vertical: 1260 mm de largo. - Horizontal: 1060 mm de largo.	El largo del soporte varía según la orientación de los paneles solares (Vertical u horizontal). El soporte incluye un tornillo para su armado final.
	Riel	2 metros de largo. 3 metros de largo. 4 metros de largo.	Sólo se usa para sistemas con paneles en modo vertical. El largo del riel en metros es igual al número de paneles a colocar (1m = 1 panel)

	Grapa para riel	Modelo único.		Se usa para unir los rieles a los soportes pre-ensamblados. No se requiere para sistemas con panel en modo horizontal.
	Grapa final	40 mm. 33 mm. 31 mm.	- Con tuerca bridada (Horizontales) - Con tuerca especial (Sistemas con rieles).	Siempre se requieren al menos 4 piezas. La medida deberá estar de acuerdo a la altura del marco del panel a instalar.
	Grapa intermedia	40 mm. 33 mm. 31 mm.	- Con tuerca bridada (Horizontales) - Con tuerca especial (Sistemas con rieles).	Sólo es requerida en sistemas con 2 o más módulos. La medida de la grapa deberá ser igual a la altura del marco del panel solar a instalar.

Imagen	Nombre de la pieza	Variables disponibles	Notas
	Ancla para fijación a cero grados	Modelo único.	Se usa para sistemas con inclinaciones de 0° (paralelos a la superficie). Altura ajustable y membrana de EPDM para proteger la superficie de fijación. Se incluyen taquetes expansivos de 1/4" (para techos de concreto) y pijas autorroscantes (para techos de madera).
	Gancho para techo de teja	Modelo único.	Se usa para techos de madera o concreto con teja española. Se incluyen pijas autorroscantes para techos de madera y taquetes expansivos de 1/4".

Tipos de estructura



Recomendaciones generales

Determine el lugar más adecuado para fijar el sistema de montaje Conermex. Cada panel solar requiere de aproximadamente un área de 2.5m^2 para ser colocado de manera óptima.

- Verifique que no existan objetos o estructuras al sur del lugar donde se desee colocar los módulos solares, ya que estos provocarán sombras que afectarán el rendimiento del sistema. Como regla general, deberá de haber una separación de 3 veces la altura del obstáculo entre el objeto y los módulos solares, para que estos no causen pérdidas de energía importantes. Por ejemplo, si se tiene una chimenea de 1 metro de altura al sur de donde se ubicarán los paneles solares, debe de haber una separación mínima de 3 metros entre la chimenea y los módulos solares para que las pérdidas resulten mínimas.
- Asegúrese de que el techo soporte el peso del conjunto formado entre los módulos solares y el SMC. El techo deberá soportar un mínimo de 20 kg/m^2 . La mayoría de los techos de concreto son capaces de soportar este peso, sin embargo deberá de siempre verificar la resistencia de techos de lámina, madera u otro material distinto al concreto.
- Verifique el estado del impermeabilizante del lugar de fijación antes de realizar cualquier modificación. Si encuentra algún desperfecto, deberá de comunicarlo inmediatamente a su supervisor. Se recomienda tomar fotografías por la parte superior e inferior del techo para cualquier aclaración posterior.
- Cuando instale módulos solares con inclinación, siempre deje una separación adecuada entre filas de paneles para evitar sombreados. Se recomienda una separación mínima de 80 cm entre filas para módulos montados en modo vertical y de 40 cm para módulos montados en modo horizontal.

Proceso de instalación de la estructura

1. Planeación del lugar montaje.
2. Armado de sistema de montaje.
3. Colocación de paneles solares.
4. Fijación de elementos de anclaje.
5. Inspección del sistema y apriete de tornillería.

El proceso de armado y fijación al piso variará dependiendo del tipo de sistema que haya adquirido. Existen cuatro opciones de fijación disponibles: Con soportes pre-ensamblados y taquetes; con soportes pre-ensamblados y peso muerto; con anclas para fijación a cero grados y con ganchos para techo de teja.

Inversores

Recomendaciones



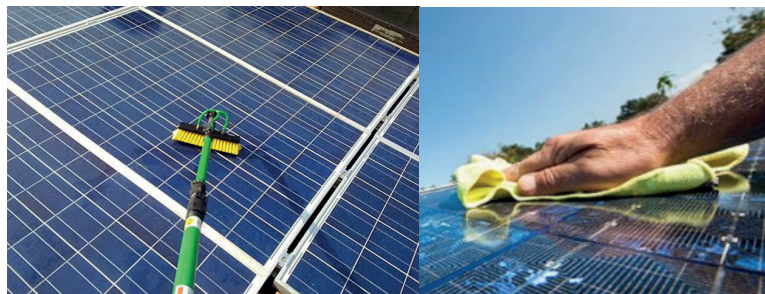


Mantenimiento al sistema Limpieza



Módulo fotovoltaico

El principio de funcionamiento de los módulos depende del caudal lumínico, por lo que cualquier objeto que proyecte sombras sobre su superficie afectará la producción energética. Por otra parte, no se recomienda usar químicos o componentes abrasivos para la limpieza de la superficie. El agua destilada es el mejor elemento para la limpieza de los módulos.

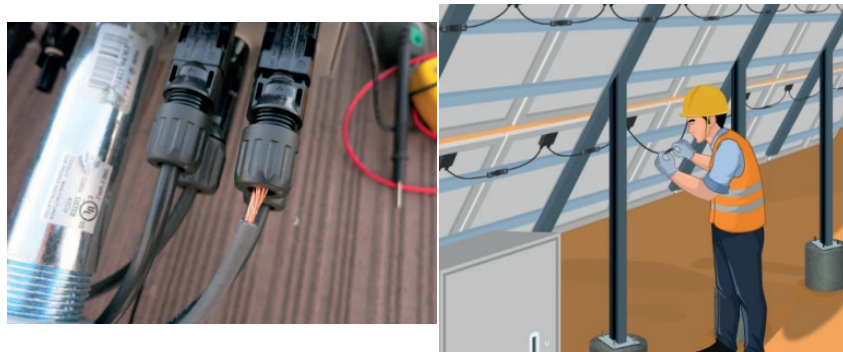


Cuando la producción de energía sigue muy baja a pesar de la limpieza de los módulos, es muy posible que exista un desperfecto en alguno de ellos. Una técnica ideal para la detección de anomalías, es la imagen termográfica, ya que esta nos revelará inmediatamente cual es la celda o modulo defectuoso. La otra alternativa consiste en desconectar cada módulo y medir el valor de voltaje y corriente para compararlo con su data Sheet.



Conductores y conectores

Esta mantención es la mas riesgosa, por lo que se deben utilizar elemento de protección personal. Se debe desconectar completamente esta etapa y considerar que se estará trabajando con conductores activos. La integridad de los conductores es fundamental para evitar el mal funcionamiento y riesgos eléctricos.



La sujeción de los conductores debe estar intacta. Es común que al no ocupar elementos de fijación sin filtro ultra violeta, estos al correr de un tiempo fallen por falta de resistencia mecánica, esto trae como consecuencia que los conductores queden expuestos a tirones, roses, altas temperaturas por contacto, generando un daño en su integridad física.



Estructura

Aunque la estructura usada sea idónea para el entorno donde se montara el sistema, siempre se debe chequear la integridad. Tanto la oxidación, como la deformación por peso o por cambios de temperatura son aspectos que debemos chequear. El torque de perno también es un punto crítico, debido a que las vibraciones también afectaran a la estructura.

Situaciones críticas: Humedad, salinidad, pesos, vientos, vibraciones, golpes, deformación.



Controlador

Mantener un entorno limpio y adecuado de acuerdo a las exigencias de los fabricantes. Realizar un reapriete de los terminales de cada conductor conectado al equipo. Esto se debe realizar con la etapa de generación fotovoltaica desconectada como también sin cargas eléctricas funcionando.



Protecciones eléctricas

Se debe chequear el estado de los conectores y conductores, así como también se debe realizar un reapriete de los terminales. Si es necesario reemplazar una protección, esta acción se debe realizar con el sistema completamente desenergizado y desconectado.

Acumulación típica: Insectos, polvo, ramas, plantas, nidos, pequeños animales, humedad



Módulos fotovoltaicos

Compatibilidad de clamp y riel.

Presión con llaves dinamométricas.

Planificación de la cantidad de componentes.

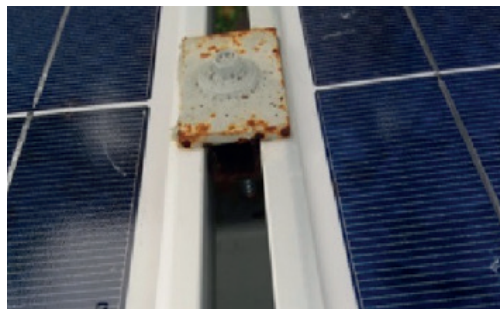
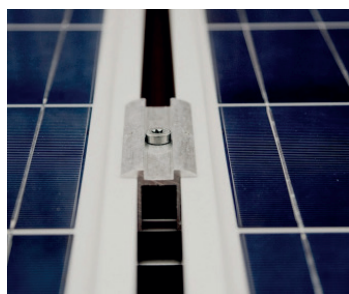
Comprobar estado de apriete

Materiales inadecuados para intemperie.

Improvisación en sujeción.

Presión inadecuada en el módulo.

Clamp mal instalados.



Compatibilidad entre conectores.

Comprobación de firmeza de conectores.

Ensamblado de acuerdo a indicación del fabricante.

Herramientas inadecuadas.

Conector mal ensamblado.

Unión por enroscamiento.

Exposición a altas temperaturas.



Buenas y malas prácticas módulos fotovoltaicos

Elementos adecuados para la sujeción.

Orden en la huella del arreglo fotovoltaico.

Alejado del contacto directo con el módulo.

Sin sujeción ni canalización.

Contacto con superficies abrasiva.

Conductores inadecuados para SFV.

