

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPAMIENTO FOTOVOLTAICO A SER ADQUIRIDO POR EL PERMER

Alfredo T. Rapallini
Unidad Coordinadora del PERMER
Programa Energías Renovables en Mercados Rurales
Secretaría de Energía de la Nación.
Paseo Colón 171 – 7° piso – Capital Federal
Tel. 54-11-43498418 / Fax 54-11-43498417
email : arapal@mecon.ar

RESUMEN.

Estas especificaciones técnicas detallan las características técnicas mínimas que deberán reunir los sistemas fotovoltaicos para uso residencial (SHS) dentro del marco del PERMER. Entendiendo como tales a los sistemas destinados a satisfacer las demandas de las 8 categorías tarifarias previstas en el marco regulatorio.

Se entiende que son especificaciones generales que deberán ajustarse en cada adquisición en particular para tener en cuenta las particularidades de las distintas regiones (clima, condiciones ambientales, materiales disponibles, etc.) en donde se realicen las instalaciones. Serán de aplicación obligatoria en todos los casos en que deban adquirirse equipos dentro del marco del PERMER, siguiendo los procedimientos específicos del BIRF para la adquisición de bienes y servicios.

Para la preparación de estas especificaciones se tomó como referencia básica la publicación "Universal Technical Standard for Solar Home Systems" [1], la cual representa la opinión de un grupo de calificados profesionales dedicados a la implementación de proyectos de electrificación rural con sistemas fotovoltaicos.

INTRODUCCIÓN.

La calidad de un SHS particular puede ser juzgada en términos de confiabilidad, comportamiento energético, seguridad, facilidad de uso y simplicidad de la instalación y mantenimiento. Además, en especial en grandes programas de electrificación rural con PV, es importante que los SHS puedan operar con diferentes componentes (por ejemplo provenientes de distintos fabricantes) y diferentes tamaños.

En este trabajo se propone un conjunto de especificaciones técnicas que describen las características mínimas que deberán reunir los sistemas fotovoltaicos para uso residencial (SHS) dentro del marco del PERMER. Entendiendo como tales a los sistemas destinados a satisfacer las demandas de las 8 categorías tarifarias previstas en el marco regulatorio.

Los SHS generalmente responden a un diseño común y tienen los siguientes componentes: generador fotovoltaico (PV), estructura de soporte del generador PV, batería(s), regulador de carga, cargas (lámparas, radio, etc.) y el cableado (Cables, interruptores y cajas de conexión). Se consideran también parte del sistema a todos los materiales (tornillos, tuercas, terminales, etc.) que sean necesarios para el montaje del conjunto o de una de sus partes.

CONDICIONES GENERALES

Los equipos a suministrar deberán ser nuevos, sin uso y proporcionar un servicio confiable, adecuado y durable para todas las condiciones posibles de operación. No se admitirán prototipos ni productos que estén en etapa de desarrollo. Toda la provisión se hará, mientras sea posible, empleando un mismo tipo y modelo para cada género de equipos y de sus accesorios. Este requerimiento se funda en la necesidad de que las partes y unidades puedan intercambiarse. El proveedor garantizará el cumplimiento de las características señaladas en estas Especificaciones Técnicas y, salvo que se especifique lo contrario, los valores correspondientes deberán responder a las Normas establecidas. El hecho de que un material haya sido aceptado por tener las características exigidas no eximirá al proveedor de solucionar los defectos que aparecieran durante o después de la construcción o instalación. Será solicitada su reposición si los defectos que se manifestasen al instalarlo y ponerlo en funcionamiento no fuesen reparables.

En caso de mencionarse en las especificaciones marcas y modelos de fábricas, esto se hará al sólo efecto de completar especificaciones técnicas y proporcionar una referencia más de las características de construcción y funcionamiento deseadas. Serán por lo tanto aceptables las ofertas de elementos que cumplan con las especificaciones correspondientes y sean de calidad igual o superior a la indicada como referencia.

El oferente deberá suministrar con su oferta los manuales completos de operación y mantenimiento de los equipos cotizados, como así también información detallada respecto de su instalación y puesta en servicio. Todos los componentes principales (Módulos, regulador, batería, balastos. Lámparas) deberán estar convenientemente etiquetados.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MÍNIMAS DE LOS SISTEMAS.

Sistema

Tanto la batería como el regulador de carga deberán estar protegidos contra sobrecargas (altas corrientes y/o tensiones) mediante la incorporación de elementos de protección (fusibles, diodos, etc.) tanto en las líneas del generador como en la de las cargas.

El tamaño del generador PV deberá ser tal que, durante el mes en que la disponibilidad del recurso es mínima, la energía producida como mínimo iguale a la energía promedio diaria demandada.

Todos los fusibles de protección deberán ser de tipos de fácil disponibilidad (fusibles de automóviles, por ejemplo)

Generador Fotovoltaico

Estará compuesto por un cierto número de módulos fotovoltaicos conectados en paralelo y colocados sobre una estructura metálica. Los módulos estarán certificados por la norma internacional IEC-1215 o su equivalente en el país de fabricación o en la República Argentina.

Los módulos estarán conformados por celdas fotovoltaicas de silicio mono o policristalino, no se aceptarán módulos de silicio amorfo. El número de celdas en serie en cada módulo será el suficiente para garantizar que, con una irradiancia de 800 W/m^2 y una temperatura ambiente igual a la temperatura máxima del lugar de instalación, el voltaje del módulo en su punto de máxima potencia es mayor o igual que 14,5 V.

Cada módulo deberá tener un marco de aluminio anodizado o acero inoxidable y las celdas estar correctamente encapsuladas en material adecuado. La cubierta superior del módulo deberá ser de vidrio templado de bajo contenido de óxido de hierro.

Cada módulo tendrá su(s) correspondiente(s) caja(s) de conexiones adheridas a la parte trasera del mismo, y deberán tener tapa y ser estancas. En ella(s), de ser necesario, podrán estar instalados los diodos de by-pass. Las cajas de conexiones deberán tener diseño y tamaño tales que permitan el fácil inter-conexión de los módulos. Las cajas deberán tener indicadas, en bajo relieve o mediante pinturas indelebles, las polaridades eléctricas correspondientes.

Asimismo en cada módulo deberán estar claramente indicada, mediante algún sistema indeleble, la siguiente información: nombre comercial o símbolo del fabricante, modelo, número de serie o fabricación, fecha de fabricación, tensión, corriente y potencia nominales.

El oferente deberá garantizar que los módulos cotizados resistirán como mínimo las siguientes condiciones climáticas: rango de temperaturas: -20 a $+50$ °C, humedad relativa ambiente: 0-100 %, vientos de cualquier cuadrante: 150 km/h

Estructura de Soporte o Montaje de los Módulos Fotovoltaicos.

Las estructuras soporte serán modulares y mecánicamente intercambiables entre sí. Deberán estar construidas con materiales que aseguren una vida útil mayor a los 10 años con exposición a la intemperie bajo las condiciones descriptas en el apartado anterior. Las estructuras de soporte contarán con un sistema que permita, mediante una operación manual sencilla, ajustar el ángulo de inclinación de los módulos entre $\beta = \text{Latitud del lugar} + 15^\circ$ y $\beta = \text{Latitud del lugar} - 15^\circ$, en saltos de 5 grados o en forma continua. El montaje sobre pedestales o paredes será preferible a los montajes sobre los techos. La estructura soporte deberá garantizar una buena ventilación de los módulos para no entorpecer la disipación de calor.

Todos los bulones, tuercas y arandelas u otro sistema necesarios para la fijación de los módulos a la estructura de soporte serán de acero inoxidable Norma AISI 304. Se entregará como parte del equipamiento más un adicional del cinco por ciento (5%) para cubrir futuras pérdidas en la instalación.

Sistema de acumulación de energía (Baterías).

La capacidad útil de la batería deberá posibilitar 5 días de autonomía durante el mes de menor disponibilidad de radiación solar y para las cargas correspondientes a cada tamaño de equipo.

Las baterías de almacenamiento serán de tipo estacionario de bajo mantenimiento (o sin mantenimiento), de electrolito líquido, electrolito absorbido o gelificadas; deberán estar de acuerdo a lo requerido por la Norma IRAM 2119/55 y Normas mencionadas en la misma.

Las baterías de plomo-ácido no podrán tener espesores de placa menores que 2 mm. La capacidad del electrolito deberá ser como mínimo 1,15 litros por vaso o celda, por cada 100 Ah de capacidad nominal en 20 horas. La autodescarga a 25°C no deberá exceder el 6% de la capacidad nominal por mes. Los separadores deberán ser de material microporoso de primera calidad.

La capacidad nominal en 20-horas de las baterías (medida a 20°C y hasta que se alcance 1,8 V/vaso) no deberá ser mayor a N veces la corriente de cortocircuito del generador. Los valores de N para cada tipo de batería se dan en la **Tabla 1**.

Tabla 1
Relación capacidad de batería corriente de cortocircuito

| Tipo de batería | N |
|--------------------|----|
| Tubular | 20 |
| SLI | |
| Clásica | 40 |
| Modificada | 40 |
| Bajo-Mantenimiento | 40 |

Tabla 2
Profundidad de descarga máxima

| Tipo de batería | Pdmax (%) |
|--------------------|-----------|
| Tubular | 80 |
| SLI | |
| Clásica | 50 |
| Modificada | 60 |
| Bajo-Mantenimiento | 30 |

Tabla 3
Cantidad mínima de ciclos de vida útil de una batería

| Tipo de batería | Nciclos |
|--------------------|---------|
| Tubular | 600 |
| SLI | |
| Clásica | 200 |
| Modificada | 200 |
| Bajo-Mantenimiento | 300 |

No se aceptarán baterías que al momento de la entrega estén más de 5% por debajo de su capacidad nominal.

La máxima profundidad de descarga, Pdmax, (referida a la capacidad nominal de la batería en 20 horas) no deberá exceder los valores de la Tabla 2.

Los ciclos de vida de la batería 20°C (antes de que la capacidad residual caiga por debajo del 80% de la capacidad nominal), deberán exceder un número mínimo cuando se la descarga hasta una profundidad del 50%. La Tabla 3 define el número de ciclos (Nciclos) mínimo para cada tipo de batería y bajo condiciones normales de operación.

Regulador de Carga

Deberán proteger a la batería contra descargas profundas. Las tensiones de corte del consumo (cargas) deberán corresponderse con las máximas profundidades de descarga definidas en la Tabla 2, cuando la corriente de descarga (expresada en Ampere) es igual al consumo diario dividido por 5.

La exactitud de los voltaje de corte y de reconexión del consumo deberán estar dentro de +/-1% y mantenerse constantes dentro de todo el rango de operación. En una batería de 12 V esto equivale a +/- 120 mV a razón de +/-20 mV/vaso).

El voltaje de fin de carga deberá estar en el rango de 2,3 a 2,4 V/vaso a 25°C. En el caso de controladores de dos pasos, el voltaje de reposición deberá estar en el rango de 2,15 a 2,2 V/celda, a 25°C.

Cuando la variación de las temperaturas ambientes (interiores) supere +/- 10°C, el regulador deberá tener un circuito compensador que corrija en -4/-5 mV/°C/vaso los voltajes de fin de carga y de reposición mencionados anteriormente. Esta especificación será de cumplimiento obligatorio.

Todos los terminales del regulador de carga deberán permitir sujetar cables de 4 mm² como mínimo.

Las caídas de tensión entre los terminales de la batería y del generador deberán ser menores que 4% del voltaje nominal (0,5 V para circuitos de 12 V) en las peores condiciones de operación: a) sin consumo y con la máxima corriente del generador y b) con consumo máximo y sin corriente del generador.

Los reguladores de carga deberán estar protegidos contra corrientes inversas y ser capaces de resistir cualquier condición de operación "sin batería", cuando el generador está operando en condiciones nominales y con todas las cargas permitidas, limitando el consumo a 1,3 veces el voltaje nominal o interrumpiendo totalmente la alimentación de las cargas.

El regulador de carga debe poder resistir sin dañarse las siguientes condiciones de operación: 45°C, corriente de carga 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador PV bajo condiciones estándar, y corrientes de descarga 25% superiores a las correspondientes a todas las cargas conectadas y voltaje nominal de operación.

La caja del regulador de carga deberá tener una protección por lo menos equivalente a IP32 según IEC 529 o DIN 40050.

El regulador de carga no deberá producir interferencias en radiofrecuencias bajo cualquier condición de operación.

El consumo propio del regulador en operación normal (generador PV cargando y consumo habilitado) no debe exceder 15 mA.

El regulador de carga deberá tener indicadores del estado de carga de la batería(s), los cuales podrán responder a un código de colores o a señales o iconos fácilmente reconocibles.

Requerimientos para las luminarias

Los balastos deberán permitir ignición segura y regulada en el rango de tensiones de -15% a +25% de la tensión nominal (10,3 V a 15 V para baterías de 12 V), asimismo los balastos no deberán producir señales que interfieran las radiofrecuencias.

Los balastos deberán estar protegidos contra daños permanentes cuando: a) la lámpara se quita cuando está en uso o el balasto es operado sin la lámpara, b) la lámpara no enciende, c) la tensión de alimentación se conecta con la polaridad invertida y d) las salidas del balasto son cortocircuitadas

El valor mínimo del flujo luminoso del sistema lámpara balasto no deberá ser inferior al 80% del valor nominal. Mientras que la eficiencia eléctrica mínima del balasto deberá ser 70% en todo el rango de voltajes de operación (-15% a +25% del voltaje nominal). El rendimiento lumínico del sistema balasto-lámpara debe ser como mínimo 25 lúmenes/W.

La forma de onda de la corriente que pasa a través de la lámpara fluorescente deberá ser simétrica dentro del 10% (es decir 60% / 40% de máxima diferencia en la simetría de la forma de onda) sobre todo el rango de voltajes de 11 a 12,5 V a una temperatura ambiente de 25°C.

El máximo factor de cresta (relación entre el pico máximo y el voltaje RMS de la onda aplicada al tubo fluorescente) deberá ser menor que 2 sobre el rango de voltajes de 11 a 12,5 V a una temperatura ambiente de 25°C.

Los electrodos de los balastos nunca deberán estar conectados al artefacto luminoso (luminaria).

Las lentes de las lámparas, las cubiertas, etc. (si son utilizadas) deberán poder ser quitadas fácilmente por los usuarios para reemplazar los tubos o efectuar una limpieza. Las lentes de las lámparas, las cubiertas, etc. (si son utilizadas) deberán estar protegidas contra el ingreso de insectos. Todos los tubos fluorescentes deberán ser de fácil disponibilidad.

Requerimientos del cableado

Independientemente de los requerimientos máximos de voltaje anteriormente indicados, la sección mínima aceptada para los cables en los siguientes subcircuitos será:

- De los módulos PV al regulador de carga: 2,5 mm²
- Del regulador de carga a la batería 4 mm²

Los cables exteriores deberán ser especialmente aptos para exposición a la intemperie según la norma internacional IEC 60811 o la norma nacional equivalente. Todos los terminales para los cables deberán permitir una conexión segura y mecánicamente fuerte. Deberán tener baja resistencia y las caídas de tensión deben ser inferiores al 0,5% del voltaje nominal. Esto es aplicable a cada terminal individual en condiciones de máxima corriente.

Los cables con sección > 4 mm² deberán fijarse con terminales de cobre. Los cables con sección < 2,5 mm² podrán retorcerse y cubrirse de estaño para asegurar una conexión adecuada.

Los fusibles deberán elegirse de modo tal que la corriente máxima de operación esté en el rango de 50 a 80% de la capacidad nominal del fusible. Las combinaciones enchufe/tomacorriente deberán contar con protecciones para evitar la aplicación de tensiones con polaridad invertida a los artefactos.

Requerimientos de la instalación.

La batería deberá estar ubicada en un espacio bien ventilado con acceso restringido. Deberán tomarse precauciones para evitar el cortocircuito accidental de los terminales de la batería.

El generador PV deberá estar totalmente libre de sombras durante por lo menos 8 horas por día, centradas al mediodía y a lo largo de todo el año.

Todos los materiales para la instalación (tornillos, conectores, etc.) deberán estar incluidos en la provisión de los SHS. Las estructuras soporte deberán facilitar acceso fácil para limpieza de los módulos PV y la inspección de las cajas de conexión.

Las estructuras soporte deberán estar montadas de modo tal que se preserve su resistencia a la corrosión, fatiga o efectos del viento. Si se permite el montaje en los techos, deberá dejarse un espacio mínimo de 5 cm entre los módulos y el techo para permitir la circulación de aire. Si se permite la instalación en techos las estructuras soporte no se deberán fijar a las chapas, sino a las vigas o a cualquier otra parte integral de la estructura de la casa.

Los reguladores de carga y las lámparas deberán proveerse con elementos de fijación / montaje adecuados (la instalación deberá ser relativamente simple). Los reguladores de carga y las lámparas deberán estar diseñadas de modo tal que sea relativamente fácil el acceso a fusibles y terminales.

Se deberán minimizar las herramientas requeridas (evitar tuercas de diferente tamaño / tornillos de distinta dimensión, etc.)

Los cables deberán estar engrapados en las paredes a intervalos apropiados que les aseguren, si están expuestos, tanto verticalmente como horizontalmente; si no es así, deberán embutirse en la pared y recubrirse con yesería o material similar.

Los cables deberán estar asegurados a las estructuras soporte o paredes para evitar totalmente los esfuerzos mecánicos sobre otros elementos (cajas de conexión, balastos, interruptores, etc.).

No estarán permitidas : la conexión en paralelo de más de dos baterías, la conexión en paralelo de dos baterías diferentes o la conexión en paralelo de una batería vieja y una nueva.

REFERENCIAS

1. "Universal Technical Standard for Solar Home Systems", Thermie B-SUP-995-96, EC-DGXVII, 1998.
2. "Solar photovoltaic energy systems", IEC proposal 82/207/NP, 1998.
3. "Annual Report", Zimbabwe-UNDP GEF solar project, 1997.
4. "Terrestrial photovoltaic (PV) power generating systems - General and guide", International Standard IEC-1277, 1995.
5. "Quality issues for solar home systems", Klaus Preiser, Jérôme Kuhmann & Orlando Parodi, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 13th European Photovoltaic Solar Energy System, 1995.
6. "Characteristic parameters of stand-alone photovoltaic (PV) systems", International Standard IEC-1194, 1992.
7. "Evaluation of international photovoltaic projects". D.Eskenazi, D. Kerner and L. Slominski, SAND85-7018/2, 1986.

8. "Small-Scale Solar-Powered Pumping Systems: the technology, its economics and advancement", UNDP project GLO/80/003 executed by the World Bank, Sir William Halcrow and Partners & Intermediate Technology Inc., London, UK, 1983.