

2 El Sistema Fotovoltaico

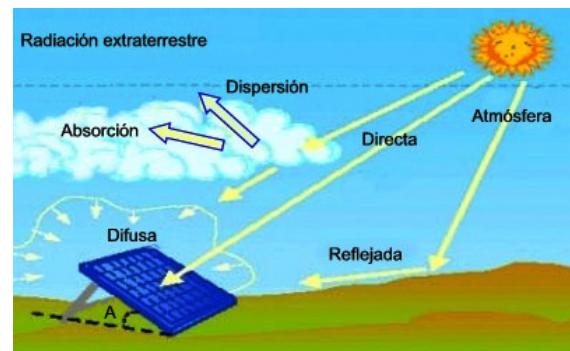


Antes de hablar sobre el sistema fotovoltaico, es necesario entender algunos elementos claves en relación al **sol como fuente de energía renovable**. En este sentido, debemos entender algunos conceptos claves:

La radiación solar, es la energía que viene del sol hacia la tierra. Puede llegar de dos maneras:

- **Radiación Directa**, es la que llega desde el sol, sin que sufra algún desvío en su camino.
- **Radiación Difusa**, es la que sufre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión de la atmósfera.

La radiación se mide en KWh/m². (Kilo watts-hora por metro cuadrado).



¡No debemos olvidar!

Mientras más alta sea la radiación solar más podemos aprovechar la energía de sol para transformarla en energía eléctrica

La energía solar, se deriva del sol y se puede aprovechar al transformarla de dos maneras:

1. La energía que viene del sol en forma de calor se llama **energía solar térmica**. Este calor puede ser aprovechado y transferido a otros cuerpos mediante colectores térmicos, por ejemplo los calentadores solares de agua.



2. La energía del sol que se utiliza para producir electricidad se la llama **energía solar fotovoltaica**. Para transformarla en energía eléctrica se utilizan los módulos o paneles fotovoltaicos.

El sol al igual que el viento y el agua son recursos locales que se pueden renovar o recuperar de forma natural. Todos son fuentes de energía renovable.

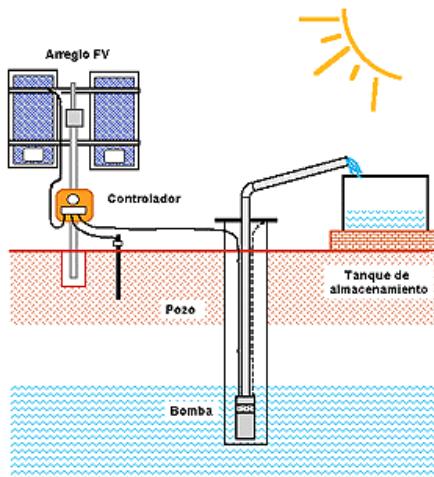
Es un conjunto de componentes que permite captar la energía del sol o energía solar y transformarla en energía eléctrica. A este proceso se le llama efecto fotovoltaico.

Fotovoltaico significa poder transformar la energía solar en energía eléctrica.

Esta energía eléctrica obtenida del sol o energía fotovoltaica es almacenada y puede ser utilizada para iluminar dentro de las viviendas - encender focos-, utilizar aparatos como radios y televisores, y aprovechar aparatos electrodomésticos de bajo consumo.

Generalmente se utiliza estas opciones tecnológicas para producir energía fotovoltaica en lugares donde no hay acceso a las redes eléctricas convencionales. Esta energía también puede ser utilizada, entre otros ejemplos, para:

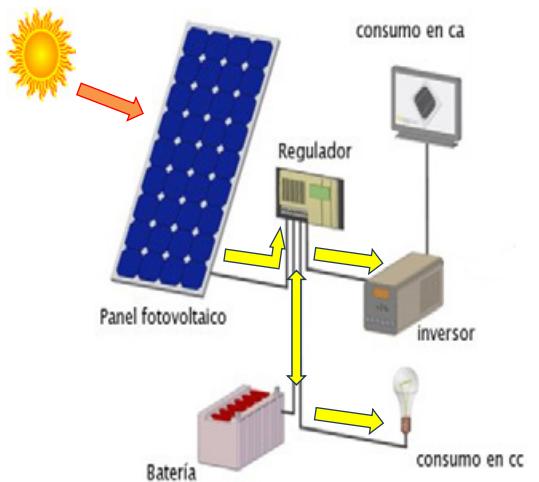
- **Bombeo de agua** o extraer agua en zonas donde no hay fuentes superficiales.



- **Repetidores de telecomunicaciones**, para dar electricidad a los equipos de telecomunicaciones, antenas y radios utilizados como repetidores de televisión, radio o telefonía celular.



Ilustración 4
Sistema fotovoltaico típico



- **Iluminación pública**, en zonas donde no se puede colocar las redes convencionales.

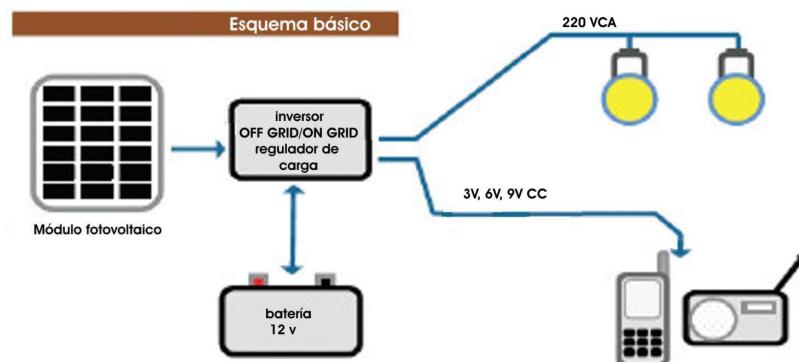


2.1 Componentes básicos del sistema fotovoltaico domiciliario.

Los componentes del sistema fotovoltaico están agrupados en tres (3) subsistemas:

- Subsistema de Generación, responsable de transformar la energía solar en electricidad. Está conformado por el panel solar.*
- Subsistema de almacenamiento, encargado de almacenar la energía eléctrica producida por el panel solar durante el día. Usamos baterías de ciclo profundo.*
- Subsistema de control, permite tener el control de todo el sistema fotovoltaico y monitorear su buen funcionamiento. Hoy los inversores de onda (convierten CC a CA) también ofrecen función cargador/regulador de carga y son ON GRID / OFF GRID .*

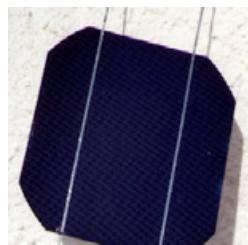
La instalación adecuada de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios, exige que se conozcan las características y funciones de cada uno de los componentes o partes que lo conforman. Por ello, en este curso se describirá lo concerniente a los componentes básicos y su instalación; estos componentes son: el panel fotovoltaico, el regulador de carga, la batería y las cargas de alimentación.



Sin embargo, es necesario aclarar que dependiendo de la configuración del Sistema Fotovoltaico, estos pueden variar en relación a los componentes que son incorporados o las especificaciones de cómo instalarlo – en cajas de metal, tablas de madera, soporte de metal, poste, techo, etc..

2.1.1 El panel fotovoltaico o panel solar.

Es el que permite transformar la energía solar en energía eléctrica. También se le llama módulo fotovoltaico y está conformado por varias **celdas fotovoltaicas**. Produce corriente continua (CC).



Celdas fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas están hechas de materiales semiconductores que recibieron un tratamiento especial para poder crear el efecto fotovoltaico.

Panel Solar
Tipo: policristalino
Potencia: 25 W
Voltaje máximo: 21.6 v
Corriente máxima: 1,5 amperes



Características del Panel Solar utilizado

- **V_{mp}**: es el voltaje máximo del panel.
- **I_{MP}**: es la corriente máxima del panel.
- **WP**: Potencia esperada del panel en condiciones ideales de radiación y temperatura.

Factores de desempeño

- Cuando sube la intensidad de luz sube la corriente
- Cuando baja la temperatura sube el voltaje.
- La sombra baja la corriente del panel.



2.1.2 La batería.

Es el componente que almacena la energía eléctrica que recibe del panel fotovoltaico para luego distribuir la electricidad en el momento que se necesite. Las baterías realizan tres funciones importantes dentro del sistema fotovoltaico:

- Almacenar energía eléctrica cuando hay mucha radiación solar o hay poco consumo de energía eléctrica.
- Proporcionar la energía eléctrica necesaria cuando hay baja o nula radiación solar. En las zonas rurales se usa la



energía de la batería mayormente en la noche para hacer funcionar luminarias, radios o televisores.

- Distribuir la energía eléctrica de forma estable y adecuada para utilizar los aparatos eléctricos. Por ejemplo, cuando encendemos un televisor o durante el arranque de un pequeño motor eléctrico.



Características de la Batería utilizada

- Sellada SLA o VRLA
- **Tipo:** AGM o Gel
- **Voltaje nominal:** 12V
- **Capacidad:** 90Ah
- Libre de mantenimiento

Las baterías de ciclo profundo, están diseñadas para hacer frente a las exigencias de continuos procesos de carga y descarga –ciclos –.

2.1.3 El controlador o regulador de carga.

Se encarga de conectar y desconectar el panel fotovoltaico, dependiendo de si la batería está cargada o descargada. Además, deja al panel fotovoltaico en circuito abierto cuando debe desconectarlo.

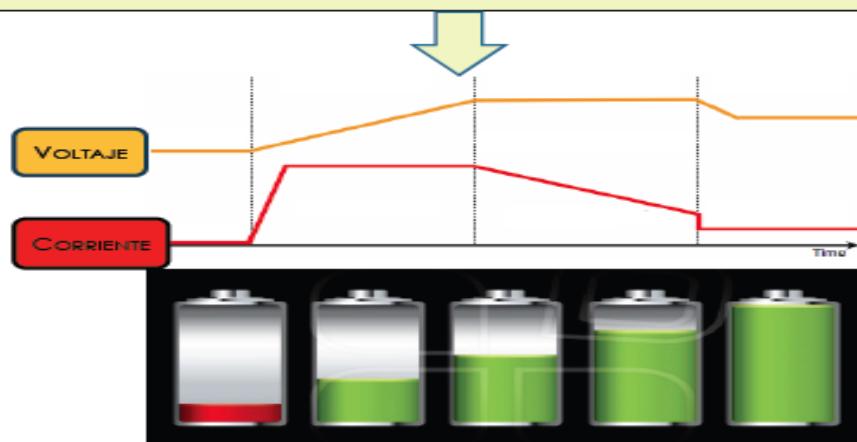
Los reguladores deben cumplir estas funciones:

- Limitar la carga de la batería.
- Tener protecciones contra: sobre intensidad, polaridad inversa, corto circuito, y diodo de bloqueo, el cual previene la descarga de la batería durante la noche.
- Indicadores (LED's) o una pantalla que informa sobre el estado de carga de la batería.
- Controlar la descarga, para que la batería no se descargue totalmente y se dañe.



El regulador contribuye a disminuir la descarga de la batería para que no se dañe. Mantiene el nivel de carga normalmente no menor al 40% de su capacidad de carga.

- El controlador tiene un sistema de regulación que maneja el voltaje y corriente del panel. De manera que alarga la vida útil de la batería.

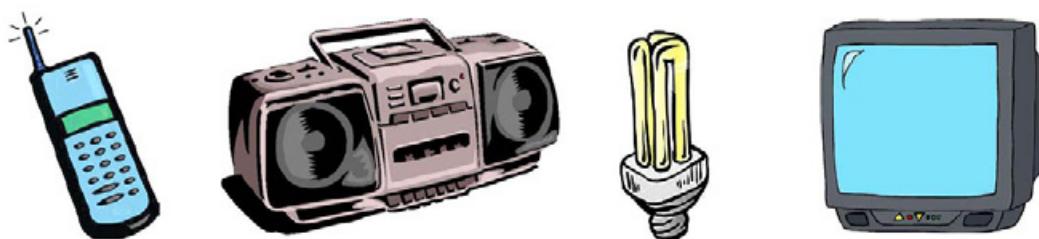


Factores inconstantes como la radiación solar y la temperatura ambiental influencian directamente el amperaje y voltaje producidos por el panel solar. El controlador de carga regula los niveles de estas variables según el estado de carga de la batería.

Es así que ante poca carga de la batería (lado izquierdo) se permite un gran aumento de corriente, que luego se mantiene estable y termina decreciendo hasta desaparecer (derecha), conforme la batería se va cargando cada vez más.

2.1.4 Las cargas de alimentación.

Nos referimos a los dispositivos y artefactos electrodomésticos que pueden funcionar con la energía que se genera con el sistema fotovoltaico.



Teléfono celular

Radio Grabadora

Foco ahorrador

Televisor

Es muy importante conocer el consumo de los artefactos que usamos, para poder utilizar mejor la energía de que disponemos. En la siguiente tabla vemos el consumo en watts de algunos artefactos.

Equipo o artefacto	Consumo en Watts
Televisor blanco/negro	100
Televisor a color	80
DVD	15
Radiograbadora	25
Foco ahorrador	11-18
Cargador de celular	5

El inversor y el convertidor de energía .

Estos componentes, no están incorporados en todos los sistemas fotovoltaicos, pero para aspectos prácticos es necesario conocer su funcionamiento.



El convertidor permite reducir el voltaje del sistema fotovoltaico de 12V para ser utilizado para conectar aparatos que funcionan con voltajes menores. Generalmente se utiliza para cargar aparatos que utilizan pilas de 3V. Los últimos modelos de inversores también tienen salidas bajas de CC y USB.

El inversor tiene como función transformar la tensión de corriente continua (CC) de la batería a corriente alterna (CA) y poder utilizar los equipos y artefactos que normalmente funcionan con este tipo de corriente, que suelen ser los convencionales a 110V / 220V. También trifásicos. Hay tres tipos de inversores:

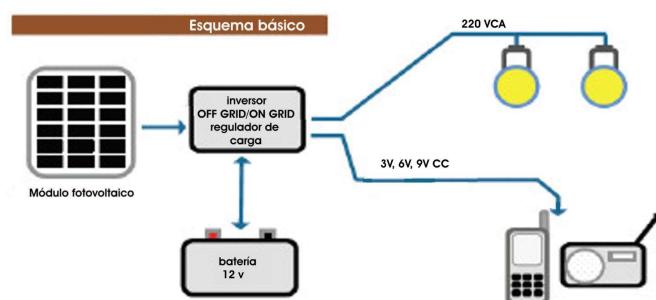
- a) **Onda cuadrada:** No tienen mucho control en el voltaje de salida, ni limitan la sobretensión. Estos no se recomiendan para aplicaciones de uso doméstico.
- b) **Onda cuadrada modificada:** pueden manejar grandes sobretensiones, son bastante recomendados para uso doméstico. La desventaja es que producen ruido eléctrico que afecta algunos artefactos electrónicos.
- c) **Onda Sinusoidal:** Permite el uso de equipos electrónicos muy sensibles. Tienen una alta capacidad de sobretensión y pueden hacer arrancar muchos tipos de motores fácilmente. Hoy son los que se utilizan mayormente.



2.2 La instalación de los componentes del Sistema Fotovoltaico.

Para realizar la instalación del sistema fotovoltaico es necesario comprender, en **primer lugar**, el esquema del sistema, pues éste nos orientará en el proceso de instalación de forma eficiente y adecuada.

Ilustración 6
Esquema de instalación del Sistema Fotovoltaico



En **segundo lugar**, es necesario tener a mano las herramientas necesarias para realizar adecuadamente la instalación. Estas herramientas – idealmente – son las siguientes:

Ilustración 7
Herramientas necesarias para armar conexiones en circuito.

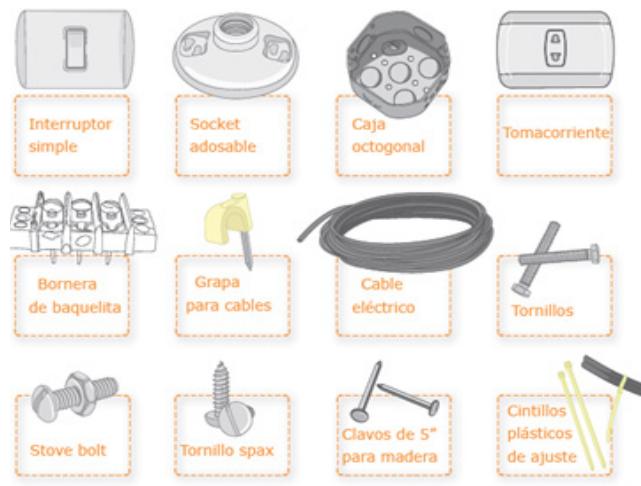


Además, en una instalación básica se necesita - como referencia - los siguientes materiales:

Ilustración 8
Accesorios utilizados para realizar conexiones de circuitos básicos

Lista de materiales

- Panel Solar
- Estructura metálica
- Pernos
- Batería
- Caja para batería
- Terminales para batería
- Bornera con puentes rojo/negro
- Controlador de Carga
- Caja para controlador
- Tabla / caja para fijación
- Luminarias
- Soket
- Portalámparas
- Interruptores
- Focos
- Accesorios adicionales para fijación y conexión
- Conector tipo cigarrera
- Cable 2x 10 vulcanizado
- Cable 2 x 14 mellizo
- Cinta aislante
- Cintillos
- Conectores tipo rosante
- Caja octagonal



En **tercer lugar**, durante todo el proceso de instalación deben tenerse una serie de cuidados básicos –basándose en la seguridad ocupacional- , entre ellos:

Durante la instalación NO Olvide

- a. Utilice las **herramientas adecuadas.**
- b. Asegúrese de tener siempre las manos secas al realizar las conexiones eléctricas.
- c. Antes de realizar una conexión **verifique que la polaridad es la correcta**, para no causar un cortocircuito.
- d. Asegúrese de **no dejar ningún cable o conductor eléctrico descubierto**. Recuerde que únicamente el cable vulcanizado esta fabricado para trabajar a la intemperie.

En **cuarto lugar**, es necesario considerar una serie de recomendaciones para poder ubicar e instalar adecuadamente los distintos componentes del sistema fotovoltaico y hacer un buen trabajo de instalación. Los principales pasos para instalar un sistema fotovoltaico son:

Paso 1. Preparación para la instalación.

Por las características y condiciones que prevalecen en las viviendas rurales de nuestro país y para asegurar la utilidad del sistema fotovoltaico, previo a su instalación es necesario realizar un reconocimiento donde se conteste a las siguientes preguntas:

¡La ubicación es todo!

- ¿Dónde está el norte?
- ¿Dónde se ubicará el panel solar?
- ¿Dónde se ubicará la batería y los controles?
- ¿Cuáles cuartos se van a iluminar?
- ¿Por dónde correrán los cables?

Seguridad. Función y estética

Las respuestas que demos a estas preguntas, nos orientarán en cómo seleccionar la mejor ubicación para instalar el sistema fotovoltaico. En este sentido, y de forma complementaria es importante hacer un reconocimiento de la zona donde se pretende instalar el panel solar y considerar los criterios siguientes:

- Ubicar el panel fotovoltaico en un lugar libre de sombras de árboles, casas u otros obstáculos que le impidan recibir directamente los rayos del sol.



- El panel fotovoltaico se debe ubicar en un lugar seguro donde no pueda ser robado, ni dañado o manipulado por terceras personas.
- La ubicación del panel permitirá instalar los otros componentes del sistema en un lugar seguro y seco dentro de la vivienda, para ello debe considerar las siguientes recomendaciones:
 - Espacios de fácil acceso para el mantenimiento.
 - Tiene que ser visible para los habitantes de la casa.
 - Cercano al panel, pero ubicados en un espacio ventilado, que no tenga humedad y donde se evite la presencia de polvo.

Paso 2. Procedimientos para instalación del sistema fotovoltaico.

1 Instalación y conexión del panel fotovoltaico.

El panel solar puede instalarse ya sea en el techo de la vivienda o en un poste, no obstante es más común que su instalación sea en un poste de madera –es la que se trabajará en este curso-. Cabe destacar que en el mercado hoy hay paneles flexibles, transparentes con y sin color, tejas, etc.

<p>Instalacion en poste</p> <p>Mayor rendimiento del panel No depende de la calidad del techo Hay mas flexibilidad en la ubicación del panel Pero.... El suelo tiene que tener buenas cualidades Hay un costo de la estructura y poste</p>	
<p>Instalacion en techo</p> <p>Consumo menos cable en la instalación Puede haber menos riesgo de robo Pero... Hay mas variedad en la construcción y calidad de techos Tienes que subir al techo El tiempo de instalacion puede ser mayor</p>	

- Colocar el panel fotovoltaico en la estructura de metal que se ha construido para soportarlo.

Considere el tipo de estructura metálica puede variar en tamaño y forma, familiarícese con ella antes de comenzar la colocación del panel solar. Al momento de colocar el panel en la estructura, hay que tener cuidado de no dañar el panel con los pernos. Una vez instalado, asegúrese que los pernos están bien fijados y el panel asegurado.



Los paneles solares flexibles se pueden adherir en el techo de un motor-home y hasta se pueden usar en revestimientos de edificios.

Los paneles generan con luz...no hace falta que sea un día soleado y caluroso.

En Canadá, Noruega, Suecia y Finlandia aprovechan incluso la luz reflejada en la nieve.

■ Conectar los cables del panel.

Actualmente, algunos modelos de panel solar, ya traen ensambladas las conexiones a la caja del panel solar –por tanto no es necesario abrirla-, para los fines prácticos del curso, se revisarán las acciones claves para realizar la conexión de los cables al panel. Estos son:

- 1) Mida la longitud del cable que necesitará. Asegúrese que el cable tenga la longitud suficiente para llegar del panel al controlador de carga.
- 2) Pele los extremos del cable con el alicate.
- 3) Quite la tapa de la caja que está en la parte de atrás del panel.
- 4) Identifique el polo positivo y negativo. Utilice el multímetro para verificar que el voltaje y el amperaje están bien, esto es que el valor obtenido debe corresponder a la etiqueta de atrás del panel o las características allí especificadas.
Esta medición se puede realizar en circuito abierto –sin estar conectado el panel a nada-.
- 5) Ajuste el cable a los contactos indicados y asegure que el cable no puede zafarse.



Para la instalación del sistema se utilizarán cables en rojo para el + y en negro para el -.

- 6) Si se utiliza un conector para sellar la salida del cable, tenga cuidado que el cable no esté tenso ni flojo.
- 7) Cierre la tapa.

Si bien para efectos prácticos, en el curso se utilizará para la instalación del sistema fotovoltaico cables estándares 14 en color rojo y negro, es necesario usted se familiarice y profundice en relación a los tipos de conductores eléctricos que se pueden utilizar.

Los conductores eléctricos son los elementos que conducen la corriente eléctrica a las cargas o que interconectan los mecanismos del sistema fotovoltaico. Los conductores están compuestos por dos elementos básicos: el conductor y el aislamiento.



Alambre o cable TW, se usa en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambientes secos o húmedos.



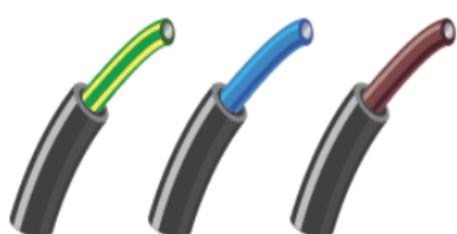
Alambre o cable THW, es recomendado para altas temperaturas (expuesto al sol) o en lugares con alto nivel de humedad ambiental.



Cable mellizo, son apropiados para instalaciones en áreas no peligrosas, como conductores para los aparatos domésticos fijos, lámpara colgante o fija. Por lo general, se usan en instalaciones eléctricas visibles, en lugares secos. El calibre no debe ser inferior al N° 16 AWG.



Cordones flexibles vulcanizados, están compuestos por uno o más conductores. Los cables flexibles son fáciles de maniobrar en espacios reducidos y se pueden enrollar y transportar con facilidad. Por su flexibilidad pueden soportar movimientos o vibraciones que se presentan en algunas aplicaciones específicas.



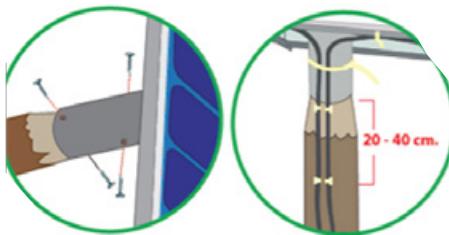
Identificación de los conductores

El color del conductor permite su fácil identificación e instalación.

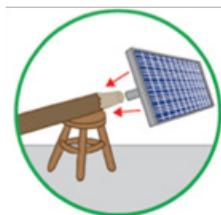
Verde y amarillo	➔ Conductor de tierra.
Azul	➔ Conductor neutro.

■ Montaje del panel en el poste.

- 1) Monte el panel –ya unido al soporte de metal–, en el poste de madera. Para facilitar el montaje apóyese en una banca o silla.



- 2) Asegure la estructura al poste ajustando los pernos de manera uniforme.
- 3) Asegure con cintillos los cables del panel solar sobre la parte metálica.



- 4) Perfore un agujero con una profundidad de 0.4 metros. Levante el poste con cuidado, sin dañar o agarrar el panel solar.

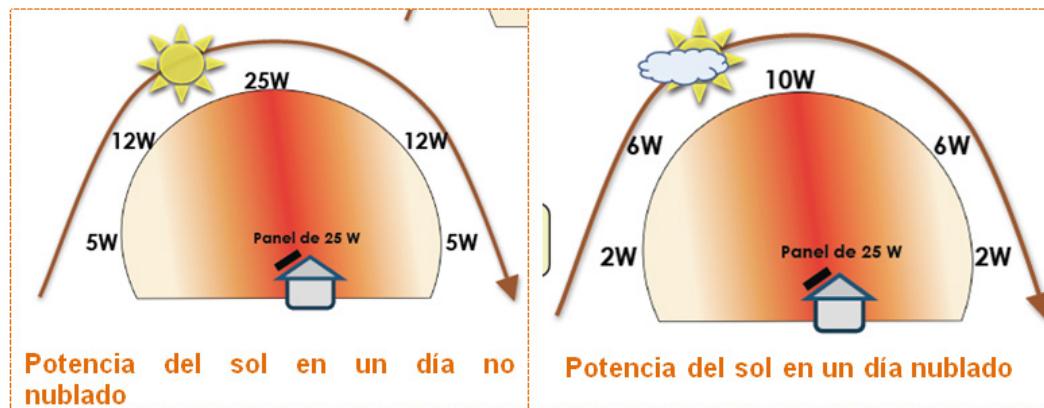


■ Fije el panel en el lugar donde quedará instalado.

Para asegurar el funcionamiento adecuado del panel solar, éste debe estar ubicado de tal forma que capte la mayor cantidad de energía solar en el transcurso del día. Para ello, previo a fijar el panel, revise nuevamente que cumpla con los tres requisitos o factores claves:



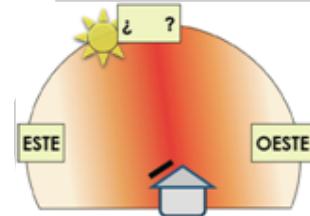
- a) Inclinación: La energía solar es la única manera de que el sistema recupere energía, por tanto, el panel para cargarse a su máxima capacidad debe inclinarse paralelamente al sol del mediodía –momento en que está a su máxima potencia–.



- b) Orientación: el panel siempre debe orientarse hacia el Ecuador, en nuestro caso hacia el norte.

Si no posee una brújula, puede ubicarse de las formas siguientes:

➤ Señale con su mano derecha hacia donde sale el sol y con la izquierda hacia donde se esconde, el Norte esta ubicado frente a usted –hacia donde esta mirando de frente–.



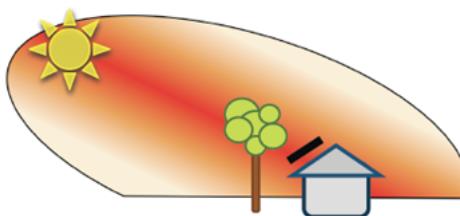
➤ Construya con material simple –cartón o madera-, un instrumento como el que se muestra en el dibujo; este posee un fondo plano y placas que ubicadas sobre el fondo, de forma perpendicular, forman ángulos de 90 grados. Para encontrar la orientación del panel:

- 1) Póngalo encima del panel solar al medio día.
- 2) Oriente e incline el panel hasta que la herramienta no proyecte ninguna sombra.

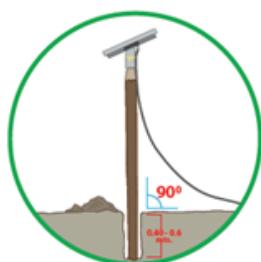


- c) Ausencia de sombras: para asegurar la recepción óptima de los rayos del sol, debe asegurarse que cerca al panel solar no hay objetos que le den sombra como árboles, casas u otros obstáculos. En el caso de existir obstáculos y poderse remover asegúrese de hacerlo previo a comenzar la instalación del panel solar.

La sombra de un arbol, un edificio o cualquier objeto puede tapar el sol y reducir la energía que produce el panel.



Si el instalador tiene conocimiento del grado de latitud de la posición, la inclinación debe ser congruente. La ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe está a $32^{\circ} 52' 18''$ Sur, por lo tanto la inclinación que recomendamos es 33° .



Una vez verificados los aspectos anteriores, asegúrese que el poste se encuentre colocado verticalmente y **rellene el agujero afirmado el terreno** para que el panel quede ubicado de forma estable.

2 Instalación del Regulador de carga (en caso que no se encuentre como función del inversor)

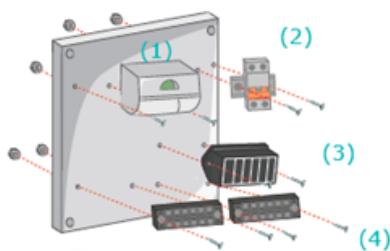
El regulador de carga al convertirse – metafóricamente – en el corazón del sistema fotovoltaico se encarga de distribuir la energía de forma estable. Para asegurar su adecuado funcionamiento este debe instalarse en un lugar seguro y libre de humedad.

■ Fijar el regulador en el tablero de control.

Para colocar el Regulador en el tablero de control, debe considerarse que debe ir ubicado de tal forma que se deje espacio suficiente para poder realizar el cableado adecuadamente.

1. Coloque el regulador de carga en la plancha del tablero de control y ajústelo firmemente con los pernos o tornillos.
2. De preferencia, ponga la plancha dentro de una caja plástica o de metal para protegerla de la humedad, el polvo y/o la manipulación.
3. Fije la caja o gabinete de control a la pared. Elija un ambiente seco y alejado de los rayos del sol. Además debe ser un lugar accesible y visible para los usuarios.

El tablero de control –en las viviendas-deberá estar ubicado en un lugar seco, seguro y accesible, cercano a la batería y al panel solar.



Acorde al modelo de sistema fotovoltaico que se instale, en algunos casos el tablero de control puede contener el inversor, el convertidor, la caja de portafusibles, los adaptadores tipo encendedor, borneras de baquelita y la llave termomagnética.

En el dibujo se muestra un tablero de control donde está ubicado 1) el regulador de carga, 2) la llave termomagnética, 3) la caja o set de portafusibles y 4) las dos borneras de baquelita.

3 Instalación de la Batería.

- Seleccionar el lugar adecuado para la batería.

La batería debe ser instalada en un espacio donde no lleguen los rayos del sol, que sea ventilado para que los gases se dispersen fácilmente y no se moje por la lluvia.

Lo mejor es colocar la batería en una caja de madera o de plástico para evitar que haga contacto con la tierra y se descargue. Además, debe colocarse cerca del tablero de control para evitar gastar mucho cable.



- Conectar la batería.

Para conectar la batería debemos contar con los siguientes materiales y herramientas:



Cables



Bornes



Destornillador plano



Llave mixta



Alicate universal



Cuchilla

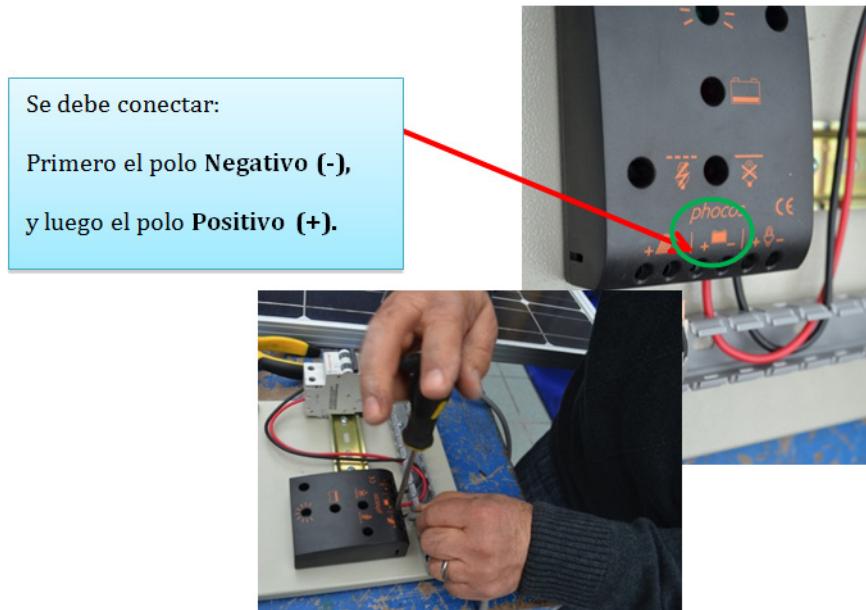
Para ensamblar los conductores eléctricos a la bornera, recuerde debe conectar primero el borne Negativo (-) y luego el borne Positivo (+). Prepare los conductores eléctricos y conéctelos a la bornera, ajustando adecuadamente los pernos con la llave.



Recuerde que debe repetir la operación dos veces, pues se necesita un cable para el borne negativo y otro para el borne positivo de la batería.

■ Conectar la batería al controlador de carga.

Una vez instalada la batería - conectadas las borneras-, los extremos libres de los conductores eléctricos deben conectarse al controlador de carga.

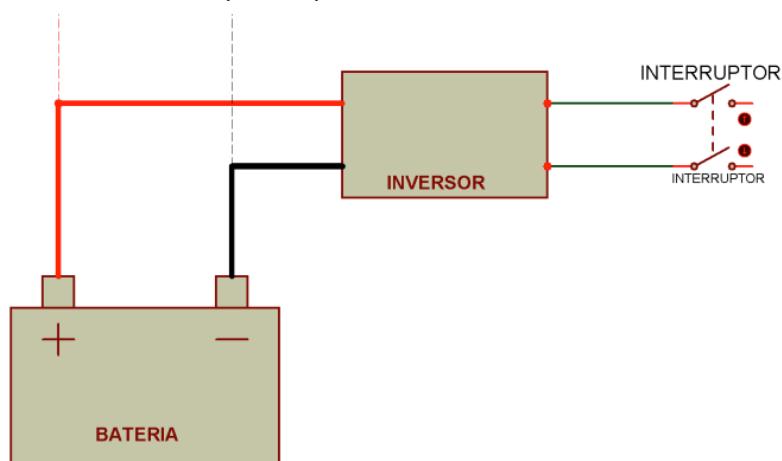


En el curso no se abordarán sistemas fotovoltaicos que utilizan el inversor para su funcionamiento; no obstante, para información general a continuación se especifican los pasos que deberían seguirse para su conexión a la batería.

● Conectar el inversor a la batería.

El inversor se conecta a la batería para protegerla de descargas profundas. Para realizar la conexión se debe seguir el esquema siguiente:

Ilustración 9
Esquema para conexión del inversor.



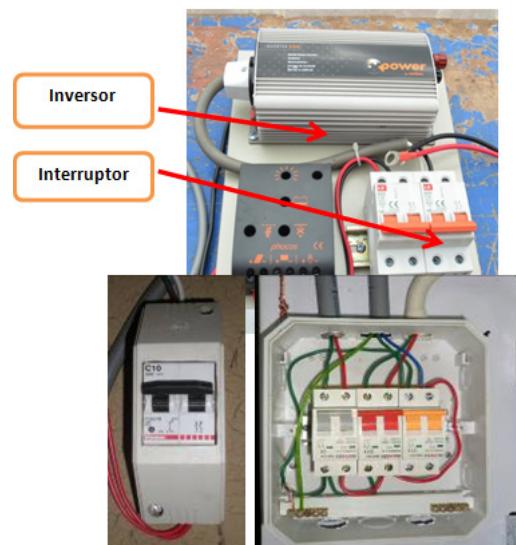
• Conectar el interruptor de protección al inversor.

El interruptor de protección cumple la función de proteger de cortocircuitos y sobrecargas a la instalación eléctrica.

Los interruptores pueden ser adosados en la pared.

En viviendas grandes, con muchos artefactos de consumo, se emplea una llave para el circuito de luces y otra para el circuito de tomacorrientes.

En el caso de las viviendas rurales, donde las cargas son mínimas, se debe evaluar por los costos si conviene usar más de un interruptor de protección.



4 Conexión del panel fotovoltaico al regulador de carga.

Para realizar la conexión del panel fotovoltaico con el regulador, también debemos tener en cuenta lo siguiente:

Primero conectar el polo Negativo (-)
Segundo conectar el polo Positivo (+)

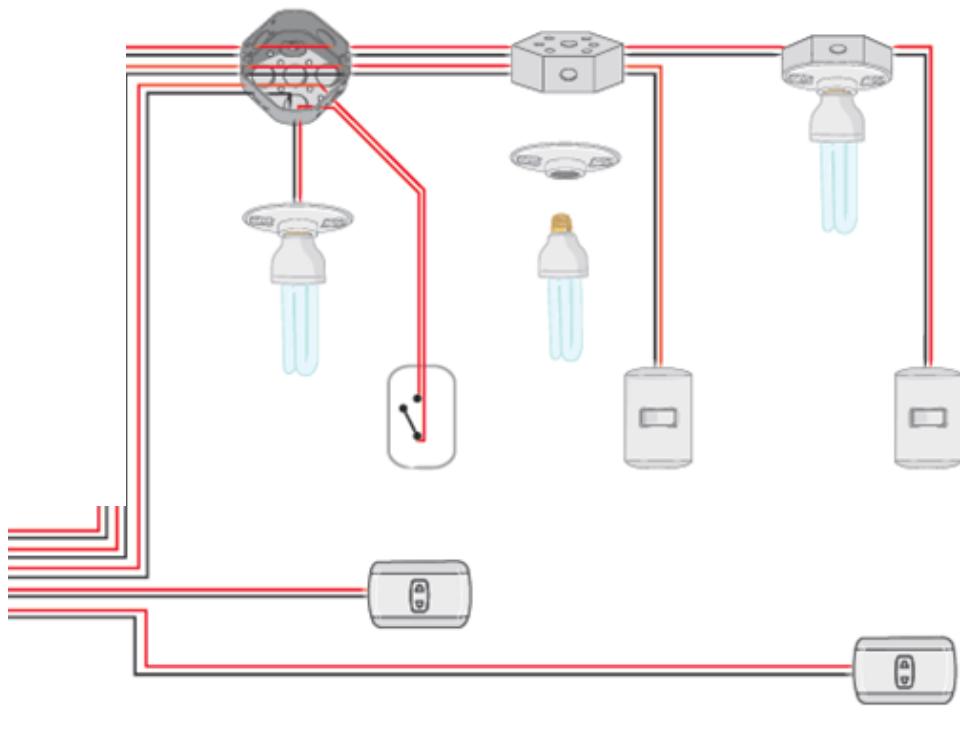


5 Instalación de tomascorrientes.

■ Las conexiones eléctricas – instalación del cableado

Previo a la instalación de los tomascorrientes, luminarias e interruptores, es necesario realizar el cableado eléctrico en la vivienda. Para ello, deben considerarse todas las conexiones que se realizarán en la casa, tanto para tomascorrientes como para interruptores y sus respectivas luminarias. Para hacerlo adecuada y eficientemente, estos dispositivos deben colocarse según los deseos y necesidades de los usuarios. Estas conexiones eléctricas deben:

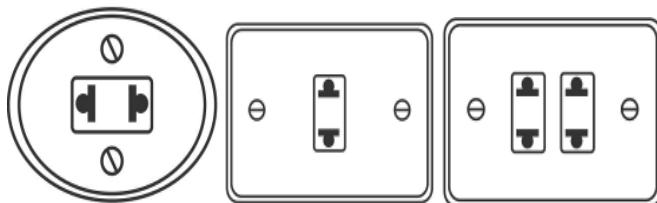
- 1) **Realizar basado en un esquema que oriente la realización del cableado,** acorde a la distribución de la casa. Para ello, se debe trazar las conexiones en líneas rectas, asegúrandose que las mismas pueden ser fijadas a una pared o techo. Considere la ubicación de la batería, el panel de control y de las luminarias –estas deberían ir colocadas en el lugar donde más se necesiten e iluminen mayor cantidad de espacio-. Como base se puede usar el siguiente esquema:



- 2) Utilizando como base el esquema del cableado, **marque los lugares donde deberán ir ubicados los tomascorrientes, los interruptores y las luminarias.**
- 3) Instale el cableado, asegurándose queda bien sujeto a la pared o techo. Recuerde el cableado comienza en el panel de control y debe terminar en las diferentes luminarias y tomascorrientes, no corte el cable hasta que esté seguro tiene el largo adecuado.
- 4) Asegúrese dejar bien conectados y aislados los diferentes cables e instalaciones.

Los tomacorrientes se utilizan para conectar artefactos como televisores, equipos de audio, computadoras, etc. Estos vienen en diferentes modelos y tamaños, dependiendo de la marca.

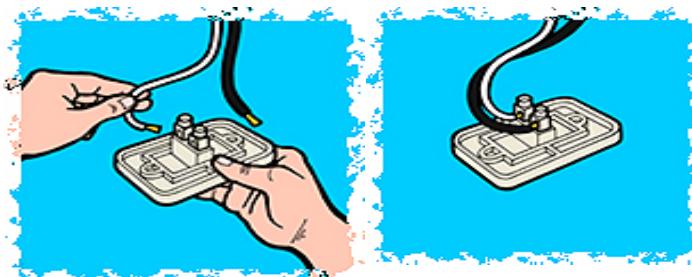
En las instalaciones eléctricas domiciliarias los más usados son los simples, dobles y triples; en el mercado se pueden encontrar los empotrados y los de superficie.



Los tomacorrientes polarizados de 12 V vienen diseñados de tal forma que la ranura corta corresponde al polo positivo y la ranura larga al polo negativo. Este diseño asegura que los enchufes especiales que se utilizan sean conectados adecuadamente – respetando la polaridad-.

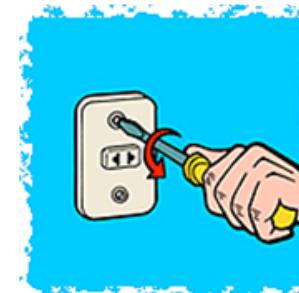
■ Conexión de los tomacorrientes.

Para la instalación del tomacorriente debemos utilizar un destornillador y seguir los siguientes pasos:



- 1) Pase los conductores por los bornes posteriores del tomacorriente y ajústelos adecuadamente.

- 2) Coloque la tapa del tomacorriente y ajuste la caja de paso.



Ejemplos de algunos tomacorrientes, un simple triple y un tomacorriente simple con toma a tierra.

En domicilios que utilizan sistemas fotovoltaicos pequeños --de hasta 80 Wp y que no poseen inversor - se deben instalar tomacorrientes polarizados de 12 V.



6 Instalación de equipos de iluminación.

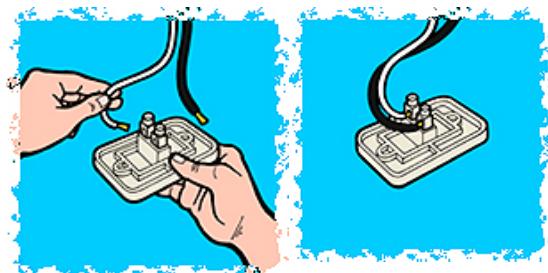
El interruptor, cumple la función de cortar y dar paso a la energía en los circuitos eléctricos. Los más comunes son los interruptores que van empotrados y los que son visibles o colgantes.



■ Conectando el interruptor de control.

Para la instalación del interruptor debemos utilizar un destornillador y seguir los siguientes pasos:

- 1) Pase los conductores por los bornes posteriores del interruptor y ajústelos adecuadamente.



- 2) Coloque la tapa del tomacorriente y ajuste la caja de paso.

■ Conexión de la luminaria.

Tipos de luminarias y lámparas.

La lámpara incandescente, produce luz mediante un filamento metálico, Actualmente se consideran poco eficientes ya que el 95% de la electricidad que consume la transforma en calor y solo el 5% restante en luz.



Focos ahorradores, este tipo de focos se usan en las viviendas porque su consumo de energía es bajo. Por ejemplo, 5 focos ahorradores de 20 W equivalen a 1 incandescente de 100 W.

En el mercado se encuentra variedad en cuanto a potencia y calidad.

Lámparas LED, este tipo de lámparas puede ahorrar hasta un 80% de energía en comparación con las lámparas convencionales. Tienen una vida útil hasta de 17 años. Su costo aún es elevado.



Todas las cargas que se conectan al sistema fotovoltaico son de corriente continua o directa (CC). Para asegurar la eficiencia en el uso de la energía generada por el sistema fotovoltaico, en los domicilios que utilizan sistemas fotovoltaicos se escogen ya sea focos ahorradores o LED.

En el caso de los sistemas fotovoltaicos cuya tensión instalada es de 12V –como el estudiado-, se utilizan focos ahorradores por ser más eficientes –producen más luz y menos calor-. y consumen menos energía.

Previo a realizar la conexión de las luminarias, revise haber seguido la lógica del diagrama de las conexiones que van de la bornera de distribución a los portalámparas – pasando por el interruptor-.

Las borneras de baquelita
cumplen la función de distribuir la energía a las cargas de

Asegúrese de conectar los cables de las luminarias en las correspondientes borneras de distribución de carga. Recuerde la lógica de la red de distribución, según esquema.

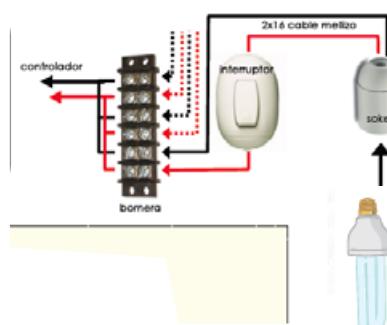
Para instalar la luminaria, siga los siguientes pasos:



- 1) Pase los conductores por los bornes posteriores del porta lámpara y ajústelo adecuadamente con los destornilladores.
- 2) Coloque el porta lámpara (soquete o soket) y fíjelo firmemente para evitar que se mueva. Luego coloque la luminaria.



Ilustración 10
Esquema de conexiones de soket a bornera de baquelita



Recuerde, los sistemas fotovoltaicos normalmente utilizaran cargas en corriente continua al tener un panel de poca potencia (< 100 Wp). En el caso del sistema fotovoltaico estudiado en el curso, se utilizaran los focos ahorradores o CFL.

La Puesta a Tierra (PAT).

Es un sistema que permite cuidar la vida humana, la maquinaria y los aparatos frente a las descargas eléctricas y cortos circuitos. Se utiliza en instalaciones cuyo potencia es mayor a 100 Wp.

El procedimiento para realizar la instalación de la puesta a tierra es el siguiente:

- *Habilitar el pozo donde irá instalado el electrodo.*

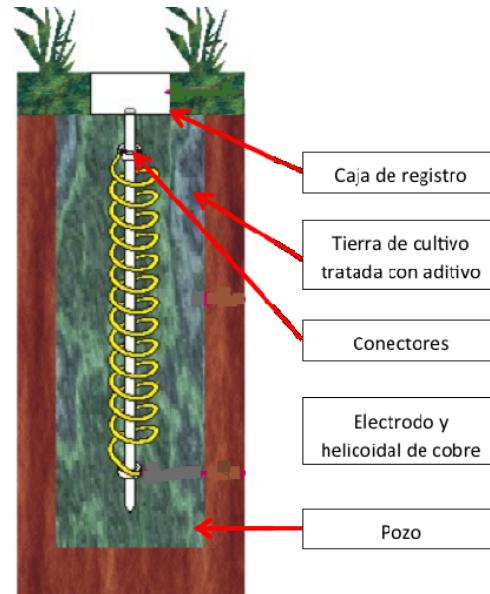
Este pozo debe ser lo suficientemente amplio para que ingrese el electrodo. Se recomienda medidas de 2mx 1 m x 1 mt.

- *Colocar el electrodo y el cable helicoidal.*

Se prepara el electrodo ajustando el cable de cobre a un extremo del electrodo y luego haciendo espiral hasta cubrir el tamaño del electrodo. Después se debe colocar el electrodo junto al cable helicoidal en el pozo.

Ilustración 11
Partes del puesta a tierra (PAT)

Ilustración 1 Partes del puesta a tierra (PAT)



- Agregar aditivo para reducir resistencia de terreno.

El aditivo ayuda a reducir la resistencia del terreno para que cuando haya una descarga ésta se disipe mejor y evite algún daño al sistema fotovoltaico. Existen diversos tipos de tratamiento químico para reducir la resistencia de una, PAT los más usuales son:

- Cloruro de Sodio + Carbón vegetal.
- Bentonita.
- Gel (Thor-Gel).

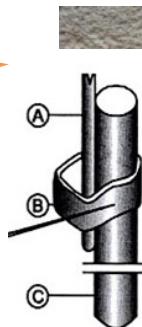


El procedimiento de usar el aditivo (gel) es colocarlo en el pozo mediante capas, es decir capas ligeras de gel seguida de capas de tierra orgánica. La proporción es de 1 a 3 por cada metro cúbico de tierra. Conforme se va colocando las capas se debe compactar la tierra.

- Conectar el cable de acometida.

Una vez colocado todo el aditivo y la tierra, conecte el cable de acometida al electrodo de cobre.

A = Cable de acometida.
B = Conector de cobre o bronce



Para finalizar la instalación del PAT, realice la conexión de la puesta a tierra con la estructura del panel fotovoltaico, tal como se muestra en la figura.

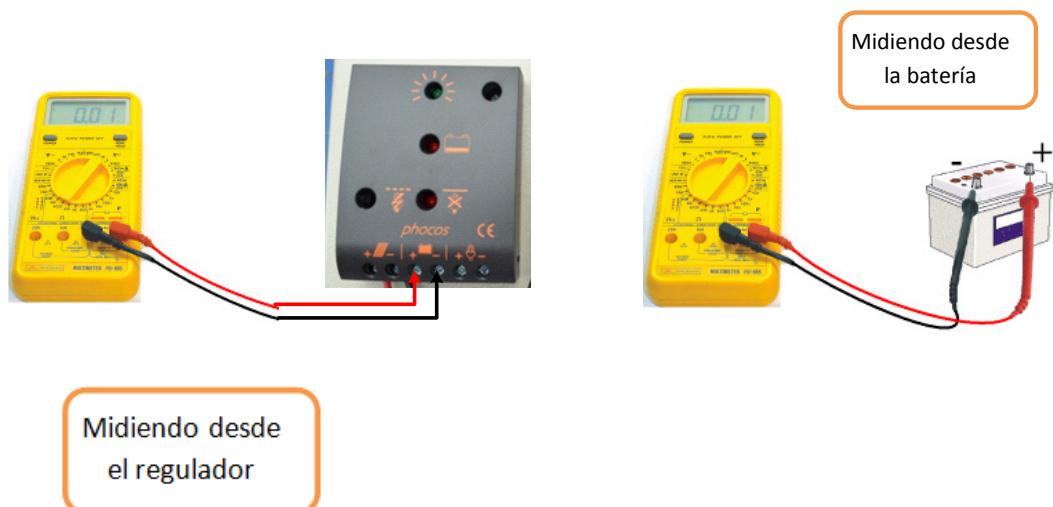
Paso 3. Verificar el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Una vez instalado y funcionando los diferentes subsistemas del sistema fotovoltaico, debe verificarse que el sistema esté funcionando adecuadamente y el voltaje y amperaje sea el indicado en cada uno de los componentes. Para ello, se deben realizar las siguientes acciones:

- **Verificar voltaje de baterías.**

Utilizando el multímetro, se selecciona la variable Voltaje en Corriente Contínua(CC) y lo ubicamos en la escala de 20VDC.

Posteriormente se mide el voltaje de la batería, lo cual se puede hacer directamente en los bornes de la batería o en las terminales del regulador de carga conectados a la batería.



De acuerdo al valor que nos muestre el multímetro podemos saber en qué estado está la batería, tal como se muestra en la imagen.
Para asegurar un buen mantenimiento de la batería, debe revisarse el estado de carga de la batería –nivel de voltaje– cuando la batería está desconectada del controlador de carga o no ha tenido actividad por 30 minutos.



Las baterías que se utilizan con el modelo estudiado, al ser un sistema pequeño, son de 12V, pero también las hay de mayor capacidad como de 24V. Para sistemas de mayor potencia, se interconectan en serie 2 o más baterías para lograr una mayor capacidad de almacenaje, esto dará como resultado que la capacidad total siempre sea un múltiplo de 12V.

■ Verificar el funcionamiento de los equipos desde el regulador de carga.

El regulador tiene indicadores (luces LED) que nos dan información sobre el funcionamiento del sistema fotovoltaico, para entenderlo veamos la siguiente imagen.

Ilustración 12

Lectura de las señales del regulador de carga - verificación de equipos-.



El funcionamiento del panel se puede revisar desde el regulador, para ello utilice el multímetro colocando las puntas correspondientes en la conexión que tiene el regulador de carga con los cables provenientes del panel solar.

■ Verificar el funcionamiento del panel fotovoltaico.

Además de verificar el funcionamiento del panel fotovoltaico desde el regulador de carga, también se pueden hacer mediciones en las terminales del panel solar.

¿Cómo examinar el panel solar?

1. Haga la prueba en condiciones de pleno sol.
2. Desconecte los cables del panel que están puestos en el regulador de carga.
3. Haga una medida del voltaje con el multímetro y confirme que la polaridad no está inversa.
4. Haga una medida del amperaje del panel, este debe estar dentro de los rangos establecidos para el panel –vea especificaciones en la parte de atrás del panel-. La medida obtenida debe estar cerca de la corriente máxima especificada para el panel.
 - Si el panel está generando un buen voltaje y amperaje, su funcionamiento es el adecuado.
 - Si las lecturas no están bien, deben repetirse los pasos 3 y 4, pero esta vez directamente de la caja de uniones del panel. Si las lecturas siguen mal, el panel tiene un defecto; pero si las lecturas están bien hay una fuga o corto circuito en el cable entre el panel y el controlador.

La lectura de los voltios –en los sistemas fotovoltaicos estudiados-, debe ser entre 17 y 21V cuando está en circuito abierto. Pero estos valores pueden variar acorde a las características del sistema fotovoltaico que se está instalando. Para mayor información deben revisarse las especificaciones sobre la potencia del panel, estos valores están indicados en la parte de atrás del panel y describen: 1) el valor Voc (open circuit voltaje) que es el valor más alto y que se obtiene cuando el cable del panel no está conectado a nada y 2) el valor Vmp (máxima potencia) que suele ser menor al Voc y que se mide cuando el panel está funcionando a máxima potencia.



Si hay problemas de carga en el sistema fotovoltaico, se debe medir la generación de amperaje o corriente del panel (hacer uso del multímetro o pinza amperimétrica).

Para asegurar la vida útil del panel solar y su adecuado funcionamiento, deben realizar las siguientes acciones de mantenimiento:



- Evitar que le caiga sombra.
- Revisar las conexiones de los bornes.

■ Verificación y detección de fallas comunes

A continuación se presenta las fallas más comunes y sus soluciones:

Error	Causa más probable	Solución
No hay energía en el lado de consumo	La batería esta baja.	El consumo volverá tan pronto la batería este cargada.
	Sobre corriente / Cortocircuito de consumos.	Desconectar todos los consumos. Reparar el cortocircuito.
La batería se descarga después de poco tiempo	La batería tiene poca capacidad.	Cambiar de batería.
La batería no se carga durante el dia	Modulo fotovoltaico defectuoso o polaridad equivocada.	Corrija la conexión defectuosa o la polaridad inversa.



Paso 4. Verificación del mantenimiento y operatividad del Sistema.

El mantenimiento es una acción cuya responsabilidad se comparte con el usuario. Sin embargo, la mayor responsabilidad le corresponde a los usuarios, es necesario usted conozca las principales acciones a desarrollar ya sea para orientarlos o bien para realizar el mantenimiento si fuera necesario -cuando haga seguimiento a los sistemas fotovoltaicos que instale-. Recuerde que las acciones de mantenimiento deben realizarse cada mes de forma sistemática y continua. Las principales acciones son:

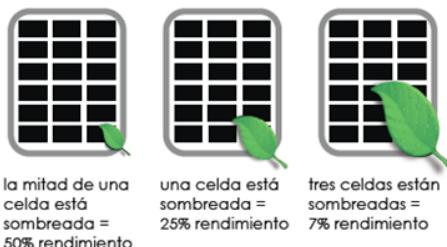
1) Revisión del panel Solar

- Revise la orientación e inclinación del panel. Si no está bien ubicado, corrija la inclinación y la orientación.



- Revise si el panel está limpio. Si no, límpielo con un trapo limpio. Asegúrese de no usar detergentes o jabón para limpiarlo. Asegúrese de que no haya objetos que den sombra al panel solar. De existir, deben ser removidos.

- Revisar que las conexiones y pernos estén fijados adecuadamente. En caso contrario ajustelos correctamente.



- Revise si el panel no tiene rayones o alteraciones en las celdas fotovoltaicas. Dependiendo del daño considere la necesidad de cambiarlo.

2) Revisión de la batería

- Examine si la batería está rota o tiene alguna fuga. En ese caso, asegúrese no sea utilizada hasta que sea repuesta.
- Revise que el nivel de voltaje de la batería sea el adecuado. Recuerde revisar el regulador de voltaje para asegurarse el estado de carga de la batería.



- Revise las terminales y asegúrese que estén limpias. En caso contrario límpie con lija fina las borneras.
- Examine las terminales y asegúrese que los conectores estén bien sujetos.

3) Revisión del tablero de control

- Verifique que el controlador esté libre de polvo y obstáculos. En caso contrario límpie con un paño seco.



- Revise el controlador de carga y asegúrese que las conexiones no estén sueltas.
- Verifique los indicadores del funcionamiento del sistema para asegurar que cada componente funciona adecuadamente.

- Revise el voltaje de salida y asegúrese que está en 12V.

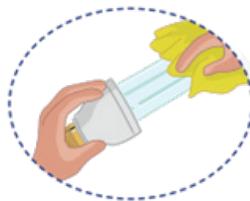


4) Revisión de las instalaciones internas

- Examine el cableado y asegúrese su óptimo estado. De ser necesario repare el cableado. Revise los Soket estén limpios. De ser necesario remueva suciedad y óxido.



- Revise el estado de los tomacorrientes e interruptores. En caso de daños al cableado o dispositivo repárelo o sustitúyalo.



- Limpie con cuidado los focos ahorradores, más aún los de la cocina donde se llenan de grasa. Recuerde utilizar un paño limpio y no tocar los tubos del foco con las manos.

5) Problemas más comunes en el funcionamiento del Sistema Fotovoltaico.

Problemas	Causas	Determinación de causas	Solución
Lámpara no prende	Batería baja.	Mire el regulador y verifique si el sistema se ha cortado por batería baja.	Espere 3 días sin usarlo hasta que el sistema recargue la batería. El técnico local hará el reporte respectivo. Si el corte es prematuro (inclusive con un nivel alto de la batería) será necesario reprogramar el regulador de carga al nivel de corte inferior inmediato. Si la luminaria estuviera quemada, cámbiela por otra del mismo tipo que la original, apagando previamente el interruptor.
	Luminaria quemada.	Saque la luminaria y revisela. Pruebe con otra lámpara.	Retire la luminaria y revise las conexiones y empalmes. Antes de hacer la revisión, apague todo el sistema y marque los polos, a fin de no invertirlos al conectarlos nuevamente.
	Empalmes y conexiones defectuosas.	La luminaria enciende en otro socket.	Espere que la batería se recargue para que se active nuevamente el sistema. Esta operación la controla el regulador de carga en forma automática. Ajustar y/o corregir la conexión del panel solar.
No prenden las luminarias, ni la radio ni el cargador de celular	Batería descargada.	Para verificar el estado de la batería observe la pantalla del regulador de carga. Si está encendido el indicador de desconexión de carga, quiere decir que el mismo regulador ha cortado la corriente. Verifique las conexiones en los cables provenientes del panel solar. Revise la batería desconectando primero los cables provenientes del panel solar y retirando luego los cables de las cargas. Verifique que los cables estén firmemente ajustados a los bornes de la batería. De existir sulfatación, limpiar los contactos utilizando una lija fina y agua.	

Problemas	Causas	Determinación de causas	Solución
No prenden las luminarias, ni la radio ni el cargador de celular	Los conectores del regulador de carga están flojos.		Limpie y ajuste los conectores del regulador de carga.
	Mal funcionamiento del regulador de carga.	<p>Para verificar el funcionamiento del regulador, debe medirse el voltaje entre los bornes de la batería:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por la noche, el voltaje de la batería debe ser mayor que 11.5V; y el del panel solar, cero voltios. • En el día, el voltaje de la batería debe ser mayor a 12V; y el del panel solar, un valor ligeramente mayor que el de la batería, lo que indica que está en proceso de carga. • Si el voltaje de los paneles es de 17V o más, quiere decir que el regulador está malogrado. 	Cambie el regulador de carga.
	Falla en el interruptor.	<p>Pruebe los interruptores, verificando que activan y desactivan la energía.</p> <p>Se puede probar continuidad con un multímetro o poniendo una carga entre las salidas.</p>	Cambie los interruptores dañados teniendo cuidado en desconectar y aislar los cables que provienen del controlador.
No prenden las luminarias, ni la radio ni el cargador de celular	Cableado dañado.	<p>Si se presume que el cableado está dañado, desconectar el cable proveniente de la bornera de distribución de cargas.</p>	Cambie el cableado.
		<p>Luego proceda a revisarlo, siguiendo las conexiones y verificando la continuidad y la polaridad.</p>	
	Falla en el tomacorriente.	No hay paso de corriente.	Cambie el tomacorriente.
El regulador no marca ninguna señal con los leds.	Falla en la radio o celular.		Verificar que la radio o cargador de celular esté en buen estado.
	Los bornes de la batería están mal instalados y se encuentran flojos.		Limpie y ajuste los bornes.
	Los conectores del regulador de carga están flojos.		Cambie el tomacorriente.
	Se produjo un cortocircuito o sobrecarga en las conexiones al regulador de carga.		<p>Si el regulador tiene protecciones electrónicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desconecte y aísle los cables del panel solar, luego los de las cargas y, finalmente, los de la batería. • Revise y repare las conexiones y verifique que no existan equipos dañados conectados al sistema. • Deje reposar al regulador de carga durante 10 minutos. • Transcurrido este tiempo, active nuevamente las cargas y pruebe el sistema. Si no funciona, el regulador de carga habrá fallado y será necesario repararlo o cambiarlo.
	El regulador de carga está malogrado.	Para verificar el funcionamiento del regulador de carga debe medirse el voltaje entre los bornes de la batería.	Reemplace el regulador de carga.

Problemas	Causas	Determinación de causas	Solución
El regulador no marca ninguna señal con los leds.	Hay una falla en las conexiones de las borneras de distribución de cargas.	En los sistemas con inversor, se debe verificar el estado de los leds indicadores u otro dispositivo que indiquen falla de batería baja o cortocircuito (protección propia). Vea el manual del inversor.	Apague el inversor y déjelo reposar por un mínimo de 10 minutos. Verifique que las conexiones se encuentren en buen estado. Encienda el inversor y pruebe el sistema con luminarias o algún equipo y verifique su funcionamiento.
	Falla en los equipos.	Si después de realizar todas las comprobaciones anteriores el problema continúa, la falla está en los equipos instalados en el sistema.	Desconecte las conexiones y desmonte el equipo, dejando aislados los polos desconectados. Haga reparar el equipo por un especialista. Si la carga es una radio, un TV o un cargador de celular, igualmente debe ser probado en directo por alguien que maneje correctamente estos equipos.

Bien...si has aprendido y aprehendido todo esto ya estás en condiciones de leer la segunda parte.