

ESPECIFICACION TECNICA
PARA
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
DE
ILUMINACION DOMESTICA RURAL

Edición Revisada

1998

**ESPECIFICACION TECNICA PARA SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS ¡Error! Marcador no definido.
DE ILUMINACION DOMESTICA
RURAL**

Preparado Por:

**J. Agredano D., G. Munguía., J.M. Huacuz V., R. Flores H.
Area de Energía Solar
Departamento de Fuentes No Convencionales de Energía
Instituto de Investigaciones Eléctricas**

Para:

**Unidad de Electrificación
Subdirección de Distribución
Comisión Federal de Electricidad**

Junio de 1998

PRESENTACION

Este documento contiene la versión revisada de la especificación técnica para pequeños sistemas fotovoltaicos de iluminación doméstica para zonas rurales, aparecida originalmente en 1992.

Los sistemas considerados son del tipo aislado (no interconectados a la red) y están integrados por los siguientes componentes: un módulo fotovoltaico para generar electricidad con la luz del sol, una batería para almacenar la electricidad producida por el módulo, varias lámparas fluorescentes para convertir la electricidad en luminosidad, un controlador electrónico de carga que protege a los principales componentes del sistema contra cargas o descargas excesivas, el correspondiente cableado para la instalación y los accesorios necesarios para el montaje del sistema.

La elaboración de especificaciones para sistemas fotovoltaicos de electrificación rural continúa siendo una tarea difícil ya que se trata de una tecnología en evolución.

Los cambios y adiciones más relevantes entre la versión original aparecida en 1992 y esta versión revisada incluyen: la ampliación a 150 W de la capacidad máxima de los sistemas que abarca; la inclusión de los módulos de silicio amorfo, y la adición de especificaciones para controladores electrónicos que operan en sistemas habilitados con baterías selladas del tipo plomo-ácido. Por otro lado, se han eliminado todas las secciones correspondientes a baterías, tópico que se trata en un documento por separado. Con todo y ello, se anticipa que este documento tendrá que ser nuevamente actualizado en la medida que evolucionen las distintas tecnologías que integran el sistema fotovoltaico de referencia.

La base industrial nacional asociada a estos sistemas ha mostrado avances significativos en los cinco años anteriores, pero todavía acusa algunas deficiencias y limitaciones en los productos, por lo que se espera que esta especificación ayude también a elevar el nivel de calidad de las instalaciones y sus componentes

Al igual que en el caso de la especificación original, en la preparación de esta versión revisada se utilizó información proveniente de tres fuentes primarias: documentos con especificaciones para sistemas similares, elaborados en México o en otras partes del mundo; la experiencia de técnicos, ingenieros y científicos nacionales y extranjeros, transmitida en forma verbal o mediante documentos especializados; y el estudio de experiencias prácticas en la instalación de sistemas fotovoltaicos tanto por parte de CFE como de otros organismos públicos y privados.

Dr. Jorge M. Jorge M. Huacuz Villamar
Gerente UENC-IIIE
Cuernavaca, Junio de 1998.

CONTENIDO

PRESENTACION

CONTENIDO ii

INTRODUCCION..... 1

1. OBJETIVO.....2

2. CAMPO DE APLICACION2

3. PROPOSITO.....2

4. ESTRUCTURA.....2

PRIMERA PARTE ASPECTOS TECNICOS

1. CARACTERISTICAS Y CONDICIONES GENERALES5

1.1. Componentes del sistema5

1.2. Condiciones de diseño6

1.3. Descripción general de los componentes...6

1.3.1. Módulo Fotovoltaico6

1.3.2. Batería.....6

1.3.3. Controlador de Carga6

1.3.4. Lámparas7

1.3.5. Cables.....7

1.3.6. Accesorios.....7

1.4. Requisitos de fabricación8

1.4.1. Módulo Fotovoltaico	8
1.4.2. Baterías	9
1.4.3. Controlador de carga.....	9
1.4.4. Lámparas	11
1.4.5 Cables	11
2. CONDICIONES DE OPERACION	13
3. MARCADO	14
3.1. Módulos	14
3.2. Baterías	15
3.3. Controladores de carga	15
3.4. Sistema general.....	16
4. EMPAQUE	16
SEGUNDA PARTE SERVICIOS E INFORMACION REQUERIDOS	18
1. INFORMACION QUE DEBE ENTREGAR EL PROVEEDOR CON SU OFERTA.....	18
1.1 Datos Técnicos.....	18
1.1.1 Módulo Fotovoltaico.....	18
1.1.2. Controladores	19
1.1.3. Baterías	19
1.1.4 Lámparas	19
1.1.5. Cables.....	20
1.1.6. Accesorios.....	20
1.2. Certificado de prueba.....	20
1.3. Costo Desglosado y Forma de Pago.....	21
1.4. Garantías.....	21
2. DOCUMENTACION QUE EL PROVEEDOR DEBE	22
ENTREGAR CON LOS EQUIPOS	
3. SERVICIOS QUE DEBE PRESTAR EL PROVEEDOR	22
4. BASES BAJO LAS CUALES EL PROVEEDOR DEBE.....	23
CAPACITAR A PERSONAL DEL SECTOR PUBLICO Y AL USUARIO FINAL	
5. BASES Y FACTORES DE EVALUACION DE LOS	23
SISTEMAS EN OPERACION	

A P E N D I C E S	25
A Materiales de construcción	26
A.1. Módulo fotovoltaico	26
A.2. Baterías	26
A.3. Controlador de carga	27
A.3. Lámparas	28
A.4. Cables.....	28
A.5. Accesorios	28
B Aspectos generales.....	29
B.1. Ensamblés y acabados	29
B.2. Materiales poliméricos.....	29
B.3. Partes conductoras de electricidad y alambrado	30
B.4. Medios de conexión	30
B.5. Tierras.....	31
B.6. Esparcimientos	31
B.7. Compartimientos para alambrado.....	31
B.8. Resistencia a la Corrosión.....	32
B.9. Accesibilidad de Partes Vivas no Aisladas .	33
C Normas que se Aplican.....	34
D Definiciones.....	36

INTRODUCCION

Las *celdas fotovoltaicas* son dispositivos de estado sólido que convierten la luz solar en electricidad. Carecen de partes móviles o fluidos a presión y temperatura. Son altamente confiables y razonablemente eficientes.

La cantidad de electricidad que puede producir una *celda fotovoltaica* es pequeña. Sin embargo, es posible interconectar varias celdas para lograr las corrientes y voltajes requeridos para una aplicación dada. Desde el punto de vista del Sector Eléctrico, una de las aplicaciones más atractivas de las celdas fotovoltaicas en estos momentos es el alumbrado de zonas difíciles de atender con la red eléctrica .

Con este propósito las celdas se integran en *módulos fotovoltaicos* de unas decenas de Watts (W), capaces de dar electricidad para iluminar durante unas cuantas horas al día. Durante ya varios años este esquema se ha venido utilizando a través de programas estatales o federales para proporcionar iluminación en comunidades rurales del país. Los sistemas instalados se cuentan ya en varias decenas de miles y el número de instalaciones continúa creciendo. Esto aunado a los avances que ha experimentado la tecnología en los últimos cinco años ha motivado a revisar la primera especificación técnica elaborada en 1992, e incorporar los adelantos tecnológicos y las nuevas experiencias a fin de aminorar el riesgo de falla de los equipos y sistemas, y estandarizar en lo posible el método de integración e instalación de éstos.

La tecnología fotovoltaica continúa en evolución. Existe un número considerable de celdas que difieren en el tipo de materiales utilizados, su geometría y apariencia externa. Sin embargo, el principio físico de operación de todas ellas es esencialmente el mismo. Esta especificación se refiere a sistemas con celdas de silicio, principalmente *silicio monocristalino*, *silicio policristalino* y *silicio amorfo*,

Independientemente del tipo de celda, los sistemas de iluminación cuentan con los mismos elementos: un *módulo fotovoltaico*, una *batería* para almacenar electricidad, un *controlador de carga*, varias *lámparas*, y *accesorios* para la instalación. La presente especificación cubre en lo posible todos los elementos del sistema fotovoltaico, a excepción de las baterías que se tratan en una especificación técnica por separado

1. OBJETIVO

Esta especificación establece las características técnicas que deben reunir los **sistemas fotovoltaicos (FV) para iluminación doméstica en zonas rurales**, y los servicios que deben proporcionar las empresas proveedoras para garantizar la eficiencia, confiabilidad y larga vida de los sistemas instalados.

2. CAMPO DE APLICACION

La especificación se aplica a sistemas FV **con capacidades menores de 150 W**, construidos con módulos de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, no conectados a la red eléctrica, destinados a proporcionar iluminación doméstica por medio de lámparas fluorescentes alimentadas con corriente continua de no más de 12 volts (V) nominales.

3. PROPOSITO

El propósito fundamental de esta especificación es ayudar a los usuarios, proveedores y organismos reguladores y normativos en el proceso de implantación de sistemas FV eficientes, confiables y de larga vida para iluminación doméstica, principalmente en zonas rurales. Al mismo tiempo pretende sentar los criterios técnicos para que la industria fotovoltaica mexicana de componentes, sistemas y servicios se desarrolle en un marco de calidad que le permita competir con el producto extranjero, tanto en el mercado nacional como en el de exportación.

4. ESTRUCTURA

Esta especificación consta de dos partes principales. La primera se refiere a los aspectos técnicos que deben satisfacer los sistemas FV de referencia y sus componentes. Estos incluyen las características y condiciones generales, los requisitos de fabricación, los materiales de construcción, las condiciones de operación, el marcado y empaque de los sistemas, etc. La segunda se refiere a los servicios e información que debe prestar al proveedor, desde el momento en que hace su oferta y luego de ejecutar la venta e instalación. Esta segunda parte se considera importante para el desarrollo de un programa sostenible, ya que la experiencia ha demostrado que la mayoría de los problemas que han presentado los sistemas FV hasta ahora instalados pudieron haberse evitado por medio de la información, la capacitación, los servicios de soporte. En los

apéndices incluidos al final del documento se especifican los materiales de construcción, las normas aplicables, la nomenclatura utilizada y algunos aspectos generales de los sistemas.

PRIMERA PARTE

ASPECTOS TECNICOS

PRIMERA PARTE

ASPECTOS TECNICOS

1. CARACTERISTICAS Y CONDICIONES GENERALES

1.1. Componentes del sistema

El sistema FV al que se refiere esta especificación está integrado por los siguientes componentes principales: *Un módulo fotovoltaico, una batería, un controlador de carga, varias lámparas,* y los cables y accesorios necesarios para la instalación. En la figura 1 se muestra un diagrama esquemático del sistema.

En condiciones normales, el sistema opera de la siguiente forma: El módulo convierte en electricidad (corriente directa) la luz solar que recibe durante el día. La electricidad así producida es almacenada en la batería para ser utilizada en el momento en que se requiera inclusive durante la noche. Una o varias lámparas toman la electricidad almacenada y la convierten en iluminación, de acuerdo con la demanda del usuario. La electricidad que el módulo envía a la batería, y la que ésta proporciona a las lámparas se hace pasar por el controlador de carga cuya función es proteger a los otros elementos del sistema contra cargas o descargas excesivas, altas corrientes y bajos voltajes, además de proveer la señalización del estado del sistema y concentrar el cableado del mismo.

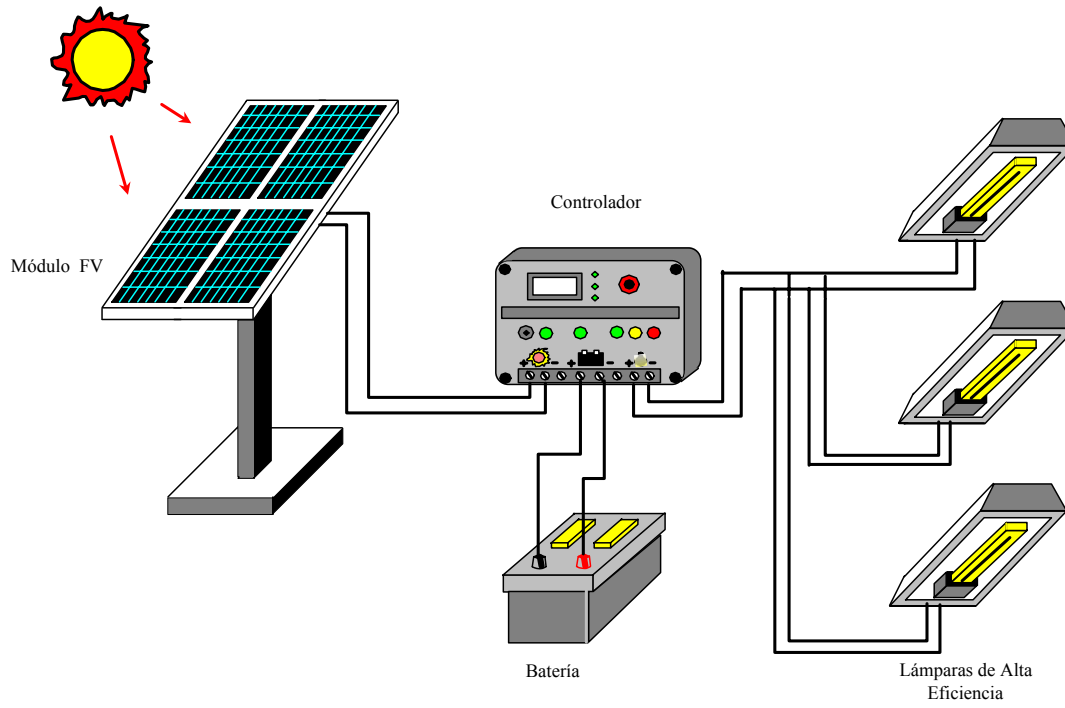


Fig. 1 Diagrama esquemático del sistema fotovoltaico de Iluminación rural

1.2. Condiciones de diseño

El sistema debe estar diseñado para ser capaz de soportar **la acción del medio ambiente local**, y debe ser **seguro, confiable, de operación automática** (excepto en lo que se refiere al encendido/apagado de las lámparas) y de **mantenimiento simple**.

El sistema debe estar diseñado para ser además compatible con las características del recurso solar disponible y la naturaleza intermitente de la carga. Su potencia debe ser suficiente para **suministrar no menos de 13 Ampere-hora (Ah) por día** a la carga de iluminación que se pretende satisfacer, y debe proporcionar energía bajo este mismo régimen de carga por lo menos **cuatro días consecutivos de cero insolación** (nublados cerrados con radiación difusa menor del 5% del total)¹.

El sistema debe poder proporcionar el servicio de iluminación para el que fue diseñado, por un período de aproximadamente 20 años. Algunos de sus elementos, como las **lámparas, balastros electrónicos, controlador de carga** y la batería tienen vidas útiles más cortas, por lo que deben ser fácilmente reemplazables.

Todas las interfaces entre los elementos que componen el sistema deben estar construidas para asegurar una operación eficiente y confiable del mismo durante toda su vida útil.

Los sistemas deben estar concebidos e integrados para operar prácticamente sin asistencia técnica en lugares de difícil acceso, por lo que deben ser altamente confiables.

1.3. Descripción General de los Componentes

1.3.1. Módulo Fotovoltaico

El *módulo FV* es un conjunto de celdas solares interconectadas entre sí. Su función es generar electricidad en corriente directa bajo la luz solar no concentrada. Tiene geometría rectangular plana, y está protegido contra la acción del medio ambiente por una envolvente exterior de distintos materiales. Cuenta con terminales de conexión externa para entregar la corriente que produce.

1.3.2. Batería

La *batería* es un dispositivo que tiene como función almacenar en forma electroquímica la electricidad producida por el módulo FV, y proporcionarla a las lámparas de alumbrado según la demanda.

Existen varios tipos de baterías que pueden servir para este propósito. Las más comúnmente utilizadas en los sistemas fotovoltaicos para iluminación autónoma son las **baterías de plomo-ácido**. El voltaje de la batería determina el voltaje del sistema.

1.3.3. Controlador de Carga

Es un dispositivo electrónico que tiene la función de proteger a la batería contra posibles sobrecargas causadas por excesos de corriente provenientes del módulo fotovoltaico.

También sirve para evitar la corriente que puede llegar a fluir de la batería hacia el módulo FV en periodos sin sol. De igual manera evita que la batería opere durante estados de carga bajos con voltajes por debajo de lo permitido, protegiendo tanto a la batería como a las lámparas. Este dispositivo centraliza el cableado del sistema, contando para ello con terminales apropiadas donde se alojarán los cables de diferentes calibres que se manejan en el sistemas, además de proporcionar información al usuario respecto del estado operativo que guarda el sistema

Existen dos métodos básicos utilizados para la carga de baterías en sistemas FV. El primero es el denominado on/off donde el controlador actúa como un interruptor de la corriente del módulo hacia la batería, y de la batería hacia la carga. Cuando el voltaje en batería alcanza el voltaje de regulación o voltaje de terminación de carga (VR) la corriente del módulo es interrumpida. Una vez que el voltaje en la batería disminuye al voltaje denominado de reconexión del modulo (VRR), el cual se encuentra ligeramente por debajo del VR, el modulo FV es reconectado y la corriente de éste vuelve a fluir hacia la batería.

El otro método es el denominado carga a voltaje constante donde el controlador regula la cantidad de corriente que se suministra a la batería de tal manera que ésta es mantenida en su punto de voltaje de regulación (VR). Esta práctica garantiza que la corriente que fluye hacia la batería no va mas allá de la corriente que la batería es capaz de aceptar. Esta característica tiende a hacer el diseño de los controladores de este tipo mas complejo. Por sus características este tipo de controladores requieren de un diseño térmico especial, dado que parte de la corriente generada por el módulo FV tiene que ser disipada en forma de calor en el controlador cuando la batería esta alcanzando el 100% de estado de carga. De este tipo de controladores existen algunas variantes que lo pueden hacer mas complicado. Una de estas es la posibilidad de proporcionar cargas de "nivelación" para uniformizar el estado de carga de las celdas que componen la batería, después de un determinado tiempo.

1.3.4. Lámparas

Estas convierten la electricidad producida por el módulo fotovoltaico, proveniente de la batería, en luz artificial.

El sistema fotovoltaico a que se refiere esta especificación incluye como carga máxima **cuatro** lámparas fluorescentes de las denominadas **de alta eficiencia tipo PL** de 13 Watts de potencia cada una, o un número equivalente de lámparas del mismo tipo con potencias individuales menores. Por lo general operan con corriente directa (CD) de 12 V. Cuentan con balastos electrónicos cuya función es elevar el voltaje y producir altas frecuencias a fin de eficientar la operación de las mismas.

1.3.5. Cables

Son los conductores eléctricos cuyo propósito es permitir el flujo de electricidad (CD) entre los distintos elementos del sistema, según el modo de operación.

Existen tres circuitos principales en un sistema fotovoltaico de iluminación rural (ver figura 1): a) del módulo fotovoltaico al controlador de carga; b) del controlador de carga a la batería; y c) del controlador de carga a las lámparas. El calibre de los conductores depende principalmente del circuito en que éstos se encuentren. Su longitud depende de la ubicación de los distintos elementos del sistema en la vivienda, siempre y cuando no sean excedidos los límites permitidos en la caída de voltaje que se especifica más adelante. Su construcción depende del medio ambiente al que será sometido y del tipo de instalación que se usará en su tendido.

1.3.6. Accesorios

El sistema fotovoltaico a que se refiere esta especificación típicamente incluye los siguientes accesorios: a) **soporte del módulo FV**; b) **soporte de batería**; c) **apagadores**; d) **contactos y adaptadores de voltaje** y e) **accesorios para instalación**.

1.3.6.a. Soporte del módulo. Sirve para posicionar de manera estable el módulo FV. Además, asegura la ventilación adecuada del módulo para disipar el calor que normalmente se produce bajo la acción de los rayos

solares. Esto es importante pues las celdas disminuyen su eficiencia al elevarse la temperatura y pueden llegar a fallar.

Usualmente los módulos FV se instalan sobre el techo de la casa por iluminar cuando la resistencia estructural de éste es adecuada. En caso contrario, por ejemplo con techos de teja, paja, cartón, etc., o cuando por razones de ubicación de la casa su techo no recibe suficiente sol, el módulo puede ser colocado en la parte superior de un poste a un lado de la casa.

En cualquier caso, el soporte es una estructura metálica ligera, rígida y de geometría adecuada para dar al módulo FV la orientación y el ángulo de inclinación (fijo) necesarios, a fin de asegurar la máxima captación de luz solar durante el año.

1.3.6.b. Gabinete de la batería. La batería requiere de un soporte que, por un lado, ayude a garantizar la seguridad del usuario y, por el otro, proteja a la propia batería contra golpes o cualquier otra actividad que pudiera dañarla accidental o intencionalmente. Por lo general estos soportes son de metal con forros de neopreno, aunque también pueden ser de plástico u otros materiales similares. El diseño del soporte debe ser tal que se asegure una adecuada ventilación de la batería, fácil acceso para mantenimiento y reemplazo, y una mínima corriente de fuga.

1.3.6.c. Apagadores. Son interruptores de paso del tipo encendido/apagado, cuya función es operar cada lámpara en forma independiente y a voluntad del usuario. Usualmente se utilizan interruptores de balancín de un tiro y un polo.

1.3.6.d. Contactos. Cuando se instalen contactos en un sistema FV de iluminación rural, éstos deben ser del tipo jack (encendedor automotriz). o de algún otro tipo que aseguren una adecuada operación. El tipo de contactos utilizados en instalaciones de corriente alterna, por ningún motivo y bajo ninguna circunstancia podrán ser instalados en sistemas FV de iluminación rural

1.3.6.d. Adaptadores de voltaje. Estos dispositivos deberán proporcionar los siguientes voltajes: 4.5, 6, 9, y 12 VCD. que son los voltajes mas comunes para la operación de radios, grabadoras, TV B/N que utilizan en forma directa corriente directa. Su operación deberá ser confiable de tal manera que los riegos de daño tanto de las aparatos conectados como de los usuarios sean mínimos.

1.3.6.e. Accesorios para instalación. La instalación del sistema también requiere usualmente de pijas, tornillos, grapas, clavos, etc., para fijar los distintos elementos del sistema a sus bases y soportes. Estos deben ser adecuados al tipo de material sobre el que se han de instalar.

Los materiales con que deben ser construidos los diferentes componentes del sistema FV para iluminación rural se especifican en el apéndice A

1.4. Requisitos de fabricación

1.4.1. Módulo fotovoltaico

Los módulos FV que integran los sistemas de iluminación rural a que se refiere esta especificación deben estar construidos y probados de acuerdo a lo que se estipula en los siguientes documentos: UL 1703, SERI/TR-213-3624, ANSI/IEEE Std. 928-1986, , IEC 61215 y para módulos de silicio amorfo deberán estar certificados de acuerdo a los documentos SERI-TR-213-3624 ó IEC-61646. (referencias completas en el apéndice C)

La oferta de módulos de silicio amorfo para uso en programas de electrificación deberá estar respaldada con garantías por escrito y por un plazo no menor de diez años sobre las características optoelectricas del módulo.

Para propósitos de adquisición de módulos FV por parte del Sector Público, se aplicará lo siguiente:

- Tener el registro NOM de SECOFI.

- Los módulos deben ser unidades nuevas del tipo plano y no autorregulable. Deben **estar completamente ensamblados** desde el momento en que se reciben, y deben tener potencias nominales dentro de lo que se establece en el punto 3.1 de esta especificación;
- Los módulos deben estar **libres de daños** apreciables a simple vista, incluyendo cubiertas rotas, empaques despegados, marcos golpeados, humedad entre cubiertas, celdas quebradas, conductores desoldados, y otros que puedan indicar mal estado o reducir la vida útil del módulo;
- Ninguna parte del módulo, incluyendo tuercas y tornillos, debe estar destinada a asegurar el dispositivo completo al soporte estructural o a su base;
- El chasis o marco perimetral debe tener facilidades para poder ser aterrizado eléctricamente;
- La unión del módulo con el soporte estructural en la instalación no debe requerir ninguna alteración de la estructura envolvente del módulo;
- La construcción del módulo debe ser tal, que durante la instalación no sea necesario alterar o remover ninguna cubierta, baffle, aislamiento, o protección que se requiera para reducir la posibilidad de: (1) temperaturas excesivas, ó (2) contacto no intencional con una parte que pueda involucrar el riesgo de choque eléctrico. Esto excluye la caja de conexiones cuya tapa puede ser temporalmente removida para hacer las conexiones eléctricas;
- Las partes que integran el módulo deben estar aseguradas para que no se aflojen o giren, si tal aflojamiento o giro puede resultar en un riesgo de incendio, choque eléctrico, o daño a las personas;
- El módulo debe ser capaz de conservar sus características fotoeléctricas, mecánicas y termofísicas por un período de tiempo **no menor de 20 años**. Esto debe estar avalado por los resultados de las pruebas de control de calidad y envejecimiento acelerado en fábrica, o bien mediante certificaciones de agencias u organismos competentes en los países de origen de los módulos (por el organismo que CFE designe en México, UL en Estados Unidos, ISPRa en los países Europeos, etc.).

1.4.2. Baterías

Para todo lo relacionado con baterías, consultar el documento Especificación Técnica de Baterías Electroquímicas de Aplicación en Electrificación Rural (Edición revisada, Marzo 1998)

1.4.3. Controlador de carga

Este dispositivo debe estar construido de acuerdo a lo que se estipula en las normas generales para equipo eléctrico y electrónico.

Para adquisición por parte del Sector Público, los controladores de carga integrados a los sistemas FV referidos en esta especificación, deben tener las siguientes características:

- Tener el registro NOM de SECOFI.
- Ser capaz de manejar una corriente de módulo igual o mayor a 10 A y una corriente a carga de **10 A** como mínimo;
- Estar **protegido contra polaridad invertida**;
- **Contar con un fusible** de capacidad adecuada para proteger al sistema contra descargas excesivas;
- Contar con **indicadores de interrupción de energía y advertencia de bajo voltaje de batería**. Este último deberá operar únicamente cuando el usuario requiera conocer este parámetro
- El máximo **consumo interno de corriente** por el controlador bajo las condiciones más adversas de operación, i.e. el módulo FV generando, la carga conectada y el indicador de voltaje operando, debe ser como **máximo de 10 mA**

- Contar con **medios de protección contra voltajes inducidos** por descargas eléctricas atmosféricas . Estos medios pueden estar constituidos por varistores colocados entre las terminales positiva y negativa del controlador a las que se conecta el modulo FV y entre las terminales positiva y negativa donde se conecta la carga.
- Contar con **medios de protección** para evitar daños al propio controlador cuando la batería sea retirada del sistema por cualquier causa
- Contar con **medios de protección** para evitar daños a las cargas cuando por alguna razón la batería sea retirada del sistema. La función de estos medios puede darse limitando a 1.3 veces el voltaje de salida del controlador, o bien interrumpiendo completamente la corriente de salida
- Ser capaz de **operar adecuadamente** en el rango de temperaturas de -10 a 60 C, y con humedades relativas por arriba del 90% en el medio ambiente
- El dispositivo debe **operar únicamente en el modo automático** y debe contar con funciones para evitar que la alimentación a la carga pueda ser establecida manualmente cuando el estado de carga de la batería haya disminuido hasta el 50% de su capacidad restablecida manualmente después de una descarga de hasta el 50% de la capacidad de almacenamiento de la batería
- El controlador de carga debe **contar con un dispositivo de compensación de voltaje por temperatura** cuando forme parte de un sistema que utilice baterías selladas, es obligatorio dado que estas baterías son susceptibles de dañarse prematuramente por efectos de sobrecarga. Este requerimiento no aplica para sistemas con baterías plomo-ácido abiertas
- Si se utiliza un controlador compensado por temperatura, el sensor de temperatura debe ser montable directamente en la batería y por lo tanto debe ser capaz de resistir ambientes corrosivos. Es posible realizar la compensación por temperatura directamente en el controlador por medios electrónicos, debiéndose tener especial cuidado en controladores tipo shunt dado que existe la posibilidad de que se genere una gran cantidad de calor lo cual puede afectar la operación del dispositivo compensador de temperatura
- El factor de corrección por temperatura deberá ser de -30mV/°C
- La exactitud del sensor de temperatura debe ser de entre 2 y 3 °C
- Realizar confiablemente las funciones de desconexión y reconexión de módulo y carga en el rango de valores indicado a continuación:

<i>Rango de Función</i>	<i>Rango de Voltaje (V)</i>
<i>Desconexión de módulo</i>	<i>13.80 - 14.40</i>
<i>Reconexión de módulo</i>	<i>12.60 - 13.50</i>
<i>Desconexión de carga</i>	<i>11.45 - 11.90</i>
<i>Reconexión de carga</i>	<i>13.20 - 13.60</i>

El dispositivo debe estar contenido en un **gabinete hermético** para protegerlo del polvo y la humedad, y una vez hecha la instalación la posibilidad de que el usuario pueda tener acceso a las partes operativas y a las conexiones de los circuitos debe quedar totalmente eliminada. Los circuitos electrónicos deben estar accesibles para que personal autorizado pueda llevar a cabo reparaciones.

1.4.4. Lámparas

Las lámparas deben estar construidas de acuerdo a lo que se estipula en los siguientes documentos: NOM-J-325-1978, NOM-J- 258-1976, NOM-J-280-1977 de la SECOFI (referencias completas en el apéndice C).

Con propósitos de adquisición por parte del Sector Público, las lámparas integradas a los sistemas FV de iluminación rural a los que se refiere esta especificación, deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- Ser del tipo **compacto fluorescente**, de las denominadas tipo PL.
- Tener un **flujo luminoso** individual igual o mayor a 600 lúmenes;
- Tener potencias individuales nominales **no mayores de 13 W** (El sistema FV podrá incluir varias lámparas de distintas potencias con *13W* como máximo, siempre y cuando la potencia agregada de todas ellas no sea mayor de 60 W. En cualquier caso, el consumo eléctrico estará limitado a 13 A-h por día como mínimo);
- Tener **eficiencias lumínicas** totales (balastro/lámpara) mayores de 45 lúmenes por watt;
- Incluir tubos lámparas fluorescentes de alta eficiencia con vida útil mayor a las 9000 horas. Lo anterior debe ser válido con el tipo de balastro que incluye la lámpara;
- Deben proveerse con los medios adecuados para su fijación;
- Incluir **balastos electrónicos** que cumplan con lo siguiente:
 - ⇒ Ser de encendido confiable y capaz de suministrar potencia en forma óptima para el tubo fluorescente, en los rangos adecuados de temperatura y potencia;
 - ⇒ Tener dispositivos para apagarse automáticamente en caso de que la ignición del tubo falle;
 - ⇒ Tener dispositivos de protección contra polaridad invertida;
 - ⇒ Tener dispositivos de protección contra sobrevoltaje;
 - ⇒ El balastro debe contar con dispositivos de protección para evitarle daños si la lámpara es retirada con el interruptor del circuito correspondiente cerrado; o bien operar sin lámpara
 - ⇒ No generar interferencias en receptores de radio y televisión;
 - ⇒ Proporcionar corriente con perfil de forma simétrica, sin componentes de corriente directa para el rango de 11 a 12.5 volts y con una temperatura ambiente de 25 °C.
 - ⇒ Proporcionar corriente con un factor de cresta no mayor de 1.7 para el rango de 11 a 12.5 volts y con una temperatura ambiente de 25 °C
 - ⇒ Incluir la función de precalentamiento de los electrodos de la lámpara para asegurar el mayor tiempo de vida útil del tubo fluorescente;
 - ⇒ Ajustarse a los valores nominales para la corriente, y operar correctamente en el rango de voltajes de alimentación (11.5 a 15 volts);

1.4.5. Cables

Los cables y alambres utilizados en los sistemas FV de iluminación rural deben estar fabricados de acuerdo con las normas nacionales correspondientes. Además, para propósitos de adquisición por parte del Sector Público, se deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- Los conductores deben ser de **cobre**;

- En ningún caso se debe utilizar conductor con calibre menor al No. 12 AWG (American Wire Gauge) en el circuito general de distribución. Para el caso de ramales a lámparas individuales con trayectorias no mayores de 10 m, se permite usar cable calibre 14 AWG. En cualquier caso el calibre del conductor por utilizar debe ser tal que: a) **la caída máxima de tensión entre el módulo y la batería no exceda al 3 %**; b) **entre la batería y el controlador la caída máxima de tensión no exceda al 1 %**; y c) **entre la batería y la carga la caída máxima de tensión no exceda al 5 %**. **Todas las caídas de voltaje consideradas en la condición de corriente máxima. (modulo FV generando y todas las lámparas encendidas);**
- Para la conexión del módulo al controlador de carga se debe usar conductor sencillo tipo RHW, con capacidad para **manejar cuando menos el 125 por ciento de la corriente nominal** de corto circuito del modulo FV. Esto generalmente implica conductores del No. 10 AWG o mayores, dependiendo de la distancia entre el módulo y el controlador;
- Las conexiones entre los otros componentes del sistema deben hacerse con conductor sencillo tipo THW, o conductor duplex tipo TWD de calibre similar, y **con polaridad identificada**
- Si el cableado va expuesto deberá **fijarse éste con los medios adecuados al tipo de material utilizado en la construcción de la vivienda**. Los puntos de sujeción deberán ubicarse aproximadamente cada 25 centímetros. El cableado deberá quedar fuera del alcance de niños pequeños.
- Se recomienda la **utilización de fusibles para cada circuito derivado**. En su caso, los fusibles deberán ser instalados en el conductor positivo. La capacidad del fusible no deberá exceder del 125 % de la corriente máxima que maneje el circuito.
- El calibre del conductor entre la batería y el controlador de carga **no debe ser menor del No. 10 AWG**;
- Para calcular el área de conductor a utilizar en un sistema FV que opera a un voltaje nominal de 12 volts, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$A \text{ (mm}^2\text{)} = 0.31 \text{ (m)} I_M \text{ (A)} / \Delta V \text{ (\%)}$$

Donde A es la sección mínima del conductor en milímetros, l la longitud en metros, I_M la corriente máxima que fluirá por el conductor y V la pérdida de voltaje permisible de acuerdo con lo establecido en el párrafo anterior

- Si el cableado va expuesto deberá fijarse éste con los medios adecuados al tipo de material utilizado en la construcción de la vivienda. **Los puntos de sujeción deberán ubicarse aproximadamente cada 25 centímetros**. El cableado deberá quedar fuera del alcance de niños pequeños.
- Se recomienda la **utilización de fusibles para cada circuito derivado**. En su caso, los fusibles deberán ser instalados en el conductor positivo. La capacidad del fusible no deberá exceder del 125 % de la corriente máxima que maneje el circuito.
- En toda la instalación los conductores utilizados deben tener la polaridad claramente identificada; en caso de utilizar el color de los forros para este propósito, **el conductor positivo debe estar identificado con el color rojo y el negativo con el color negro**

Código de colores a utilizar en conductores

Conductor positivo	color rojo
Conductor negativo	color negro

Los aspectos generales tales como ensambles y acabados, materiales poliméricos, conductores, alambrado, medios de conexión, tierras, espaciamentos, resistencia a la corrosión etc., de los sistemas FV de iluminación rural se especifican en el apéndice B.

2. CONDICIONES DE OPERACION

En operación normal, los sistemas estarán expuestos, por un lado, a la acción del medio ambiente físico local, incluyendo el clima, la acción del polvo, la humedad, etc., y, por el otro, estarán inmersos en un ambiente sociocultural pobre, en el que la mayoría de las veces los usuarios no están acostumbrados a manejar dispositivos de alta tecnología. Además, los sistemas estarán operando en regiones donde el acceso a partes de repuesto y servicios de mantenimiento es muy limitado, o prácticamente nulo. En consecuencia, el sistema debe ser altamente confiable, tanto en lo que se refiere a la operación de cada uno de sus elementos, como en lo relativo al cumplimiento de su función como sistema para proporcionar iluminación al usuario.

Con este propósito, todos los elementos del sistema FV a que se refiere esta especificación, incluyendo la instalación, deben estar diseñados y construidos para operar en forma eficiente, confiable y por tiempos de vida largos, en la variedad de climas y regiones geográficas que presenta la República Mexicana.

Las condiciones extremas de referencia se enumeran a continuación:

	Máximo	Mínimo
<i>Temperatura Ambiente (°C)</i>	60	-10
<i>Días despejados por año</i>	310	160
<i>Precipitación pluvial (mm)</i>	4,700	50
<i>Humedad relativa (%)</i>	90	10

Los sistemas FV deberán también **soportar la acción de ambientes marinos** cuando estén destinados a comunidades costeras.

La base del módulo fotovoltaico, incluyendo el poste, la plataforma de montaje y el soporte metálico, debe ser capaz de **soportar vientos hasta de 100 km/h** sin sufrir daño estructural. También debe soportar la acción del medio ambiente durante la vida del sistema sin que su resistencia mecánica se vea afectada.

El sistema debe ser capaz de **proporcionar al menos 160 watt-hora de energía eléctrica** a la carga diaria de iluminación, bajo condiciones normales de operación.

El sistema debe ser capaz de **satisfacer la carga de iluminación por períodos hasta de cuatro días consecutivos sin sol** en eventos esporádicos (frecuencias no mayores de uno por mes).

Las **caídas de voltaje en el cableado** del sistema no deben exceder al 5% desde la fuente hasta la carga, o al 3% en cualquiera de sus circuitos.

El sistema debe ser capaz de soportar una operación aleatoria de secuencias encendido/apagado de las distintas lámparas de acuerdo a las necesidades particulares de los usuarios. Las condiciones extremas de operación contempladas son: todas las lámparas permanecen encendidas durante 3 horas por día en cinco días consecutivos sin sol, y todas las lámparas permanecen apagadas durante las 24 horas un número indeterminado de días seriadados.

El sistema debe ser capaz de **operar de manera automática**, excepto en lo que se refiere al encendido/apagado de las lámparas.

La instalación del sistema debe ser hecha siguiendo las mejores prácticas para asegurar la funcionalidad del sistema por un período cercano a 20 años.

3. MARCADO

Todas las marcas a que se refiere esta sección deben conformarse a lo establecido en los documentos UL 969 e IEC 1215. (referencia completa en el apéndice C)

3.1. Módulos

Los módulos deben estar marcados con identificación de terminales o conductores eléctricos en cuanto a su polaridad, la clasificación del dispositivo de sobrecorriente máxima para protección del módulo, y con rangos de: (1) voltaje de circuito abierto, (2) voltaje de funcionamiento, (3) voltaje máximo permisible del sistema, (4) corriente de operación al voltaje especificado de funcionamiento, (5) corriente de corto circuito, (6) potencia máxima y (7) potencia mínima.

Los alambres terminales, conectores o cualquier medio de conexión para la salida de corriente de un módulo, deben estar identificados con uno de los siguientes tipos de marcado:

"+"	y	"-" o
"POS"	y	"NEG" o
"POSITIVO"	y	"NEGATIVO"

Cerca de los puntos de conexión, el módulo debe tener una indicación clara y fácilmente visible acerca del tipo de alambre que debe utilizarse para su instalación en el campo.

Cada módulo debe tener una marca simple, legible y permanente que debe incluir: (1) el nombre del fabricante, la marca comercial, u otra marca descriptiva mediante la cual sea posible identificar a la organización responsable del producto; (2) el número del modelo o su equivalente; (3) la clasificación eléctrica que incluye los valores de los siete parámetros indicados en el primer párrafo de esta sección; y (4) la fecha y lugar de manufactura.

El chasis del módulo debe tener una indicación clara en el punto destinado para conexión a tierra. La palabra **TIERRA** puede usarse con este propósito, o bien el símbolo correspondiente internacionalmente aceptado.

3.2. Baterías

Véase el documento Especificación Técnica de Baterías Electroquímicas de Aplicación en Electrificación Rural (Edición revisada marzo 1998)

3.3. Controlador de Carga

Todo dispositivo para el control automático de la operación del sistema FV debe tener una marca simple, legible y permanente que debe incluir: (1) el nombre del fabricante, la marca comercial, u otra marca descriptiva mediante la cual sea posible identificar a la organización responsable del producto; (2) el número de modelo o su equivalente; (3) el tipo de control que efectúa; (4) los valores extremos de los parámetros de control utilizados; y (5) la corriente y voltaje de operación.

Las terminales para conexión con los otros elementos del sistema deben estar claramente identificados, según el circuito a que correspondan, con las siguientes marcas:

"Módulo Fotovoltaico"	o
"Mod. F.V. "	o
"Batería" o "Bat"	y
"Carga"	

Los polos de estas terminales deben estar claramente identificados con uno de los siguientes tipos de marcado:

"+"	y	"-"	o
"POS"	y	"NEG"	o
"POSITIVO"	y	"NEGATIVO"	

Los medios de protección contra cargas excesivas en el sistema deben estar claramente identificados en cuanto a: (1) su tipo; (2) la corriente máxima permisible.

Todos los indicadores con que cuente el dispositivo deben estar claramente identificados de acuerdo con la función que desempeñan.

Componentes del sistema tales como: el módulo, la batería y el controlador de carga deben estar etiquetados con su registro NOM.

3.4. Sistema General

Al momento de la instalación el contratista debe colocar en un lugar accesible del sistema una etiqueta donde indique en forma clara la fecha de su instalación. La etiqueta debe contar con espacio suficiente para anotar posteriormente las fechas en que se inspeccione el sistema. Se recomienda el uso del chasis del controlador de carga para este propósito

4. EMPAQUE

Los empaques deben conformarse a las prácticas comerciales vigentes (Standard Practice for Commercial Packaing, ASTM D3951-88) y a lo estipulado en la especificación CFE L0000-11, "Empaque, Embarque, Recepción, Manejo y Almacenamiento de Bienes Adquiridos por CFE"

SEGUNDA PARTE

SERVICIOS E INFORMACION REQUERIDOS

SEGUNDA PARTE

SERVICIOS E INFORMACION REQUERIDOS

1. INFORMACION QUE DEBE ENTREGAR EL PROVEEDOR CON SU OFERTA

El proveedor debe ofrecer **sistemas FV completos**, incluyendo además capacitación al usuario para el buen manejo y mantenimiento de los sistemas, capacitación de algún técnico de la comunidad y servicio post-venta.

1.1. Datos Técnicos

El proveedor debe proporcionar para cada elemento del sistema la información que a continuación se indica:

1.1.1. Módulo Fotovoltaico

El proveedor debe entregar un paquete de información del módulo fotovoltaico que contenga al menos la siguiente:

- ⇒ Marca y/o nombre del fabricante.
- ⇒ Número de modelo.
- ⇒ Capacidad (W) a condiciones estándar y a NOCT (Temperatura Nominal de Operación de la Celda)
- ⇒ Tipo de material del que están hechas las celdas FV.
- ⇒ La eficiencia nominal de operación del módulo en relación al punto de potencia máxima y al voltaje de la batería.
- ⇒ La corriente de régimen del módulo.
- ⇒ Amperes-hora de carga versus watt-hora de carga. (Rendimiento de conversión).
- ⇒ La curva I-V característica, determinada en condiciones de 1 kW/m^2 de iluminación, a una masa de aire (AM) de 1.5 y una temperatura de 25 C. La curva debe mostrar claramente los valores de corriente de

- corto circuito y en el punto de potencia máxima, así como el voltaje de circuito abierto y en el punto de potencia máxima.
- ⇒ Las características de construcción del módulo, incluyendo tipo y características de los materiales utilizados y la técnica empleada para protección contra los efectos del medio ambiente.
 - ⇒ Requerimientos de instalación.
 - ⇒ Requerimientos de mantenimiento.
 - ⇒ Tiempo de vida útil esperado.
- ⇒ Copia del certificado de pruebas de calificación más recientes emitido por una institución calificada, a juicio de la CFE, y copia del registro NOM.

1.1.2. Controladores

El proveedor debe entregar un paquete de información del controlador de carga que contenga al menos la siguiente:

- ⇒ Marca y/o nombre del fabricante.
- ⇒ Número de modelo.
- ⇒ Tipo. (serie, derivado, on/off, corriente constante, voltaje constante)
- ⇒ Voltaje nominal.
- ⇒ Corriente máxima de módulos.
- ⇒ Corriente máxima a la carga
- ⇒ Puntos de control ajustables para desconexión de alto y bajo voltaje (indicar si existen o no).
- ⇒ Valores de corte y reconexión en alto y bajo voltaje.
- ⇒ Alarma de bajo voltaje (tipo y características).
- ⇒ Protección contra corriente en sentido inverso (tipo y características).
- ⇒ Características de funcionamiento en el punto de potencia máxima.
- ⇒ Instrumentos medidores de voltaje (tipo y características).
- ⇒ Tipo y régimen de amperaje de la protección contra sobrecorriente.
- ⇒ Tipo y características del gabinete, incluyendo materiales y acabados, y la protección contra los efectos del ambiente.
- ⇒ Requerimientos de instalación.
- ⇒ Requerimientos de mantenimiento.
- ⇒ Tiempo de vida útil estimado y su factor de reducción de capacidad.
- ⇒ Copia del certificado de pruebas de calificación más recientes emitido por una institución calificada, a juicio de la CFE, y copia del registro NOM.

1.1.3. Baterías

Véase el documento Especificación Técnica de Baterías Electroquímicas de Aplicación en Electrificación Rural (Edición Revisada 1998)

1.1.4. Lámparas

El proveedor debe entregar un paquete de información sobre las lámparas que utilizará en la integración del sistema fotovoltaico, conteniendo al menos la siguiente:

- ⇒ Tipo.
- ⇒ Marca o nombre del fabricante.
- ⇒ Número de modelo.
- ⇒ Potencia (W).
- ⇒ Luminosidad (lúmenes).
- ⇒ Voltaje de operación (V).
- ⇒ Consumo de corriente a 12 V C.D.
- ⇒ Tipo y características del balastro.

- ⇒ Dispositivo para apagado automático en caso de que el tubo no encienda (indicar si existe o no, y en su caso el tipo y características).
- ⇒ Protección contra polaridad invertida y sobrevoltaje (indicar si existe o no, y en su caso el tipo y características).
- ⇒ Supresión de interferencias por ondas de radio (indicar si existe o no, y en su caso el tipo y características).
- ⇒ Forma de perfil y factor de cresta de la corriente entregada a la lámpara.
- ⇒ Precalentamiento de electrodos al encendido. (Indicar si existe o no).
- ⇒ Voltaje (V) y frecuencia (Hz) de la corriente entregada para la operación de la lámpara.
- ⇒ Voltaje de arranque de la lámpara.
- ⇒ Material y tipo de acabado de la interconexión.
- ⇒ Requerimientos de instalación.
- ⇒ Requerimientos de mantenimiento.
- ⇒ Tiempo de vida útil estimado de las distintas partes de la lámpara.
- ⇒ Copia del certificado de pruebas de calificación más recientes emitido por una institución calificada, a juicio de CFE, y copia del registro NOM.

1.1.5. Cables

El proveedor proporcionará información sobre los cables que utilizará en la interconexión de los distintos elementos del sistema, incluyendo al menos la siguiente:

- ⇒ Tipo del conductor y calibres para los distintos circuitos.
- ⇒ Longitudes máximas recomendadas en cada circuito para garantizar las caídas de voltaje permisibles según esta especificación.
- ⇒ Tipo de forros de los cables para cada circuito, y sus características de inflamabilidad y resistencia a la radiación solar, a la humedad, a la formación de hongos, al calor y a la combustión lenta.
- ⇒ Requerimientos de instalación.
- ⇒ Requerimientos de mantenimiento.
- ⇒ Tiempo de vida útil estimado.

1.1.6. Accesorios

El proveedor proporcionará información relativa a los distintos accesorios que complementarán el sistema FV, incluyendo al menos la siguiente:

- ⇒ Requerimientos de instalación.
- ⇒ Requerimientos de mantenimiento.
- ⇒ Tiempo de vida útil estimado.

1.1.6.a. Soporte del módulo fotovoltaico.

- ⇒ Material de fabricación, calibre, dimensiones básicas y acabados.
- ⇒ Tipo y geometría.
- ⇒ Angulo de inclinación que proporciona.

1.1.6.b. Apagadores.

- ⇒ Tipo.
- ⇒ Marca o nombre del fabricante.
- ⇒ Materiales de construcción, sus características y sus acabados.

1.1.6.c. Cajas y Gabinetes.

- ⇒ Tipo.
- ⇒ Marca o nombre del fabricante.

- ⇒ Materiales de construcción, acabados y recubrimientos.
- ⇒ Geometría y dimensiones básicas.

1.2. Certificado de prueba

El proveedor debe entregar junto con su oferta un certificado de prueba del sistema total avalado por el organismo que la CFE designe.

1.3. Costo Desglosado y Forma de Pago

El proveedor debe entregar el costo de su oferta, desglosado en los siguientes rubros: a) Sistema FV; b) Instalación; c) Servicios de capacitación al usuario; y d) Servicios post-venta.

El proveedor debe además especificar las condiciones en que requiere le sean pagadas las facturas.

1.4. Garantías

El proveedor debe entregar junto con su oferta las siguientes garantías:

- ⇒ Certificado de que el sistema que ofrece y los elementos que lo integran cumplen con esta especificación. Este certificado debe estar avalado por el organismo que la CFE designe.
- ⇒ Certificado de garantía para cada uno de los principales elementos del sistema, en el cual se establezca:
 - a) El tiempo de vida útil durante el cual se garantiza la operación eficiente y confiable de los elementos del sistema, y el rango aceptable de variación de los principales parámetros de operación de cada elemento; y
 - b) El tipo de garantía que se ofrece (reemplazo, reparación, etc.), y plazo de tiempo dentro del cual se debe cumplir con ella una vez reportada la falla.
- ⇒ Carta-compromiso para el establecimiento de servicios técnicos para reparación y mantenimiento de los sistemas y suministro de partes de repuesto, dentro de un radio de 25 km del sitio donde los sistemas serán instalados. **Requerimiento mandatorio**

- ⇒ Antecedentes y experiencia de su empresa en el campo de la electrificación rural con sistemas FV. Las empresas sin antecedente en este campo deben proporcionar prueba fehaciente de su relación comercial con las empresas que le suministran las partes y componentes de los sistemas, y de su propia infraestructura operativa.

2. DOCUMENTACION QUE EL PROVEEDOR DEBE ENTREGAR CON LOS EQUIPOS

Una vez colocada la orden de compra, el proveedor debe entregar la siguiente documentación:

- Instructivo aprobado por CFE para instalación, conexión, pruebas y operación del sistema, dirigido a personal técnico.
- Instructivo aprobado por CFE para el diagnóstico y solución de problemas en el sistema, dirigido a personal técnico.
- Descripción clara de los servicios que proporciona el sistema fotovoltaico y sus limitaciones, dirigida al usuario final.
- Instructivo de operación, reemplazo de baterías y lámparas, diagnóstico de problemas simples e instrucciones sobre "qué hacer", dirigido al usuario final, aprobado por CFE.
- Garantías firmes por escrito a CFE y al usuario. Garantías firmes por escrito a CFE y al usuario final.
- Lista de distribuidores y prestadores de servicios técnicos en las cercanías del sitio de instalación. **Este último requerimiento deberá ser verificado y se establece como requisito para la aceptación de la obra**

3. SERVICIOS QUE DEBE PRESTAR EL PROVEEDOR

- A la entrega de los sistemas el proveedor debe realizar la instalación y prueba de los mismos en el sitio y tiempo que el organismo público comprador indique, dejándolos en correcto estado de operación a juicio del personal de CFE.
- El proveedor debe efectuar los servicios de mantenimiento necesarios y proporcionar las partes de repuesto incluidos en la garantía, dentro de los 12 días siguientes al reporte de problemas, a satisfacción del usuario final.
- El proveedor debe asegurar la disponibilidad de servicios de mantenimiento y partes de repuesto fuera de garantía, directamente o a través de los enlaces

para ello establecidos en las comunidades, dentro de un radio no mayor de 25 km del sitio de instalación.

- El proveedor debe realizar una visita al lugar donde se realizará el proyecto 45 días después de haber concluido la instalación de los equipos , para corregir los problemas que se hubieran presentado y hacer válidas las garantías de equipos fallidos

4. BASES BAJO LAS CUALES EL PROVEEDOR DEBE CAPACITAR A PERSONAL DEL SECTOR PUBLICO Y AL USUARIO FINAL

- El proveedor debe proporcionar capacitación sobre el funcionamiento, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas, a un grupo de ingenieros y técnicos del organismo público que efectúa la compra, o en su caso a personal de CFE asignado a la División en la que se hará la instalación, dentro del mes siguiente a la colocación del pedido.
- El proveedor dar capacitación directa al usuario final sobre los servicios que proporciona el sistema, sus limitaciones, el modo de operación normal, las actividades de reemplazo de baterías y lámparas, el diagnóstico de problemas simples e instrucciones sobre "qué hacer" para resolverlos. Esta capacitación debe darse en el momento de la instalación.
- El proveedor debe dar capacitación colectiva sobre los temas señalados en el punto anterior, una vez terminadas las instalaciones de los sistemas en la localidad y a satisfacción de los usuarios y de personal de CFE.

5. BASES Y FACTORES DE EVALUACION DE LOS SISTEMAS EN OPERACION

Periódicamente, personal de CFE realizará inspecciones de los sistemas instalados para asegurarse de la calidad de los siguientes servicios:

- Intensidad de la iluminación y número de horas de servicio.
- Recarga correcta de batería y estado de ésta.
- Funcionamiento adecuado del controlador.
- Estado general de la instalación.
- Operación correcta de los sistemas por los usuarios finales.
- Cumplimiento de las garantías ofrecidas por el proveedor.

- Grado de satisfacción del usuario con el sistema fotovoltaico
- Para la evaluación de los sistemas en campo y seguimiento de los proyectos deberá utilizarse la metodología establecida en el documento IIE/01/14/5522/1-01/F “Manual de Usuario de ESFER” (Evaluación de Sistemas Fotovoltaicos de Electrificación Rural), elaborado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas

En el caso de que a juicio de CFE el proveedor no se ajuste a los requerimientos de calidad y durabilidad definidos en esta especificación, o no cumpla con los compromisos de capacitación y servicios post-venta, se podrán aplicar las penalizaciones establecidas por ley.

A P E N D I C E S

APENDICE A

A Materiales de construcción

A.1. Módulo fotovoltaico

Está constituido por: a) las celdas fotovoltaicas propiamente dichas; y b) la estructura envolvente que las aísla del medio ambiente.

A.1.1. El material de las **celdas** es principalmente silicio. Este puede estar en forma monocristalina o policristalina o amorfa, según el tipo de celda. El uso de módulos de silicio amorfo en sistemas de iluminación rural, puede ser permitido bajo las condiciones establecidas en la sección **1.4.1.** de esta especificación.

Esta restricción puede eliminarse si el proveedor del sistema garantiza el desempeño del módulo por un período no menor de diez años y se compromete a corregir el fallo en el lugar mismo de instalación. Estableciendo también una potencia mínima de funcionamiento.

A.1.2. La **estructura envolvente** está constituida por una cubierta, un sustrato, materiales encapsulantes, empaques y marcos.

La **cubierta** es el material transparente que forma la superficie externa superior (expuesta a la luz) del módulo. Si soporta cargas, ésta constituye una cubierta estructural

El **sustrato** es el material que forma la superficie externa posterior del módulo. Si soporta cargas, éste constituye un sustrato estructural

La cubierta y el sustrato pueden ser vidrios, plásticos rígidos o flexibles, o una combinación de éstos, siempre y cuando satisfagan los requerimientos mecánicos, ópticos y de intemperismo impuestos por las normas correspondientes para la fabricación de módulos FV. Las características estructurales de estas cubiertas son en particular importantes, ya que la celda FV por sí misma es un elemento muy frágil

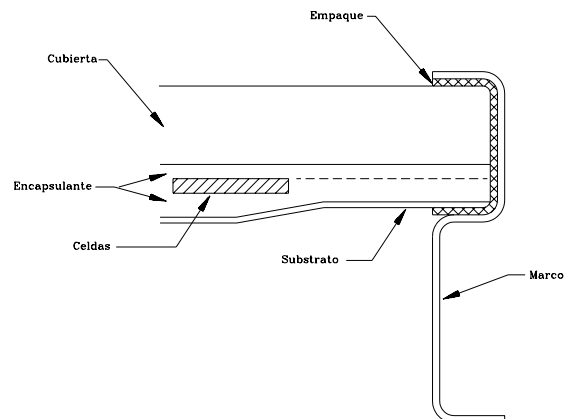


Figura 2. Corte del ensamble típico de un módulo fotovoltaico

El **material encapsulante** es un polímero químico transparente en el que se encuentran embebidas las celdas FV. Su propósito es evitar que elementos como la humedad, el oxígeno o el polvo, que hubieran podido atravesar la estructura envolvente hacia el interior del módulo, lleguen hasta la celda y la deterioren.

El arreglo cubierta-celdas encapsuladas-sustrato se mantiene herméticamente junto por medio de un **chasis o marco perimetral**. El material del marco es usualmente metal (alguna aleación de aluminio o acero inoxidable). Este elemento normalmente sirve también para fijar el módulo a su soporte cuando se instala, y proporciona el medio más común para aterrizarlo eléctricamente.

El hermetismo del módulo se mantiene mediante **empaques** fabricados usualmente de polímeros químicos inertes.

En la figura 2 se muestra un corte seccional de la estructura de un módulo fotovoltaico típico.

A.2. Baterías

Las baterías utilizadas en los sistemas fotovoltaicos de iluminación rural son normalmente del tipo plomo-ácido, las cuales están constituidas por: a) placas de plomo o alguna aleación de este material; b) un electrolito y c) un recipiente o caja que contiene los dos elementos anteriores.

A.2.1. Las **celdas electroquímicas** son unidades constituidas por un ánodo y un cátodo. Están hechas de plomo en aleación con pequeñas cantidades de otros materiales como el antimonio y el calcio, según el tipo de batería de que se trate, y están inmersas en un electrolito.

A.2.2. El **electrolito** es una solución de ácido sulfúrico en agua, con una densidad entre 1.2 y 1.3 gm/cm³.

A.2.3. El **recipiente o caja** está construido generalmente con material plástico rígido. En el caso más común, tiene en su parte superior registros de acceso al interior de la batería (uno por celda), los cuales permiten inspeccionar el nivel del electrolito y reponer el líquido perdido. Estos registros cuentan con tapones de seguridad removibles, de plástico rígido, que permiten la salida de los gases que se forman en el interior de la batería en operación. Existen también baterías selladas las cuales no cuentan con registros y por tal motivo no requieren de agua durante su vida útil.

A.3. Controlador de carga

Los sistemas fotovoltaicos pequeños deben contar con un dispositivo de este tipo para proteger a los elementos del sistema FV, sus componentes principales son: a) componentes electrónicos; b) circuitos eléctricos; c) relevadores; d) indicadores; e) conectores; f) soportes internos; y g) gabinete.

Este equipo está usualmente integrado por diodos que limitan el flujo de electricidad en una sola dirección (protección contra corriente en circuito inverso), y circuitos electrónicos que verifican que el nivel de voltaje se mantenga en el rango permitido. Si el voltaje del sistema excede a un valor máximo permisible, el controlador permite solamente la circulación de corriente necesaria para mantener el voltaje de flotación de la batería (desconexión de alto voltaje). Por otro lado, si el voltaje del sistema cae por debajo de un valor mínimo permisible, entonces el controlador desconecta las lámparas (desconexión de bajo voltaje). Este dispositivo cuenta también con fusibles para mayor protección del sistema, y en algunos diseños se incluyen indicadores del estado de carga de la batería, advertencias de bajo voltaje, etc. Además, algunos modelos cuentan con compensadores de temperatura mediante los cuales se ajustan los puntos de desconexión en función de la temperatura de operación.

A.3.1. Los **componentes electrónicos** incluyen principalmente diodos, transistores, resistencias, capacitores y circuitos integrados entre otros.

A.3.2. Los **circuitos eléctricos** están hechos de material conductor, principalmente cobre y sus aleaciones. Pueden ser alambrados con forros plásticos o impresos en tabletas de material plástico rígido.

A.3.3. Los **relevadores** pueden ser electromecánicos o de estado sólido. En el primer caso los materiales son metales sólidos (cobre y aleaciones) o líquidos (mercurio). En el segundo caso son materiales semiconductores, principalmente silicio.

A.3.4. Los **indicadores** pueden ser por señales luminosas (LEDS), o de carátula. Estos últimos pueden ser analógicos (con materiales plásticos o metálicos). La carátula debe ser de fácil entendimiento para el usuario.

A.3.5. Los **conectores** están hechos principalmente de cobre y sus aleaciones.

A.3.6. Los **soportes** internos pueden ser metálicos o de material plástico rígido.

A.3.7. Los **gabinetes** son también metálicos o de plástico rígido.

A.4. Lámparas

Con objeto de que el sistema sea más eficiente, las lámparas deben ser del tipo fluorescente, las cuales constan de los siguientes elementos: a) una lámpara de alta eficiencia tipo PL; b) un balastro electrónico; c) un portalámpara; d) un porta-arrancador; e) una base; y f) cables para conexión.

A.4.1. La **lámpara de alta eficiencia tipo PL** está hecha de vidrio y contiene en su interior un gas ionizable. La lámpara está herméticamente sellada por una tapadera que incluye electrodos y puntas de conexión al circuito exterior. La luz se emite cuando el gas se ioniza bajo el efecto del diferencial de voltaje aplicado en los electrodos de la lámpara .

A.4.2. El **balastro** es un dispositivo electrónico que adecua las condiciones de voltaje y corriente (fijando el valor del primero y limitando la segunda) a fin de que pueda llevarse a cabo la ionización del gas en el tubo. Está hecho principalmente de elementos semiconductores.

A.4.3. El **portalámpara** está hecho principalmente de material plástico rígido y cuenta con conectores hembra metálicos que permiten alojar las puntas de conexión del tubo fluorescente. En algunos casos es idéntico al soquet utilizado con los focos incandescentes convencionales.

A.4.4. El **porta-arrancador** es el dispositivo que aloja al balastro electrónico. Está hecho principalmente de plástico rígido.

A.4.5. La **base** es de lámina metálica con acabados superficiales (esmaltados o galvanizados) para protegerla contra la acción del medio ambiente. En ocasiones la base incluye elementos reflejantes de metal cromado y cubiertos de plástico transparente de diseño especial, que permiten a la lámpara actuar como reflector.

A.4.6. Los **cables** para conexión están hechos de cobre con forros de plástico flexible.

A.5. Cables

Son normalmente cables o alambres de cobre forrados de plástico flexible. Su calibre depende del circuito en que se encuentren instalados y de las pérdidas máximas de tensión permitidas según lo especificado en la sección 1.4.5. Igualmente, las propiedades del forro plástico deben ser acordes a lo que se especifica en el apéndice B para materiales poliméricos. La flexibilidad del forro plástico depende del tipo de instalación a realizar.

A.6. Accesorios

El soporte del módulo fotovoltaico está hecho de aluminio, u otros metales con acabados anticorrosivos.

El soporte de la batería puede ser hecho en fierro, plástico o algún otro material. Debe estar tratado para evitar la corrosión y el riesgo de incendio. Los soportes de fierro deben tener su base protegida con una capa de neopreno para evitar corrosión.

El cuerpo de los apagadores es por lo general de material plástico rígido, con elementos conductores internos de cobre o sus aleaciones.

APENDICE B

B Aspectos generales

Las siguientes especificaciones son aplicables a todos los elementos del sistema fotovoltaico.

B.1 Ensamblajes y acabados

La fricción no es aceptable como el único medio de inhibir el aflojamiento o giro de partes o piezas del sistema. Una rondana de seguridad instalada apropiadamente sí es aceptable para este propósito.

Una parte estructural ajustable o movable debe estar habilitada con dispositivos de seguridad para reducir la posibilidad de cambios no intencionales, si tales cambios pueden resultar en operación deficiente del sistema, riesgos de incendio, choque eléctrico o daño a las personas.

Los metales usados en sitios que puedan estar húmedos o mojados, no deben ser empleados en combinaciones que pudieran resultar en deterioro (principalmente por corrosión) de alguno de los metales de tal forma que el producto deje de cumplir con la presente especificación.

Las aristas, proyecciones y esquinas de los módulos fotovoltaicos, gabinetes, soportes, etc., deben tener acabados tales que reduzcan el riesgo de daño a las personas.

B.2. Materiales poliméricos

Un elemento de material polimérico que sirve de envolvente de una parte que involucra riesgos de incendio o choque eléctrico, debe satisfacer los requerimientos aplicables en cuanto

a: (1) inflamabilidad, (2) resistencia a la radiación ultravioleta, (3) inmersión en agua y exposición a la humedad, (4) resistencia a la ignición por alambres calientes, y 5) resistencia a pruebas de alto voltaje entre celda y marco perimetral.

Los materiales poliméricos que sirven como envolvente exterior de los módulos deben tener un índice de dispersión de flama máximo de 100, determinado según la norma ASTM E162-1981 A (referencia completa en apéndice C).

Un elemento de material polimérico que sirva de soporte o aislamiento de una parte que presente riesgo de incendio o choque eléctrico debe:

- ⇒ a. Tener una clasificación de inflamabilidad de 94HB, 94V-2, 94V-1, ó 94V-0, determinada de acuerdo con la norma UL 94 (referencia completa en apéndice C).
- ⇒ b Satisfacer los requerimientos para exposición a la luz ultravioleta de determinados de acuerdo a la norma UL 746 C (referencia completa en apéndice C), si se expone a la luz durante la operación normal del producto..

Un material polimérico encapsulado, substrato o cubierta, debe tener un índice térmico, tanto eléctrico como mecánico de al menos 90 C, determinado de acuerdo con la norma UL 746 B (referencia completa en apéndice C). Además, el índice térmico debe ser al menos 20 C mayor que la temperatura medida de operación del material. Todos los demás materiales poliméricos deben tener un índice térmico (eléctrico y mecánico) 20 C por encima de la temperatura de operación medida.

Una barrera o forro de material polimérico aislante que funciona como el único aislante entre una parte con carga eléctrica y una parte metálica accesible, o entre dos partes no aisladas con carga eléctrica de distinto potencial, debe ser de espesor adecuado y de un material apropiado para la aplicación, según se establece en las normas correspondientes. La barrera o forro debe estar fija en su lugar y no debe ser afectada en forma adversa al punto de que sus propiedades necesarias puedan caer por debajo de los valores mínimos para la aplicación.

B.3. Partes Conductoras de Electricidad y Alambrado

Una parte conductora de electricidad y el alambrado deben tener la fuerza mecánica y la resiliencia necesaria para el servicio.

Una parte conductora de electricidad debe ser de plata, de una aleación a base de cobre, de acero inoxidable, de aluminio, o de otro material apropiado para la aplicación.

El alambrado utilizado debe ser aislado y aceptable para el propósito, cuando se considera con respecto a la temperatura, al voltaje, y a las condiciones de servicio a las cuales es probable que se sujete el alambrado dentro del sistema.

Las uniones de alambres deben ser aisladas con aislamiento equivalente al requerido para los alambres involucrados.

Una unión o conexión debe estar mecánicamente segura y debe proporcionar contacto eléctrico sin crear esfuerzos sobre las conexiones y terminales. Las conexiones soldadas entre interconectores y metalizaciones de las celdas fotovoltaicas, son consideradas mecánicamente seguras cuando están soportadas por sistemas de encapsulamiento.

Una parte con carga eléctrica y no aislada, incluyendo una terminal, debe estar asegurada a su superficie de soporte por un método que no sea la sola tracción entre superficies, de tal modo que se evite que giren o cambien de posición, si tal movimiento puede resultar en la reducción de espacios por debajo de los requeridos en la sección B.6 de este apéndice.

Se deben proporcionar medios para relajar los esfuerzos de tal forma que la tensión mecánica en el alambre destinado a conexiones en campo, o que tengan que ser manipulados de alguna manera en el campo, incluyendo los cables flexibles, no se transmitan al interior de los módulos fotovoltaicos, de los controladores de carga o de cualquier otro elemento del sistema.

El alambrado de un módulo fotovoltaico debe estar localizado de tal forma que, después de la instalación del producto en la manera establecida, no quede expuesto a los efectos degradantes de la luz solar directa. Esta indicación no es aplicable a cables que estén clasificados como resistentes a la luz solar.

B.4 Medios de Conexión

Se consideran como medios de conexión aquellos a los cuales se conectan los alambres instalados en el campo cuando se instalan los sistemas. Los medios de conexión deben quedar dentro de un compartimento de alambrado, una vez instalado el sistema, de tal forma que el usuario no pueda tener acceso directo a ellos.

Los módulos fotovoltaicos, controladores eléctricos, lámparas y otros elementos del sistema, deben ser capaces de adaptarse a cuando menos uno de los sistemas de alambrado aceptables, descritos en las "Normas Eléctricas Nacionales".

Los componentes del sistema de iluminación a que se refiere esta especificación deben estar provistos con terminales para alambrado, conectores o alambres que acepten conductores con corriente del circuito de carga.

Los medios de conexión de un módulo deben estar localizados de tal forma que, después de la instalación del producto en la manera establecida, éstos no queden expuestos a los efectos degradantes de la luz solar. Este requerimiento no se aplica a los medios de conexión clasificados para uso bajo la luz directa del sol.

Un conductor eléctrico que esté destinado a conectarse por amarre en campo a un circuito conductor, no debe ser menor que el No. 14 AWG (2.1 mm^2), y su aislamiento no debe tener menos de 0.8 mm de espesor.

El extremo libre del conductor para conexión en campo debe tener una extensión mínima de 152 mm.

Los conductores no mayores que el No. 10 AWG (5.3 mm^2) pueden rematarse con terminales atornillables, de bayoneta o de ojillo, las cuales deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- ⇒ a. Un perno o tornillo debe ser de metal no ferroso, acero inoxidable o acero plateado apropiado para la aplicación. No debe tener más de 32 cuerdas por pulgada. No debe ser menor del No.8 para alojar alambres del No. 10 ó 12 AWG (5.3 y 3.3 mm^2). Las terminales deben contar con dispositivos tales como rondanas, barreras y otros medios equivalentes para retener el alambre en posición aun cuando los tornillos o tuercas llegaran a aflojarse ligeramente. La cabeza de un tornillo utilizado para alojar alambre No.12 AWG debe tener un diámetro mínimo de 7.0 mm y las de los tornillos para alojar alambre No. 10 AWG deben tener un diámetro mínimo de 8.3 mm.
- ⇒ b. Una placa terminal con perforaciones roscadas debe: (1) ser de metal no ferroso, (2) tener no menos de dos cuerdas de rosca completas, y (3) ser de metal con un espesor no menor de 1.27 mm para usarse con alambres No.10 o 12 AWG.

Un conector de alambre destinado a alojar solamente conductores de cobre debe satisfacer los requerimientos de la norma UL 486 A (referencia completa en apéndice C).

Un conector multipolo separable debe estar polarizado. Si en el sistema existen dos o más conectores separables, deben estar configurados o arreglados de tal manera que la pareja de uno no sea aceptada por el otro y viceversa, si tal interconexión es inadecuada.

Si se utilizan pares de conectores que incorporen un polo a tierra, el polo a tierra del conector macho debe ser el primero en hacer contacto con el conector hembra y el último en romperlo.

B.5. Tierras

Los sistemas fotovoltaicos con voltajes menores de 30 volts no requieren estar conectados a tierra. Sin embargo, cuando los módulos fotovoltaicos quedan instalados sobre postes y bases no metálicos y la altura de éstos rebasa en 2 m o más la altura de la casa; o cuando son instalados en las copas de los árboles, el módulo fotovoltaico debe estar conectado a tierra para conducir la corriente inducida por cualquier descarga eléctrica de la atmósfera. En tales casos, el marco metálico del módulo debe quedar conectado con un electrodo de tierra, lo más cerca posible del módulo. El conductor entre el chasis del módulo y el electrodo debe ser un cable desnudo, con calibre no menor al número 8 AWG. El electrodo de tierra debe ser fabricado de una pieza de metal de 1.6 cm de diámetro y una longitud suficiente que permita entrar al menos de 2.5 m por debajo de la superficie del piso. El electrodo ya enterrado no debe tener una inclinación mayor de 45 grados con respecto a la vertical.

B.6. Espaciamientos

Las distancias entre partes vivas no aisladas de diferente potencial, y entre una parte viva y una parte metálica accesible, no deben ser menores que los siguientes valores:

- A. 6.4 mm en terminales de alambrado, tanto a través del aire como sobre superficies.
- B. 1.6 mm en otras partes que no sean terminales de alambrado, tanto a través del aire como sobre superficies.

Los espaciamientos en una terminal de alambrado en campo se medirán con y sin el alambre conectado a la terminal. En ambos casos se debe satisfacer el requerimiento anterior. Para propósitos de la presente especificación, las superficies separadas entre sí por un espacio de 0.33 mm o menor se consideran en contacto.

Una barrera o forro de fibra grado eléctrico que proporciona el único aislamiento entre una parte viva y una parte metálica accesible, o entre partes vivas no aisladas de distinto potencial, no debe tener un espesor menor de 0.71 mm. La barrera o forro debe mantenerse en su lugar y no debe ser afectada adversamente a un grado tal que sus propiedades necesarias puedan caer por debajo de los valores mínimos requeridos para la aplicación.

B.7. Compartimentos para alambrado

Todos los elementos del sistema destinados a alojar alambres deben tener superficies tersas y deben estar libres de extremos filosos, rebabas o condiciones similares que puedan dañar a los aislamientos o a los conductores.

Los compartimentos para alambrado que se incluyan en el sistema deben además satisfacer los siguientes requerimientos:

- Proporcionar espacio de cuando menos 36.9 cm^3 por cada conductor No.12 AWG (3.3 mm^3) que vayan a alojar. Ninguna dimensión del espacio que comprenda el mínimo volumen requerido debe ser menor de 19.1 mm.
- Poder aceptar sistemas de alambrado que utilicen ductos o cables.

Los compartimentos de alambrado integrados al módulo fotovoltaico no deben tener más de una abertura cuando se reciben de la fábrica. Las perforaciones con tapones roscados o a presión no se consideran aberturas.

Los sellos y empaques utilizados no deben deteriorarse más allá de sus límites durante el tiempo de vida del sistema, y no deben usarse cuando queden sujetos a flexión durante operación normal.

Los compartimentos hechos de lámina metálica deben tener espesores de pared no menores de 1.35 mm si no están recubiertos, ó 1.42 mm si están galvanizados. Los compartimentos hechos de lámina de aluminio deben tener espesores de pared no menores de 1.59 mm. Los compartimentos hechos de material colado, sea fierro, aluminio, o bronce, deben tener espesores de pared no menores de 2.4 mm.

Los agujeros destinados a la conexión de conduit metálico rígido con la pared del compartimento metálico, deben estar roscados, a menos que se localicen completamente por debajo de la parte viva más baja dentro del compartimento, distinta de los alambres no aislados.

Un agujero roscado en un compartimento metálico de alambrado destinado a la conexión de conduit metálico rígido debe estar reforzado para proporcionar metal con un espesor no menor de 6.4 mm, y debe estar desvanecido, a menos que se incluya un tope para el conduit.

Si las roscas para la conexión del conduit tienen cuerda de un lado a otro del agujero en la pared del compartimento, o si se utiliza una construcción equivalente, no debe haber menos de tres ni más de cinco cuerdas en el metal y la construcción debe ser tal que se pueda fijar el "bushing" del conduit en la forma acostumbrada.

Si las cuerdas para la conexión del conduit no pasan de lado a lado del agujero en la pared del compartimento, no debe haber menos de cinco cuerdas completas en el metal, y el agujero de entrada debe estar redondeado y terso con objeto de proteger los conductores en forma equivalente a como lo hace un "bushing" estándar para conduit. El diámetro de la garganta del agujero de entrada debe estar dentro de los límites especificados en la norma UL 514A (referencia completa en apéndice C).

Para aberturas no roscadas en compartimentos metálicos destinados a alojar conduit metálico, se deberá proporcionar una superficie plana de área suficiente alrededor de la abertura para aceptar las superficies de soporte del "bushing" y la rondana del seguro, como se describe en la norma UL 514A (referencia completa en apéndice C).

Para compartimentos no metálicos se aplican las mismas consideraciones de la sección B.2 relativa a los materiales poliméricos.

Un compartimento de alambrado no metálico destinado a alojar conduit no metálico debe: (1) tener uno o más "soquets" para la conexión de conduit, no roscados, integrados al compartimento, con los requerimientos que se establecen más adelante; (2) tener una abertura roscada o no roscada para un "soquet" para conexión de conduit; o (3) estar libre para utilizarse con "soquet" de conexión a conduit.

Si se puede utilizar un "soquet" de conexión a conduit, la pared del compartimento no metálico que la aloje debe tener suficiente superficie plana para acomodar las superficies de soporte de la tuerca de ajuste y el adaptador macho.

En un compartimento no metálico, un "soquet" para conexión a conduit no metálico debe proporcionar un tope para el conduit; y los diámetros de la cavidad, el diámetro de la garganta a la entrada de la caja, las profundidades de la cavidad, y los espesores de las paredes de la cavidad deben estar dentro de los límites especificados en la norma UL 514C (referencia completa en apéndice C).

B.8. Resistencia a la Corrosión

Los elementos del sistema hechos a base de láminas de acero con espesores de 3.05 mm o mayores, y que puedan quedar expuestos a la intemperie, deben estar protegidos contra la corrosión por alguno de los siguientes métodos:

- A. Galvanizado en caliente por inmersión de acuerdo con la designación G60 o A60 de la norma ASTM A525-80a (referencia completa en apéndice C), con no menos de 40 por ciento de zinc en cada lado.
- B. Recubrimientos de zinc, distintos a los obtenidos con el proceso de inmersión en caliente mencionado en A, aplicados uniformemente a un espesor promedio no menor de 0.010 mm sobre cada superficie, con un espesor mínimo de 0.009 mm.
- C. Un sistema de recubrimientos protectores, orgánicos o inorgánicos, sobre ambas superficies, aplicado después del formado. Este sistema de recubrimiento debe proporcionar cuando menos una protección equivalente al recubrimiento de zinc mencionado en A.

Si la lámina de acero de que están hechos los elementos del sistema que habrán de quedar expuestos a la intemperie tiene un espesor menor de 3.05 mm, entonces la protección contra la corrosión debe tener las siguientes características:

- D. Galvanizado por inmersión en caliente de acuerdo a la designación G90 de la norma ASTM A525-80a (apéndice C), con no menos de 40 por ciento de zinc en cada lado.
- E. Recubrimientos de zinc, distintos a los obtenidos con el proceso de inmersión en caliente mencionado en D, aplicados uniformemente a un espesor promedio no menor de 0.015mm sobre cada superficie, con un espesor mínimo de 0.014 mm
- F. Un recubrimiento de zinc conforme a lo especificado para láminas de 3.05 mm o más de cuando esta combinación ofrezca la misma protección que el recubrimiento de zinc tipo G90
- G. Un recubrimiento de cadmio con espesor no menor de 0.019 mm en ambas superficies y con una capa de pintura exterior en ambas caras, o no menor de 0.013 mm en ambas superficies y con dos capas de pintura exterior en ambas caras. Estas combinaciones deben ofrecer la misma protección que el recubrimiento de zinc tipo G90..

Otros acabados, incluyendo pinturas, acabados metálicos distintos y combinaciones de los dos, pueden ser aceptados siempre y cuando se compruebe que ofrecen protección equivalente al galvanizado por inmersión en caliente de los tipos G60, A60 ó G90, según el espesor del material.

Cuando una lámina de acero ya tratada se dobla, se extruye, se rola o se forma de alguna manera, debe pintarse en el área doblada o formada si tal proceso daña al recubrimiento de zinc. Un recubrimiento de zinc se considera dañado si en el radio exterior de una sección doblada o formada es posible observar fracturas o desprendimiento de hojuelas mediante una lente de 25 aumentos.

Los extremos cortados y los agujeros perforados no necesitan ser adicionalmente protegidos.

Los elementos de fierro o acero que constituyen partes necesarias del sistema pero que no están expuestas a la intemperie, deben ser chapeados, pintados o esmaltados como protección contra la corrosión.

Los elementos de aluminio, acero inoxidable y materiales poliméricos pueden utilizarse sin necesidad de recubrimientos o chapeados resistentes a la corrosión.

Los materiales no mencionados específicamente en esta sección deben ser evaluados en forma individual.

B.9. Accesibilidad de Partes Vivas no Aisladas

Los sistemas fotovoltaicos a que se refiere esta especificación no deben tener partes vivas sin aislar que sean accesibles al usuario, ya sea en forma directa al tacto o mediante elementos metálicos como desarmadores, navajas, alambres, etc. Una vez hecha la instalación, **sólo personal capacitado deberá poder tener acceso a las partes vivas no aisladas.**

APENDICE C

NORMAS QUE SE APLICAN

"Norma para Módulos y Paneles Fotovoltaicos de Placa Plana" (Standard for Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels). UL 1703, First Edition, November 16, 1989.

"Módulos Fotovoltaicos de Silicio Cristalino para usos Terrestres.- Requisitos de Diseño y Aprobación Tipo" (Crystalline silicon terrestrial photovoltaic PV modules - Design Qualification and type approval) IEC-61215 Ed. 1.0

"Módulos Fotovoltaicos de Película Delgada para usos Terrestres.- Requisitos de Diseño y Aprobación Tipo" (Thin -film terrestrial photovoltaic PV modules - Design Qualification and type approval) IEC-61646 Ed. 1.0

"Pruebas y Procedimientos Provisionales de Calificación para Módulos Fotovoltaicos Terrestres de Placa Plana y Película Delgada" (Interim Qualification Test and Procedures for Terrestrial Photovoltaic Thin-Film Flat-Plate Modules). SERI/TR-213-3624. January, 1990.

"Criterios Recomendados por el IEEE para Sistemas Fotovoltaicos Terrestres de Potencia" (IEEE Recommended Criteria for Terrestrial Photovoltaic Power Systems) ANSI/IEEE Std. 928,1986.

"Norma para Materiales Poliméricos - Uso en Evaluaciones de Equipo Eléctrico", (Standard for Polymeric Materials - Use in Electrical Equipment Evaluations), UL 746C.

"Norma para Pruebas de Inflamabilidad de Materiales Plásticos para Partes en Dispositivos y Aparatos Eléctricos" (Standard Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances), UL 94.

"Norma para Materiales Poliméricos - Evaluaciones de las Propiedades a Largo Plazo", (Standard for Polymeric Materials - Long Term Property Evaluations), UL 746B.

"Método Normalizado de Prueba para la Inflamabilidad Superficial de Materiales Utilizando una Fuente Radiante de Energía Calorífica" (Standard Method of Test for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source), ASTM E162-1981 A.

"Norma para Conectores de Alambre y Orejas para Soldar para Uso con Conductores de Cobre", (Standard for wire connectors and soldering lugs for use with copper conductors), UL 486 A.

"Norma para Conectores para Uso con Conductores de Aluminio", (Standard for wire connectors for use with aluminium conductors), UL 486 B.

"Norma para Cajas Metálicas de Salida", (Standard for Metallic Outlet Boxes), UL 514A.

"Norma para Cajas no Metálicas de Salida, Cajas de Dispositivos de Dispersión, y Cubiertas", (Standard for Nonmetallic Outlet Boxes, Flush-Device Boxes, and Covers), UL 514C.

"Especificación Normalizada para Lámina de Acero Cubierta de Zinc (Galvanizada) por el Proceso de Inmersión en Caliente, Requerimientos Generales", (Standard Specification for Sheet Steel, Zinc Coated (Galvanized) by Hot-Dip Process, General Requirements), ASTM A525-80a.

"Norma para Marcado y Etiquetado de Sistemas", (Standard for Marking and Labeling Systems), UL 969.

"Prácticas Normalizadas para Empacado Comercial", (Standard Practice for Commercial Packaging), ASTM D3951-88.

Empaque, Embarque, Recepción, Manejo y Almacenamiento de Bienes Adquiridos por CFE, CFE L0000-11.

"Lámparas Fluorescentes de los Tipos de Encendido Rápido - Características Dimensionales y Eléctricas", (Flourescent Lamps - Rapid-Start Types - Dimensional and Electrical Characteristics), ANSI C78.1-78 y Suplementos.

Portalámparas y Porta-arrancadores para Lámparas Fluorescentes Tubulares: NOM-J-325-1978. SECOFI.

Arrancadores para Lámparas Fluorescentes: NOM-J-258-1976. SECOFI.

Casquillos para Lámparas Fluorescentes: NOM-J-280-1977. SECOFI.

APENDICE D

DEFINICIONES

Batería. Dispositivo provisto de materiales activos que convierte directamente la energía química en energía eléctrica mediante una reacción electroquímica de reducción-oxidación. Este tipo de reacción involucra el traspaso de electrones desde un material a otro a través de un circuito eléctrico. También se denomina acumulador.

Batería de plomo-ácido. Categoría general que incluye las baterías formadas con placas de plomo puro, plomo-antimonio o plomo-calcio, y un electrolito ácido.

Batería de cierre hermético. Batería que tiene un electrolito cautivo y una tapa de ventilación recerrable. También se denomina batería hermética con regulación de válvula.

Capacidad de batería. Número total de ampere-horas que se puede extraer de una batería con carga completa. Véase "Capacidad nominal de batería".

Capacidad nominal de batería. Expresión que usan las fábricas de baterías para indicar la cantidad máxima de energía que se puede extraer de una batería a una tasa especificada. También se denomina capacidad de régimen de batería.

Carga. Cantidad de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de cualquier dispositivo o aparato eléctrico en un momento dado. También se denomina "carga" al propio dispositivo o aparato que recibe la energía.

Celda de Silicio Amorfo. Celda fotovoltaica fabricada con material de silicio sin estructura cristalina.

Celda de silicio cristalino. Celda fotovoltaica fabricada con cristales de silicio.

Celda de silicio monocristalino. Celda que proviene de un lingote de un solo cristal.

Celda de silicio policristalino. Celda que proviene de un lingote de silicio cuya estructura es policristalina.

Celda fotovoltaica. Dispositivo semiconductor con tratamiento químico que convierte la irradiación solar en electricidad. También se denomina celda solar.

Choque Eléctrico. Se considera que existe riesgo de choque eléctrico en alguna parte si el potencial entre la parte y la tierra o cualquier otra parte accesible es mayor

de 30 volts corriente directa y la corriente de fuga excede a los siguientes valores: de marcos, gabinetes, etc., 10 A; de partes de circuito, 1 mA.

Controladores. Terminología de uso común:

Advertencia de bajo voltaje. Señal luminosa o audible que indica el bajo voltaje de una batería.

Compensación de temperatura. Función de un circuito que ajusta los puntos o niveles de desconexión, ya sea de alto o bajo voltaje de una batería.

Controlador de carga. Aparato que controla el régimen y la condición de carga de las baterías. Véase "Régimen de carga".

Desconexión de alto voltaje. Punto o nivel de desconexión de alto voltaje de una batería para impedir su sobrecarga.

Desconexión de bajo voltaje. Punto o nivel de desconexión de bajo voltaje para impedir una descarga excesiva.

Protección contra corriente en sentido inverso. Método que impide el flujo de corriente desde la batería al conjunto fotovoltaico.

Corriente de cortocircuito. Corriente que se genera en una celda, módulo, o conjunto de módulos de un sistema fotovoltaico cuando se ponen en cortocircuito las terminales de salida.

Corriente de fuga. Corriente que una batería fuera de operación pierde en forma natural.

Corriente de potencia máxima. Corriente en el punto de operación de la curva I-V donde el producto corriente-voltaje es máximo. Véase "Curva I-V".

Curva I-V. Trazado gráfico de las características de corriente en función de voltaje de una celda, módulo, o conjunto de un sistema fotovoltaico.

Densidad de energía. Relación entre la capacidad energética de una batería y su volumen (expresada en Wh/litro) o su peso (en Wh/kg).

Densidad de potencia. Relación ente la potencia nominal disponible en una batería y su volumen (expresada en W/litro) o su peso (en W/kg).

Descarga. Extracción de energía eléctrica de una batería (mediante la aplicación de una carga externa, por ejemplo iluminación, radio, etc).

Insolación. Radiación solar que llega a una superficie en un período de tiempo. Generalmente se expresa en kilowatt-horas por metro cuadrado. Véase también "Recurso solar".

Módulo. La unidad reemplazable más pequeña de un conjunto fotovoltaico. Un módulo integral encapsulado contiene una cantidad determinada de celdas fotovoltaicas.

Profundidad de descarga. Porcentaje de energía extraída de la batería, en relación con su capacidad energética total.

Punto de potencia máxima. Modo de funcionamiento de un controlador de potencia que regula continuamente una fuente de voltaje fotovoltaico para que la fuente funcione a su punto máximo de potencia.

Recurso Solar. Cantidad de insolación que recibe un sitio o lugar. Generalmente se mide en kilowatt-hora por metro cuadrado por día. Véase también "Insolación".

Régimen de carga. Velocidad con que se recarga una batería. Se expresa como una relación entre la capacidad de la batería y el flujo de la corriente. Por ejemplo, C/5.

Régimen de descarga. Velocidad de extracción de corriente de una batería. Se expresa como una relación entre la capacidad de la batería y el régimen de descarga de corriente. También se denomina régimen C. Véase "Régimen de carga".

Rendimiento de conversión. Relación entre la energía eléctrica que produce una celda fotovoltaica y la energía solar que recibe la celda.

Semiconductor. Dispositivo de material sólido que posee una capacidad limitada de conductividad eléctrica.

Sistema fotovoltaico. Instalación de módulos fotovoltaicos y otros componentes, proyectada para generar potencia eléctrica a partir de la luz del sol.

Sistema fotovoltaico autónomo. Es aquel que funciona sin estar conectado a la red de energía eléctrica.

Voltaje de funcionamiento del sistema. Voltaje de servicio o régimen de un sistema fotovoltaico.

Voltaje de circuito abierto. Voltaje máximo que produce una celda, módulo o conjunto fotovoltaico sin aplicación de carga.

Voltaje de corte. Nivel o punto de voltaje en que el controlador de carga desconecta de la batería el conjunto fotovoltaico o la carga. Véase "Controlador de carga".