



# **“GUIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMÉSTICOS (SFD)”**



## INDICE

	Pág.
1.- OBJETIVO.....	3
2.- CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
3.- NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....	3
4.- DEFINICIONES .....	4
5.- INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	4
5.1.- Instrucciones de Seguridad .....	4
5.2.- Equipos, accesorios, herramientas e instrumentos .....	4
5.3.- Protocolo de Inspección Visual .....	5
5.4.- Etapas de la Instalación .....	6
Etapa A.- Aspectos Mecánicos .....	7
A.1.- Instalación del poste y/o soporte del modulo fotovoltaico .....	7
A.2.- Instalación del tablero de control.....	8
A.3.- Instalación del controlador de carga .....	8
A.4.- Instalación del convertidor de tensión CC/CC.....	8
A.5.- Instalación de la bornera de conexiones.....	9
A.6.- Instalación del soporte y/o caja de la batería .....	9
Etapa B.- Aspectos Eléctricos .....	10
B.1.- Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga.....	10
B.2.- Conexiones de la batería - controlador de carga .....	11
B.3.- Conexiones del módulo fotovoltaico - controlador de carga .....	12
Etapa C.- Aspectos Operacionales.....	13
C.1.- Prueba de funcionamiento del sistema .....	13
C.2.- Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo .....	14
C.3.- Informe de instalación.....	14
5.5.- Problemas frecuentes.....	14
6.- ASPECTOS AMBIENTALES.....	14
7.- BIBLIOGRAFÍA.....	14
ANEXOS .....	16



# PROYECTO DE: GUIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMÉSTICOS (SFD)

## 1.- OBJETIVO

La Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos tiene como objetivo establecer el procedimiento que se debe seguir durante la instalación de un sistema fotovoltaico doméstico, para que dicho sistema sea seguro, confiable y eficiente.

## 2.- CAMPO DE APLICACIÓN

Esta guía describe los procedimientos que se deben seguir para la instalación de un SFD compuesto por modulo fotovoltaico, controlador de carga, batería, convertidor de tensión CC/CC y lámparas en CC, estableciendo que la instalación deberá ser realizada por un técnico electricista y con experiencia en instalaciones eléctricas domiciliarias.

Está orientada a los proyectos de Electrificación Rural que se desarrollen en el marco de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural, y de la Ley N° 28546, Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del País.

En marco del Programa PER98/G31 (MEM-GEF-PNUD) “Electrificación Rural a base de Energía Fotovoltaica”, el Ministerio de Energía y Minas viene instalando alrededor de cuatro mil SFD's en regiones de nuestra amazonia, es que el desarrollo de esta guía toma como referencia los componentes de dichos sistemas:

- Un modulo fotovoltaico (12 Vcc, 50 W)
- Un poste y soporte para el modulo fotovoltaico
- Una batería (12 Vcc, 94 Ah)
- Un controlador de carga (12 Vcc, 10 A)
- Un convertidor de tensión CC/CC (12 Vcc / 09 Vcc, 06 Vcc / 03 Vcc, 1 A)
- Lámparas en CC (12 Vcc, 11 W)
- Accesorios

## 3.- NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación se mencionan las principales normas y documentos de referencia que han sido consultados para la elaboración de la presente guía:

### Normativa nacional

- Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural. R.D. N° 003-2007-EM/DGE (2007.02.12).
- Norma Técnica Peruana, NTP 399.403.2006: Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y método para la calificación energética de un sistema fotovoltaico. R.0013-2006/INDECOPI-CRT (2006.03.06).
- Código Nacional de Electricidad – Utilización. R.M. N° 037-2006-MEM/DM (2006.01.30).

## 4.- DEFINICIONES

**1. Celda solar fotovoltaica:** dispositivos de estado sólido que convierten la luz solar en electricidad.



**2. Módulo fotovoltaico (panel fotovoltaico):** conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí en serie o en paralelo con el fin de generar cantidades de corriente y tensión requeridos para un requerimiento de carga.

**3. Controlador de carga:** dispositivo electromecánico o electrónico cuya función principal es proteger a la batería de eventuales sobrecargas o descargas límites.

**4. Lámpara CC:** dispositivo de descarga eléctrica empleado para aplicaciones generales de iluminación. Se trata de una lámpara fluorescente compacta en corriente continua (C/C).

**5. Batería:** es el dispositivo que permite el almacenamiento de energía eléctrica, mediante la transformación reversible de energía eléctrica en energía química.

**6. Convertidor de tensión CC/CC:** dispositivo electromecánico o electrónico que permite adaptar la tensión de alimentación de un requerimiento de carga con respecto a la del Sistema Fotovoltaico Doméstico (SFD).

**7. Requerimiento de carga:** magnitud de energía eléctrica diaria requerida por los distintos equipos de uso final, expresada en Ah-V y tipo de corriente, continua (CC) o alterna (CA).

**8. Sistema fotovoltaico doméstico (SFD):** el total de componentes y subsistemas que en combinación convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para la conexión de cargas de utilización.

**9. Corriente continua (CC):** la corriente continua, o también denominada corriente constante, es la corriente que circula siempre en la misma dirección, manteniendo la misma polaridad, símbolo CC.

## **5.- INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Los SFDs deberán ser adquiridos y evaluados con los procedimientos y especificaciones establecidos en el Reglamento Técnico “Especificaciones y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural”, RD N° 003-2007-EM-/DGE. Así mismo deberán cumplir las reglas preventivas establecidas en el Código Nacional de Electricidad – Utilización, salvaguardando las condiciones de seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal, y de la propiedad, frente a los peligros derivados del uso de la electricidad.

### **5.1.- Instrucciones de Seguridad**

El técnico electricista, que se hará cargo de la instalación del SFD deberá estar provisto de los implementos de seguridad y equipos de protección personal (EPP) básicos, así mismo deberá tener conocimiento de las normas básicas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas (RESESATAE).

### **5.2.- Equipos, accesorios, herramientas e instrumentos**

A efectos de instalar el SFD en forma segura y eficiente, el técnico instalador deberá contar con los equipos y accesorios necesarios, así mismo con las herramientas e instrumentos mínimos:



**Tabla N° 1.- Equipos y accesorios a utilizar**

Ítem	Descripción	(sugerido Electrificación Rural)
01	Modulo fotovoltaico	12 Vcc, 50 W
02	Soporte modulo fotovoltaico	Material adecuado, aluminio. Considerar poste madera u otro material.
03	Batería	12 Vcc, 94 Ah
04	Soporte batería	Material adecuado, caja de madera, u otro material.
05	Controlador de carga	12 Vcc, 10 A
06	Convertidor de tensión CC/CC	12 Vcc / 09 Vcc, 06 Vcc, 03 Vcc, 1 A.
07	Lámparas Fluorescentes Compactas cc	12 Vcc, 11 W
08	Portalámpara (sockets)	Material adecuado, porcelana.
09	Interruptores fijos unipolares cc	12 Vcc, 5 A.
10	Enchufes y tomacorrientes polarizados	220 V, 15 A.
11	Conductor aislado o cable	Calibre: 2 x 3,3 mm <sup>2</sup> , equivalente 12 AWG (4 mm <sup>2</sup> ). Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares.
12	Tablero de control	Material adecuado, contra polvo, humedad y rayos solares. Considerar grado protección IP 61 (Costa), IP 43 (Sierra), IP 53 (Selva). Dimensiones: 25 cm x 40 cm
13	Prensaestopas, cintillos (cable tie), sogas, etc.	De ser necesario y a consideración del técnico instalador.

**Tabla N° 2.- Herramientas e instrumentos a utilizar**

Ítem	Descripción
01	Alicate de corte aislado
02	Alicate universal Aislado
03	Destornillador plano perillero (3,0 mm.)
04	Destornilladores planos (4,0 - 7,0 mm.)
05	Destornilladores estrella (4,0 - 6,0 mm.)
06	Llaves mixtas (1/4" - 3/16")
07	Multímetro
08	Brújula
09	Inclinómetro
10	Cinta Métrica ("wincha", 3,0 m.)
11	Cuchilla electricista
12	Arco y hoja de sierra
13	Martillo
14	Cavador de tierra
15	Nivel

### 5.3.- Protocolo de Inspección Visual

Este protocolo tiene como objetivo verificar en forma visual que el SFD reúne los requisitos básicos para su instalación. Los posibles defectos que se pudieran detectar en la inspección, sugieren no ejecutar la instalación y verificar con el proveedor el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas en el proceso de adquisición.



**Tabla Nº 3.- Verificación de requerimientos básicos**

Ítem	Descripción
<b>Soporte módulo fotovoltaico</b>	
01	El soporte debe ser de un material adecuado, y diseñado para ser fijado al modulo, el poste deberá estar conformado en una sola pieza.
02	El soporte debe contar con la ferretería apropiada para su fijación al modulo.
<b>Módulo fotovoltaico</b>	
03	El vidrio frontal y las cintas de conexión no deben mostrar rajaduras o quebraduras.
04	La etiqueta, placa de datos y de conexionado del modulo deben ser legibles.
05	La caja de conexión no debe mostrar rajaduras o estar suelta.
<b>Batería</b>	
06	Los bornes de los electrodos deben estar en buen estado.
07	Los sujetadores de la batería deben estar en buen estado.
08	Deberá ser suministrada con su etiqueta, placa de datos, y debe mostrar recomendaciones de mantenimiento e instalación.
<b>Controlador de carga</b>	
09	Los bornes de conexión del controlador de carga deberán tener espacio para conductor(es) aislado(s) o cable(s) de, al menos, 4 mm <sup>2</sup> de sección.
10	Deberán ser suministrados debidamente etiquetados o con su placa de datos.
11	Debe estar protegido contra polaridad inversa (positivo y negativo) en las líneas del módulo fotovoltaico y de la batería, respectivamente.
<b>Lámparas CC</b>	
12	Datos básicos: marca, modelo, consumo eléctrico (potencia (W) y tensión (V)), eficiencia luminosa, vida útil (horas trabajo).
13	Deben tener identificados sus bornes de conexión positivo (+) y negativo (-).
14	Posibilidad de operar con difusores de luz, no deben generar acumulación de suciedad o insectos en el tiempo.

#### 5.4.- Etapas de la Instalación

El procedimiento de instalación comprende los siguientes pasos principales:

**Tabla Nº 4.- Resumen de la etapas del proceso de instalación**

Etapa	Denominación
<b>Etapa A.- Aspectos Mecánicos</b>	
A.1	Instalación del soporte y/o poste del modulo fotovoltaico
A.2	Instalación del tablero de control
A.3	Instalación del controlador de carga
A.4	Instalación del convertidor de tensión CC/CC
A.5	Instalación de la bornera de conexiones
A.6	Instalación del soporte y/o caja de la batería
<b>Etapa B.- Aspectos Eléctricos</b>	
B.1	Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga
B.2	Conexiones de la batería – controlador de carga
B.3	Conexiones del modulo fotovoltaico – controlador de carga
<b>Etapa C.- Aspectos Operacionales</b>	
C.1	Prueba de funcionamiento del SFD
C.2	Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo, instrucciones al usuario
C.3	Informe de instalación



El desarrollo de las etapas de instalación, no deben considerarse como limitativos o restrictivos.

## **Etapas A.- Aspectos Mecánicos**

### **A.1.- Instalación del poste y/o soporte del módulo fotovoltaico**

a) En cuanto a la instalación del soporte del módulo fotovoltaico, existen las siguientes posibilidades:

En el suelo: Presenta grandes ventajas como accesibilidad y facilidad de montaje. Sin embargo, es más susceptible de poder quedar enterrada por acumulación de suciedad u otros, se inunde, o ser objeto de rotura por animales o personas.

En el poste: Usual en instalaciones de pequeñas dimensiones, donde se dispone previamente de un poste (madera, hierro galvanizado u otro material adecuado). Este es el tipo de montaje para comunidades rurales y sistemas de comunicación aisladas.

b) Una parte importante de un SFD es la estructura de soporte del módulo. Ello asegura que los módulos puedan colocarse con el ángulo de inclinación recomendado ( $15^\circ$ ) en dirección al sol (norte magnético) y brindar seguridad a la instalación.

El principal factor a la hora de fijar la estructura es la fuerza del viento, que dependiendo de la zona, puede llegar a ser considerable. En terrazas o azoteas la estructura deberá permitir una altura mínima del módulo entre 15 a 30 cm, sin embargo en zonas donde se producen abundantes precipitaciones deberá ser superior a fin de evitar que los módulos queden total o parcialmente inundados.

Tanto la estructura como el soporte habrán de ser de un material adecuado tal como, aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado, y la pernería de acero inoxidable. El aluminio anodizado es de poco peso y gran resistencia. El acero inoxidable es apropiado para ambientes muy corrosivos. Existe una amplia variedad de estructuras o soportes, una muestra es la estructura o soporte de un solo cuerpo (diámetro del poste o mástil, diámetro sugerido 10-15 cm.), hecha con la inclinación ( $15^\circ$ ) y medidas deseadas.

c) En cuanto al anclaje, empotramiento, o punto de apoyo de la estructura, si es del tipo mástil (poste), es conveniente reforzar la base donde descansa, una alternativa podría ser reforzar sus extremos mediante tirantes de acero u otro material adecuado.

d) En el caso del poste, se recomienda unir previamente todo el sistema de sujeción o soporte del módulo con el poste de descanso, luego de unir mecánicamente y asegurar estos sistemas, luego proceder a izar todo el sistema con la ayuda de sogas y enterrarlo o fijarlo sobre el pozo descrito mas adelante.

Con la ayuda de un cavador de tierra, sobre el punto ubicado para la ubicación del poste (sugerido longitud 3,0 - 4,0 m, diámetro 10 – 15 cm.) del módulo fotovoltaico, se debe realizar un pozo de 50 cm de ancho por 60 cm de profundidad (terreno compacto) u 80 cm (terreno blando). Colocar la base o soporte del módulo (preparado anteriormente) sobre el poste con sus elementos de sujeción.

e) Verificar el ángulo de inclinación de la superficie del modulo fotovoltaico respecto al plano horizontal. Para ello se ubican los  $15^\circ$  en el inclinómetro y se posiciona el inclinómetro sobre la superficie del modulo fotovoltaico, así mismo se puede usar un transportador graduado. (Véase Anexo 02: Aspectos Generales en la Instalación)



## **A.2.- Instalación del tablero de control**

a) En cuanto a la instalación del tablero de control, existen las siguientes consideraciones:

Se sugiere dimensiones del tablero de 25 cm de largo x 40 cm de ancho, buscando siempre la seguridad del operador o usuario, conservando la estética en el espacio y conexión eléctrico. Se puede integrar en el tablero de control: el controlador de carga, el convertidor de tensión CC/CC y la bornera de conexiones. De preferencia el tablero de control debe situarse cerca de los lugares donde se ubicará el módulo fotovoltaico, la batería y el(los) requerimiento(s) de carga(s), así evitaremos conductores aislados o cables largos que eleven el costo y originan pérdidas de tensión y disipación.

b) El tablero de control se debe ubicar tan alto como sea posible, sin embargo, considerar que ningún equipo o accesorio (controlador de carga, convertidor de tensión, etc) quede a más de 1,7 m sobre el nivel del piso. En el caso de que el soporte de la batería se ubique en la misma dirección vertical del tablero de control, considerar una distancia mínima de 50 cm, entre ambos.

c) El tablero de control no debe ser usado como armario o colgador de ropa o lugar para guardar objetos diversos, así mismo los tableros deben tener señalización de seguridad que advierta los peligros eléctricos, claramente visibles.

## **A.3.- Instalación del controlador de carga**

a) En cuanto a la instalación del controlador de carga, existen las siguientes consideraciones:

La instalación del controlador dentro del tablero de control debe ser efectuada dejando espacios suficientes (mínimo 3,0 cm.) a cada lado del controlador. Los terminales del controlador deben ser de fácil acceso y estar claramente indicados los bornes y polaridades de los componentes a ser conectados (módulo fotovoltaico, batería, y carga).

b) El controlador de no contar con una protección electrónica, éste debe ser protegido mediante fusibles. (Por ejemplo tipo cartucho, 4 A.). Así mismo, debe estar protegido contra la polaridad inversa (positivo y negativo) en la línea del módulo y de la batería, respectivamente.

c) Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable. Se ubica la posición del controlador de carga en el tablero de control, según se indica en el literal a, se fija el controlador de carga utilizando tornillos con la ayuda de un destornillador plano, estrella o mixto.

## **A.4.- Instalación del convertidor de tensión CC/CC**

a) En cuanto a la instalación del convertidor de tensión CC/CC, existen las siguientes consideraciones:

La instalación del convertidor debe ser efectuada, dejando espacios suficientes (mínimo 3 cm.) a cada lado del convertidor. Los terminales del convertidor deben ser de fácil acceso y estar claramente indicada sus polaridades de los requerimientos de cargas a ser conectados, debe permitir una fácil conexión de conductores o cables aislados, de por lo menos 2,5 mm<sup>2</sup> de sección.



b) El convertidor de tensión debe estar protegido contra una inversión de polaridad, tanto en el lado del controlador como en el lado de la carga (requerimiento de carga). El convertidor debe suministrar tensiones de salida. Como mínimo de 3,0, 6,0, y 9,0 voltios.

c) Se ubica la posición del controlador de carga en el tablero de control, según se indica en el literal a, se fija el controlador de carga utilizando tornillos con la ayuda de un destornillador. Los valores nominales de tensión y corriente de las cargas deberán ser inferiores a la capacidad del convertidor. Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deben ser de material inoxidable.

#### **A.5.- Instalación de la bornera de conexiones**

Con un punzón se ubica la posición de la bornera de conexiones en el tablero de control. Se fija mediante tornillos utilizando el destornillador plano, estrella o mixto. Considerar que algunas veces deben ingresar dos o mas pares de conductores aislados o cables (Calibre: 2 x 4 mm<sup>2</sup>, ó 12 AWG) en un mismo terminal de la bornera de conexiones.

#### **A.6.- Instalación del soporte y/o caja de batería**

El soporte de la batería por lo general es una caja con tapa de madera o fierro galvanizado, dependiendo de las condiciones ambientales del lugar de instalación del SFD, con sus respectivos orificios para circulación de aire, esta caja debe estar provisto de asas y pernería para asegurar la tapa.

a) En cuanto a la instalación de la caja o soporte de la batería, existen las siguientes posibilidades:

En el suelo: Presenta grandes ventajas como facilidad de montaje, sin embargo, es más susceptible de poder quedar enterrada por acumulación de suciedad u otros, se inunde, sirva de asiento o base para otras aplicaciones, o ser objeto de rotura por animales o personas.

En el poste: Usual en instalaciones de pequeñas dimensiones, donde se dispone previamente de un poste.

b) Una parte importante de un SFD es el soporte o caja de la batería. El principal factor a considerar son los materiales con riesgo para la salud humana o al ambiente.

c) Utilizar un indicador de nivel para verificar que el soporte o caja de la batería se encuentre en posición horizontal. El indicador de nivel se coloca sobre la superficie de la caja de batería y se deberá observar que la burbuja de equilibrio se encuentra en el centro del indicador.

d) Las baterías deben contener indicadores visuales del nivel de electrolito en su superficie (evitar que se derrame el electrolito sobre bornes terminales y/o conductores aislados o cables), se debe advertir sobre la condición corrosiva del electrolito y su contaminación ambiental.

e) La caja de batería descansa sobre un asiento de madera o material similar a efectos de protección y aislamiento, contra suciedad, insectos o inundaciones. Verificar que todos los pernos, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios sean de material inoxidable.



## **Etapa B.- Aspectos Eléctricos**

### **B.1.- Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga**

a) En cuanto al conexionado entre los accesorios (enchufes, tomacorrientes, interruptores unipolares, etc.) y los equipos de utilización (lámparas CC), existen las siguientes consideraciones:

Se debe tener identificado previamente la ubicación o distribución de los equipos de utilización en los lugares físicos donde se desean instalar, considerando distancias prudentes para evitar el tendido de conductores aislados o cables largos que eleven el costo y originen pérdidas de tensión y disipación de calor.

Tener identificados mediante etiquetas o marcas, la polaridad positivo (+) y negativo (-), en cada uno de los accesorios, así como en los terminales de los conductores aislados o cables a conectar.

b) A manera de ejemplo consideremos el conexionado de una lámpara y su portalámpara (socket) hacia el controlador de carga a través de la bornera de conexiones (tablero de control), finalmente el interruptor fijo unipolar de dicha lámpara.

Tender y fijar el conductor aislado o cable (-) mediante grampas (sugerido cada 30 cm) sobre la estructura de la vivienda, desde la lámpara y su respectiva portalámpara (socket) hasta la bornera de conexiones (tablero de control), luego conectar desde la bornera de conexiones hacia el terminal de carga (-) del controlador de carga. Realizar un apriete moderado sobre cada uno de los pernos respectivos, considerar la inserción de terminales tipo “ojo” para un mejor apriete del terminal del conductor aislado o cable.

La polaridad en el portalámparas (socket) deberá coincidir con los terminales en la lámpara CC, positivo (+) y negativo (-).

Luego tender y fijar el conductor aislado o cable (+) mediante grampas, desde la lámpara hasta el respectivo interruptor fijo unipolar (posición apagado), así mismo desde el interruptor fijo unipolar hacia la bornera de conexiones (tablero control), para luego culminar desde la bornera de conexiones hacia el terminal de carga (+) del controlador de carga. De manera similar se realiza el conexionado de los diversos equipos de utilización.

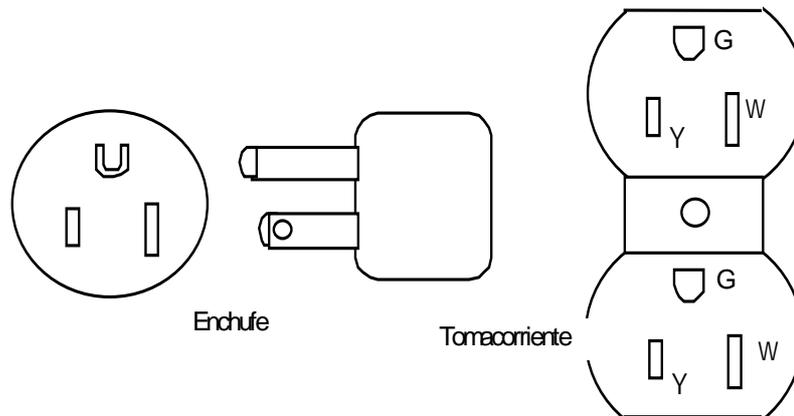
Se sugiere conectar solamente dos conductores aislados o cables (+) y (-) desde los terminales (+) y (-) del controlador de carga hacia la bornera de conexiones (ambos en el tablero de control). Luego en la bornera de conexiones realizar las conexiones en paralelo respectivamente para tener mas terminales disponibles para otros requerimientos de equipos de utilización.

En el caso de los tomacorrientes polarizados (Ver Figura N° 01), tender y fijar el conductor aislado o cable desde el tomacorriente (situado previamente) hacia la bornera de conexiones (tablero de control), habiéndose identificado previamente las respectivas polaridades (+) y (-). Para el conexionado se recomienda utilizar terminales tipo “ojo”.

(Se sugiere que el conductor debe tener como mínimo 4 mm<sup>2</sup> o 12 AWG, de calibre. Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares).



Figura N° 01.- Enchufe y tomacorriente con línea a tierra hasta 15 A.



- G : Conductor de protección o de enlace equipotencial.  
W : Terminal identificado, conductor puesto a tierra  
Y : Terminal no conectado a tierra.

Enchufes y tomacorrientes para uso doméstico, NEMA 5-15R, 120 V, 15 A .

## B.2.- Conexiones de la batería - controlador de carga

a) En cuanto al conexionado entre la batería y el controlador de carga existe previamente las siguientes consideraciones:

La polaridad debe estar señalizada sobre la batería al lado de cada terminal mediante una impresión en bajo o alto relieve con las siguientes simbologías, (+) para la polaridad positiva y, (-) para la polaridad negativa.

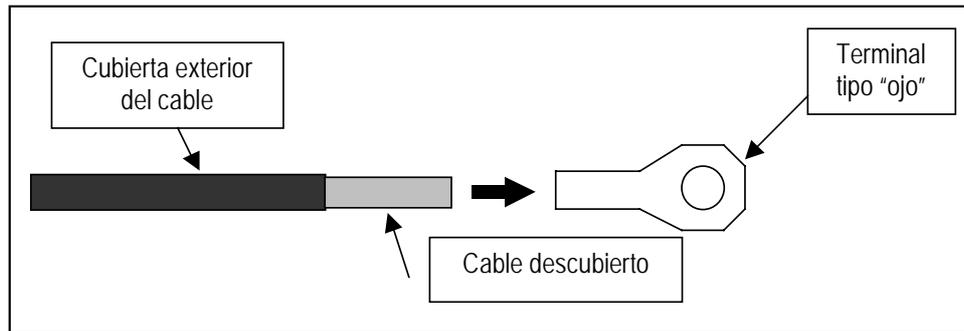
Al estar la batería completamente cargada, la densidad del electrolito debe estar entre:

- 1,20 g/cm<sup>3</sup> y 1,229 g/cm<sup>3</sup>, en regiones con temperaturas promedio superiores a 30 °C,  
1,23 g/cm<sup>3</sup> y 1,25 g/cm<sup>3</sup> en regiones con temperaturas promedio que se encuentren entre 15 °C y 30 °C,  
1,26 g/cm<sup>3</sup> y 1,28 g/cm<sup>3</sup> en regiones con temperaturas promedio inferiores a 15 °C.

b) Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser fijados a los bornes (conectores) de la batería, los que deben ser entregados con sus respectivas arandelas y tuercas. (Se sugiere que el conductor debe tener como mínimo 4 mm<sup>2</sup> o 12 AWG, de calibre. Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares).

Retirar la cubierta exterior del conductor aislado o cable, dejando expuestos los conductores aislados o cable, sin recubrimiento (15 cm -20 cm). En la conexión de baterías es usual la utilización de terminales tipo “ojo”, (considerar que cada fabricante de batería puede tener diferentes tipos de conectores), Ver Figura N° 02.

Figura N° 02.- Utilización de terminales tipo “ojo” en el conductor aislado o cable de batería



Conectar prensaestopas al conductor aislado o cable, para la salida de este último de la caja de la batería, para luego tender o fijar hacia el tablero de control.

c) Consideremos el conexionado desde la batería hacia el controlador de carga, a través de la bornera de conexiones (tablero de control).

Tender y fijar los conductores aislados o cables (+) y (-) mediante grampas (sugerido cada 30 cm.) sobre la estructura de la vivienda hasta la bornera de conexiones, luego desde la bornera de conexiones hacia los terminales del controlador de carga, batería (+) y batería (-), respectivamente.

d) Considerar que una vez realizado los literales anteriores el controlador de carga se activará (siempre que la batería este cargada, tensión nominal, 12 Vcc.), iluminando sus indicadores, mostrando el estado de operación del sistema.

### **B.3.- Conexiones del módulo fotovoltaico - controlador de carga**

a) En cuanto al conexionado entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga existe previamente las siguientes consideraciones:

La caja de conexión del módulo debe estar firmemente ubicada y contar con diodos de "by pass". Las entradas y salidas de los cables deben estar provistos con prensaestopas para lograr una efectiva hermeticidad.

b) Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser conectados en los terminales o bornes del módulo en su caja de conexiones, según su diagrama y configuración de conexiones. (Se sugiere que el conductor debe tener como mínimo 4 mm<sup>2</sup> o 12 AWG, de calibre. Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares).

Se debe considerar las distancias de conexionado entre el tablero de control y el módulo fotovoltaico, con la finalidad de garantizar, caídas de tensión inferiores a:

3 % entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga.

No se permiten empalmes cable-cable (cola de chanco, entorchado), si hace falta el empalme deberá ser realizado con cajas de empalme y/o conectores.

Siempre que sea accesible el tendido sobre la pared de los conductores aislados o cables, deberán ubicarse dentro de un margen de 0,5 m, tomando como referencia desde el nivel del techo terminado en la unión con la pared.

c) Consideremos el conexionado desde el módulo fotovoltaico hacia el controlador de carga, a través de la bornera de conexiones (tablero de control).



Tender y fijar los conductores aislados o cables (+) y (-) mediante grampas (sugerido cada 30 cm) sobre la estructura de soporte del módulo, así como del poste (una sola pieza) hacia la bornera de conexiones (tableros de control), luego conectar desde la bornera de conexiones hacia los terminales del controlador de carga, módulo (panel) (+) y módulo (panel) (-), respectivamente.

Se sugiere conectar solamente dos conductores aislados o cables (+) y (-) de los terminales módulo (panel) (+) y módulo (panel) (-) del controlador de carga hacia la bornera de conexiones (ambos en el tablero de control).

Para mayor detalle ver Anexo N° 01.

## **Etapa C.- Aspectos Operacionales**

### **C.1.- Prueba de funcionamiento del sistema**

Una vez instalado el SFD, se propone el siguiente protocolo de revisión:

<b>Módulo fotovoltaico</b>	
Medir la tensión en los terminales, cuando las celdas se exponen a la radiación solar, deben indicar la tensión:	
01	Cercano al nominal, funcionan las celdas correctamente. ( $V_n = 12 \text{ Vcc}$ ).
02	Cerca a cero y el clima es favorable, posiblemente tenga fallas el conjunto de celdas.
03	Igual a cero, el sistema tiene circuito abierto.
<b>Controlador de Carga</b>	
01	Verificar que no tenga contacto directo a tierra.
02	Evaluar la resistencia y/o continuidad del fusible, debe indicar continuidad.
<b>Batería</b>	
Medir la tensión en sus conectores o terminales:	
01	Valor cercano a 12 Vcc, la batería carga correctamente.
02	Valor no alcanza 12 Vcc, se recomienda evaluar en forma periódica la tensión en la batería
03	Valor permanece por debajo de los 12 Vcc, la batería no está operando correctamente.
<b>Lámparas CC</b>	
01	Si luego de terminada la instalación, éstas no funcionan, verificar que la conexión de los terminales del aparato a usar (polaridad), sean los correctos.
<b>SFD integrado</b>	
01	El módulo fotovoltaico debe estar instalado en un lugar libre de sombras, con inclinación de 15° y orientado al Norte magnético.
02	Las conexiones deben ser seguras y moderado apriete. Este aspecto es sumamente importante en instalaciones en áreas remotas.
03	Las tapas de las caja de conexiones deben cerrar correctamente.
04	Pulsando o colocando en posición encendido los interruptores fijos unipolares, las lámparas cc deben funcionar.

### **C2.- Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo**

Dejar limpio y ordenado el área de trabajo y proporcionar indicaciones al usuario, sobre el mantenimiento básico y cuidados de operación o uso del sistema, al finalizar la instalación del SFD.

### **C.3.- Informe de instalación**



Las mediciones y datos registrados deberán ser incluidos en un informe de instalación y verificación de funcionamiento del SFD, a efectos de validar la instalación realizada. (Ver Anexo N° 03).

#### 5.4.- Problemas frecuentes

Se detalla algunos problemas y sus posibles causas:

<b>Lámparas CC, no encienden</b>	
01	Verificar que las conexiones de las lámparas hacia el controlador de carga estén correctas. Efectuar inspección visual (polaridad (+) y (-).
02	Verificar que el nivel de tensión en la batería es el adecuado ( $V_n = 12 \text{ Vcc}$ ), tener cuidado con la polaridad.
03	Verificar el estado de las conexiones en los interruptores fijos unipolares y de las portalámparas (sockets).
04	Verificar si la lámpara está en buen estado. Efectuar inspección visual.
<b>Pocas horas de energía del sistema integrado</b>	
01	Verificar si todas las conexiones están correctas, inspeccionar los conductores aislados o cables y terminales, caso contrario revisar el dimensionamiento del sistema.
02	Verificar el estado de la batería y el nivel del electrolito. En el caso de la batería no sellada, colocar un densímetro y medir la densidad del electrolito.
03	Verificar la limpieza del modulo fotovoltaico o si se producen sombras, tener en cuenta la estacionalidad (días nublados) y la autonomía establecida para el sistema en el dimensionado.
<b>Módulo fotovoltaico no genera electricidad</b>	
01	Medir el estado de continuidad de los diodos o de los fusibles, según corresponda.
02	Verificar que las conexiones del modulo al controlador de carga, estén correctas, polaridad y continuidad.

#### 7.- ASPECTOS AMBIENTALES

La energía solar fotovoltaica ocasiona impactos en el ambiente no relevantes en la fase operacional, mientras que en las fases de construcción pueden ser significativos. No obstante, se deberá evitar la disposición final de los componentes fotovoltaicos en rellenos sanitarios comunes (botaderos), a menos que estos sean los denominados rellenos de seguridad, con dos capas impermeables para evitar cualquier tipo de lixiviado. Se recomienda devolver para reciclar el modulo fotovoltaico, la batería, el controlador de carga y el convertidor de tensión CC/CC al proveedor, luego que haya sufrido un deterioro y requiera ser cambiado. Se espera que en el futuro, a medida que se incrementen las instalaciones fotovoltaicas, con la consecuente mayor generación de residuos, se produzca un desarrollo de empresas dedicadas al reciclaje de los componentes principales.

#### 8.- BIBLIOGRAFÍA

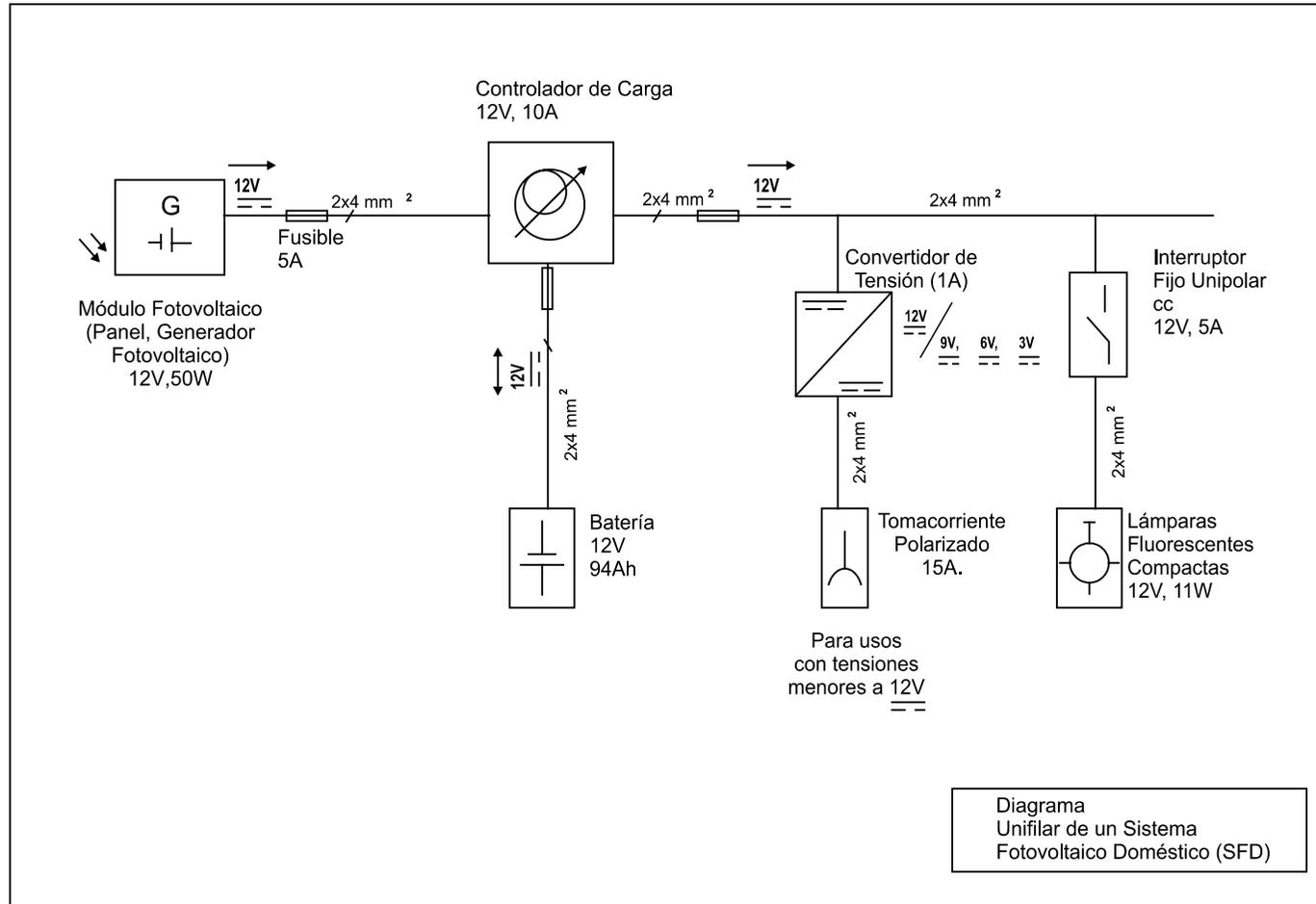
- Quality standards for solar home systems and rural health power supply – photovoltaic systems in developing countries, GTZ. 1999.
- Instalación y Mantenimiento de equipos fotovoltaicos, Centro de Energías Renovables (CER-UNI). Programa de Ahorro de Energía, Ministerio de Energía y Minas. 2003.
- Visita de supervisión: Instalación de sistemas fotovoltaicos domésticos (SFD's). Proyecto PER98/G31, Pucallpa, PERÚ. Informe N° 090-2007/DGE-DNE (MEM). (2007.11.27-30).



## ANEXOS

### ANEXO 01.- DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

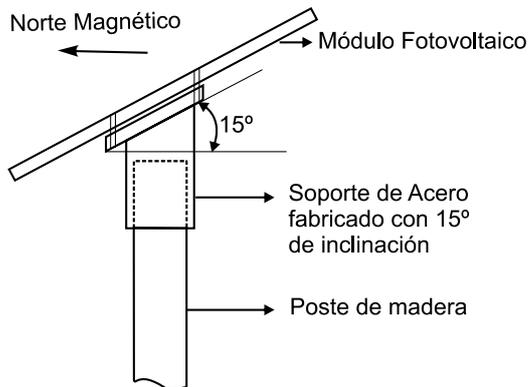
#### 1.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE UN SFD







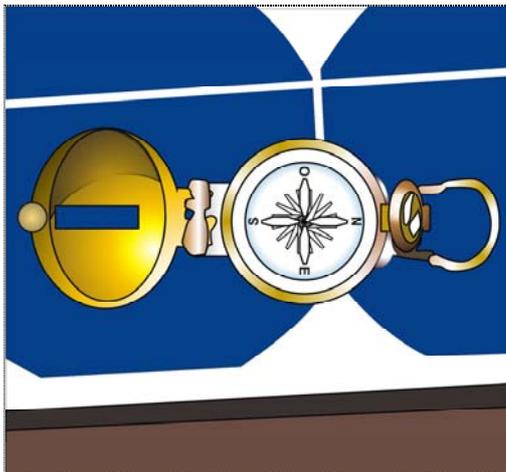
## ANEXO 02.- ASPECTOS GENERALES EN LA INSTALACIÓN



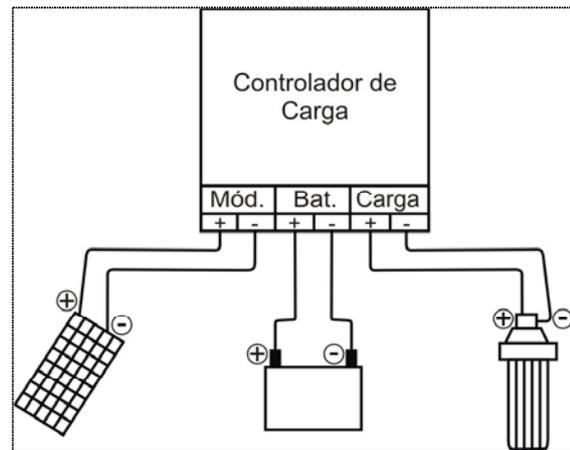
Existen estructuras y/o soportes de los módulos de un solo cuerpo, fabricados con el ángulo de inclinación recomendado.



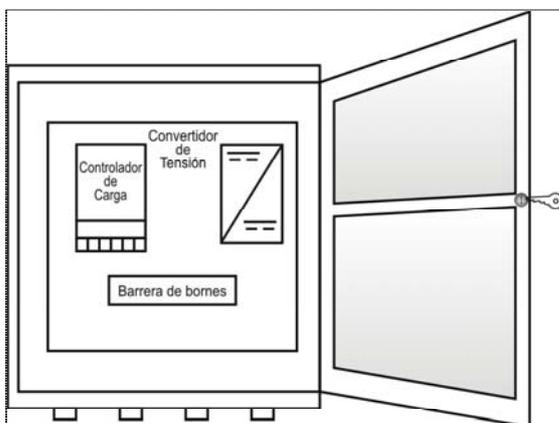
Hay que verificar el ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico, se puede usar un transportador graduado y un nivel.



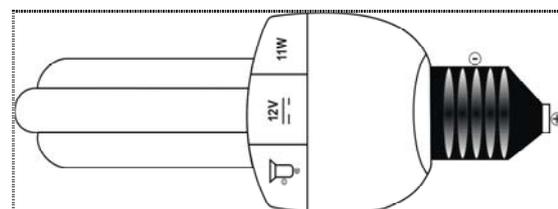
Hay que verificar que la cara frontal del módulo fotovoltaico debe estar dirigido hacia el Norte magnético, se puede usar una brújula.



Verificar la polaridad positiva (+) y negativa (-) en cada uno de los terminales a conectar, y así mismo su correspondencia entre los equipos y/o accesorios.



La instalación de los equipos dentro del tablero de control deben estar distanciados lo suficiente para fácil acceso (mínimo 3 cm, cada lado)



Considerar que la polaridad en los portalámparas (sockets), deberán coincidir con la polaridad positiva (+) y negativa (-) de la lámpara fluorescente compacta.



### ANEXO 03.- INFORME DE INSTALACIÓN Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Se propone el siguiente formato de informe de instalación y verificación de su funcionamiento.

#### DATOS DE INSTALACIÓN

01	Beneficiario de la Instalación	
02	Lugar de la Instalación	
03	Fecha de Instalación	
04	Empresa Instaladora	
05	Nombre del Instalador	

#### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Componente	Marca	Modelo	N° de serie	Cantidad	Capacidad por unidad	
Módulo						Wp
Controlador de carga						A
Batería						Ah
Luminaria						W

#### CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DOMICILIARIA

ITEM	CALIFICACIÓN (SI / NO)
Accesorios completos	
Fusibles en buen estado	
Fijación firme terminales-cables	
Unión firme terminales-componentes	
Caja de conexiones de dimensión apropiada	
Soporte del módulo fotovoltaico fijado al módulo	
Módulo orientado al Norte	
Módulo instalado con inclinación de 15°	
Poste de fierro galvanizado o madera	
Cableado para condiciones de intemperie	

#### MEDICIONES Y VERIFICACIONES

ITEM	Calificación	Instrumento Utilizado
El beneficiario ha recibido orientación básica acerca de la operación del SFD	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	-
Las luminarias encienden	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	-
Verificación de tensión en los terminales del controlador de carga	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Tensión entregada por la batería	(anotar tensión en V)	
Tensión entregada por el módulo	(anotar tensión en V)	
Fecha de evaluación	(mes/día/año)	(hora de inicio y fin)

#### CONFORMIDAD DE INSTALACION Y VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO

(Lugar), (día) del (mes) de (año)

-----  
Instalador

-----  
Beneficiario

-----  
Supervisor / Responsable