

Boletín 24

PANELES SOLARES INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Boletín técnico N°24
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

PANELES SOLARES. INVERSORES

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADERO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

Cuando hablamos de instalaciones con paneles solares, los propios paneles no son el único elemento a tener en cuenta, igual de importantes son otros componentes, nos referimos al inversor solar, pues es el encargado de convertir la energía solar recogida por los paneles solares en electricidad que podamos usar para encender las luces o usar nuestros electrodomésticos.

El inversor fotovoltaico que también se le denomina inversor de energía solar, es un elemento imprescindible en las instalaciones fotovoltaicas, tanto en las instalaciones conectadas a la red eléctrica, como en la mayoría de las instalaciones autónomas

2. Inversor solar o fotovoltaico.

Dentro de una instalación solar fotovoltaica, los inversores son equipos electrónicos capaces de invertir o transformar la corriente continua (DC) proveniente de los paneles solares o baterías en corriente alterna (AC) de 220V a 60Hz necesaria para alimentar los electrodomésticos de una vivienda.

De esta forma, esta energía generada por los paneles solares en corriente continua podemos utilizarla para conectar iluminación y los electrodomésticos en una vivienda, que son todos de AC o para enviarla a la red eléctrica según sea la instalación.

En la figura 1 se puede observar un inversor que se consigue en el mercado, como se aprecia a la

entrada le ingresa un voltaje de 24 voltios de corriente continua y a su salida se obtiene un voltaje de 220 voltios corriente alterna.



Figura 1. Inversor solar

3. Características de un Inversor.

A continuación veremos las características más relevantes que debemos tener en cuenta al momento de dimensionarlo.

La característica más importante de un inversor es su rendimiento, definido como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del mismo.

Tenga presente que en algunas de las hojas de características de inversores al rendimiento se le denomina eficiencia.

El rendimiento es el valor que establece las pérdidas que se producen en el inversor y debe ser mayor al 90% a plena carga, la mayoría de los inversores en el mercado cumplen con este requerimiento

Los principales parámetros de un inversor son:

1. Eficiencia o rendimiento.

Es la relación entre las potencias de salida y de entrada del inversor.

2. Tensión nominal (V).

Por eficiencia en la conversión los inversores de baterías de 12V tienen potencias de salida de unos pocos vatios hasta unos 1.200W, los inversores de 24v

tienen potencias entre los 1.000W y 3.000W y los inversores de 48V entre 4.000W y 8.000W. Los inversores de conexión a red trabajan a voltajes mucho mayores para aumentar la eficiencia al máximo posible, de esta forma podemos encontrar inversores de conexión a red que trabajan con voltajes de paneles solares entre los 400V y los 500V.

3. Potencia nominal (VA).

La potencia de salida del inversor esta expresada en Voltio-Amperios (VA). La diferencia entre uno y otro es el factor de potencia que depende de la eficiencia del inversor y de las cargas o consumos conectados a él. Es la potencia aparente que suministra el inversor de forma continua.

4. Potencia activa (W).

Potencia real que suministra el inversor teniendo en cuenta el desfase entre tensión y corriente. Se mide en vatios (w). Recuerde que las cargas inductivas y capacitivas crean un desfase entre el voltaje y la corriente debido a una transformación antes de ser consumida y produciendo un consumo de reactiva como sucede con motores, tubos fluorescentes y cualquier cosa que tenga un transformador o condensador.

5. Temperatura.

La temperatura afecta fuertemente a la salida de los inversores limitando el máximo de potencia que pueden entregar y el tiempo durante el cual pueden entregar esa potencia. A mayor paso de corriente mayor temperatura por lo que todos los inversores serán capaces de suministrar la potencia de salida nominal a temperatura normal de 25° y prácticamente el doble de potencia nominal durante unos pocos segundos.

6. Capacidad de sobrecarga.

Es la capacidad que dispone el inversor para suministrar una potencia superior a la nominal y el tiempo en que puede conservar esta condición. Es una característica muy relevante cuando algún equipo al arrancar necesita mayor potencia que una vez pasado un tiempo de arranque, como la mayoría de los motores. En estos casos el inversor tiene que soportar esta sobrepotencia el tiempo que dure ya que en caso contrario se quemaría. Suele venir expresada como un porcentaje de la potencia nominal (10%, 20%, etc.).

7. Factor de potencia.

Es la relación entre la potencia activa y potencia aparente a la salida del inversor. Idealmente donde no se producen pérdidas por corriente reactiva, su valor máximo sería 1, estas condiciones son inmejorables para el suministro de corriente del inversor.

8. Autoconsumo.

Es la potencia en porcentaje, consumida por el inversor comparada con la potencia nominal de salida.

9. Rizado de corriente.

Pequeña variación que se produce sobre el valor de la onda de corriente alterna al rectificarse o invertir una señal de DC a AC.

10. Forma de la Onda.

Normalmente los inversores a su salida tienen una onda sinusoidal de corriente alterna.

11. Armónicos.

Un armónico ideal es una frecuencia de onda múltiplo de la frecuencia fundamental. Se debe tener presente que, sólo a frecuencia fundamental se origina potencia activa. Lo mejor es que la onda de salida

resultante no tenga o posea mínimos contenidos en armónicos.

12. Distorsión armónica.

La distorsión armónica total es el parámetro que indica el porcentaje de contenido armónico de la onda de voltaje de salida del inversor. Lo mejor es que sea lo más baja posible para que el inversor tenga un buen rendimiento

4. Tipos de Inversores

En función de la onda de salida generada tenemos tres tipos de inversores:

➤ Los inversores de onda cuadrada.

Son los más económicos. Se basan en una rectificación (chopear) muy simple de la onda de corriente continua de entrada, con muy poca modulación o filtrado.

La onda resultante tiene un gran contenido en armónicos no deseados.

La distorsión armónica total (THD) es bastante elevada, en torno al 40%, y su rendimiento es bajo, en torno al 50-60%.

➤ Los inversores de onda semi-senoidal.

Presentan una distorsión armónica total del 20% y sus rendimientos son mayores del 90%.

➤ Los inversores senoidales.

Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica en una vivienda, se debe seleccionar siempre un inversor de onda sinusoidal pura, que es el que mejor se adapta a los electrodomésticos que utilicen corriente alterna. Tienen un cuidadoso filtrado de la señal generada.

En general son la mejor opción para la alimentación de cargas AC.

Dependiendo de la aplicación distinguimos dos grandes grupos:

- Inversores de baterías
 - ✓ Inversor aislado
 - ✓ Inversor cargador
 - ✓ Inversor 3 en 1
- Inversores de conexión a red.
 - ✓ Inversor de autoconsumo directo.
 - ✓ Inversor de autoconsumo con baterías (híbridos).

A continuación veremos en detalle cada uno de estos grupos antes descritos:

➤ Los inversores de baterías.

Para ser empleados en instalaciones donde no hay conexión a la red eléctrica. Son capaces de convertir la corriente continua DC de las baterías en corriente alterna AC de 220V para alimentar los consumos requeridos.

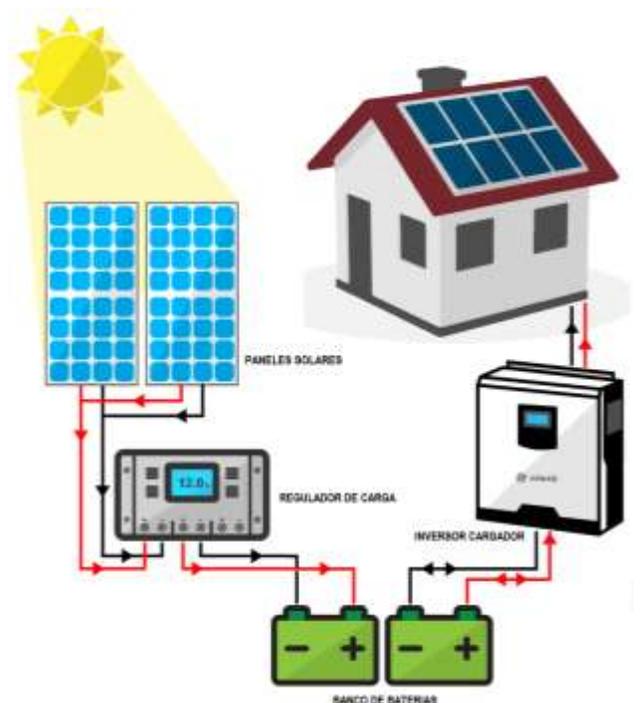


Figura 2. Inversor de baterías

En la figura 2 se observa esta aplicación del inversor de baterías donde se aprecia que el sistema solar no está conectado a la red eléctrica. Necesitan forzosamente el empleo de baterías y son capaces de generar una onda senoidal extrayendo energía de las baterías.

Se utilizan sobre todo para proveer luz en localizaciones sin conexión a la red eléctrica como casetas de campo, barcos, sistemas de bombeo, etc.

Dentro de este grupo podemos encontrar varios tipos de inversores de aislada:

➤ **Inversor aislado.**

Existen instalaciones fotovoltaicas que son 100% independientes de la energía de la red eléctrica.

Para estos casos, se requiere la instalación de bancos de baterías con el objeto de almacenar energía, debido a que el sol es una fuente intermitente y no está disponible por las noches.

Estos inversores generalmente incorporan funciones para cargar las baterías, controlar dicha carga y proporcionar seguridad, además de su función principal de conversión de corriente. Su finalidad es transformar la corriente continua (DC) de las baterías en corriente alterna (AC) a 220V para alimentar los electrodomésticos.

Para la protección de la batería están programados para detener el suministro cuando el voltaje en las baterías es muy bajo, evitando que se generen altas descargas.

Este inversor también incorpora protecciones contra sobrevoltaje, cortocircuito de salida, inversión de polaridad y excesiva temperatura.

➤ **Inversor cargador.**

Los inversores cargadores incorporan además un cargador interno capaz de cargar a las baterías usando una fuente de alimentación de externa, como los grupos electrógenos o la red eléctrica, tal como se aprecia en la figura 3.

Cuando en una instalación autónoma se prevé que en alguna época del año la luz solar no será suficiente para alimentar la instalación, la forma de solventar esta posibilidad es colocar una fuente de energía eléctrica de respaldo, como sería una planta eléctrica que genere la energía eléctrica requerida en ausencia de luz solar.



Figura 3. Inversor cargador

Un grupo electrógeno también denominado planta eléctrica tiene como función convertir energía mecánica en energía eléctrica. Consiste básicamente en alternador acoplado a un motor el cual pueden utilizar diferentes combustibles como el gasóleo o el diésel, el gas natural.

Cuando la instalación fotovoltaica no puede cargar a la batería suficientemente, el inversor cargador se encarga de conectar el grupo electrógeno para recargarlas, lo que evita que la instalación quede sin energía. De igual forma, si se dispone de conexión a la red eléctrica podría conectar las baterías a la misma para recargarlas, no obstante, no tiene sentido tener una instalación autónoma con baterías con conexión a la red.

La ventaja de los inversores cargadores radica en que el sistema se independiza de las condiciones meteorológicas, funcionando incluso en días nublados o con lluvia, también cuando el consumo es superior al esperado y la batería está descargada.

Al incorporar el cargador interno, cuando una fuente auxiliar de energía está presente, toda la energía suministrada a la vivienda proviene de la fuente auxiliar y al mismo tiempo se cargan las baterías, de este modo se aprovecha la energía de la fuente auxiliar al máximo.

Estos inversores permiten el arranque de grupos electrógenos de forma automática, alimentar consumos muy elevados sumando a la energía de la fuente auxiliar energía procedente de la batería y además permiten instalar menor número de paneles solares, ya que la energía extra necesaria en la vivienda será cubierta por un grupo electrógeno y no es necesario instalar un excedente de paneles solares que producirían un sobrante de energía durante todo el año, de esta forma se disminuyen los costos de la instalación.

➤ **Inversor regulador.**

En el mercado ya existen muchos inversores de carga que llevan en su interior y conectado el regulador, con lo cual se tiene un equipo de 2 componentes en 1, inversor y regulador.

El inversor hace la conversión de DC a AC y el regulador se encarga de controlar la carga en la batería y las intensidades de la corriente.

En estos equipos los cables de conexión del regulador y del inversor vienen internamente lo que representa un ahorro de espacio físico y menores costos de cableado.

➤ **Inversores 3 en 1.**

Los inversores 3 en 1 incorporan inversor de baterías, regulador de carga y cargador de baterías. Estos equipos compactos son capaces de gestionar toda la energía de la instalación y por lo tanto se puede visualizar en el display digital toda la energía de carga procedente de los paneles solares, el estado de la batería y la energía de salida.

Por su facilidad de instalación, su reducido peso y su reducido coste, estos inversores 3 en 1 son cada vez más utilizados en las instalaciones solares.

Estos inversores son muy económicos, y tienen incorporadas la función del regulador, inversor y cargador, pero no son equipos tan robustos y eficientes como los convencionales comprados por separado. Son utilizados en sistemas fotovoltaicos de bastante potencia, ya que reduce los gastos en cableado y pérdidas en el sistema, además de ahorrar en espacio físico.

➤ **Los inversores de conexión a red.**

se utilizan en instalaciones con conexión a la red eléctrica. Estos inversores están equipados con seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) para maximizar la producción de los paneles solares.

La corriente proveniente de los paneles solares es transformada a corriente alterna (AC) y mediante un algoritmo de bucle de enganche de fase sincronizan la corriente alterna de

salida con la corriente alterna de la red eléctrica. De esta forma la energía puede ser consumida tanto en la vivienda como transferida a la red eléctrica para su venta. En la figura 4 se puede observar un sistema solar equipado con inversor conectado a la red eléctrica.



Figura 4 Inversor de conexión a red

Estos inversores no son capaces de generar una forma de onda sinusoidal de 220V, necesitan obligatoriamente seguir una onda presente bien sea de la red o de un inversor de baterías.

Dentro de este grupo podemos distinguir los siguientes inversores de conexión a red:

➤ **Inversor de autoconsumo directo.**

Los inversores de autoconsumo directo transforman la corriente continua de los paneles solares a corriente alterna y la inyectan directamente en el interior de la vivienda.

El voltaje de inyección es ligeramente superior al de la red eléctrica, lo que hace que toda la energía procedente de los paneles solares se consuma con prioridad a la energía de la red.

Por lo tanto el consumo de la vivienda será abastecido con la energía solar mientras esta sea suficiente, cuando el consumo es mayor a la producción solar se la diferencia es suplida con energía de la red.

Para el caso donde la producción solar sea superior al consumo de la vivienda el excedente de producción será transferido a la red.

Los inversores de conexión a red son conectados directamente a la red eléctrica y no necesitan de baterías. Un sistema sin baterías es mucho menos complejo y costoso que un sistema con baterías.

El principal inconveniente de esta aplicación es que un sistema solar conectado a la red que carece de baterías no puede proveer energía a la vivienda cuando se presenten cortes de suministro eléctrico.

Es muy importante tener presente, que por normativas y por la seguridad de las personas que trabajan en las líneas eléctricas, estos inversores conectados a la red se apagarán hasta que se restablezca el suministro, de esta forma, se evita que transfieran energía a la red y puedan provocar lesiones a los trabajadores de la compañía eléctrica sin ellos saberlo.

Otro punto a tener en cuenta es que para poder acogerse a los programas estatales de ayudas y subvenciones que existen, el inversor solar debe estar conectado a la red eléctrica.

Para un mejor aprovechamiento del inversor, que funcione el mayor tiempo posible al 100% de su capacidad, se suele dimensionar un 15%

más de potencia en paneles que la del inversor como regla básica.

➤ **Inversor de autoconsumo con baterías (híbridos).**

Los inversores de autoconsumo con baterías además de realizar las funciones de los inversores de autoconsumo normales, son capaces de almacenar el excedente de energía solar en las baterías para poder ser utilizada con posterioridad.

Al estar interconectados con la red de distribución eléctrica y además ser capaces de gestionar la energía de los paneles solares y de las baterías estos inversores también son conocidos como gestores energéticos o inversores híbridos.

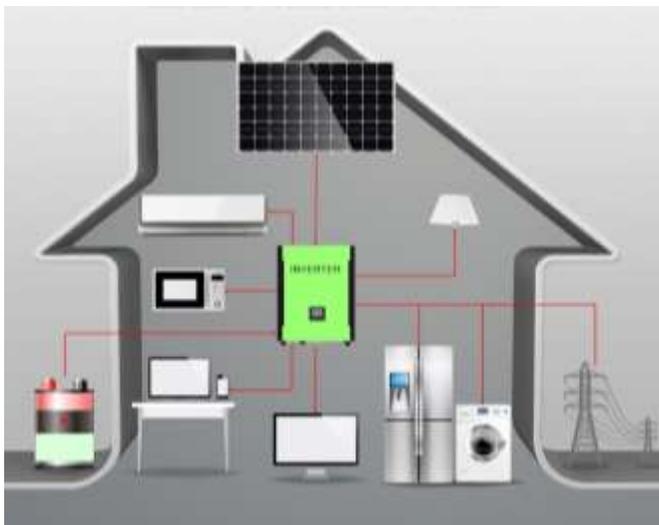


Figura 5. Autoconsumo con baterías híbrido conectado a red

En la figura 5 se puede apreciar un sistema solar autoconsumo conformado por un inversor híbrido conectado a baterías y a la red eléctrica.

5. Protecciones del Inversor

El inversor debe incorporar algunas protecciones:

- Debe estar protegido frente a tensiones de entrada y salida fuera del margen de

operaciones. Sobretensiones y bajas tensiones se desconecta.

- Debe estar protegido frente a frecuencias fuera del rango permitido.
- Debe estar protegido frente a la desconexión del acumulador.
- Debe estar protegido frente a cortocircuitos en la salida de corriente alterna.
- Debe estar protegido frente a sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.
- Suelen llevar un fusible para sobrecargas y cortocircuitos en la parte de entrada (continua), que en caso de rotura, se produciría antes la rotura del fusible que la rotura del inversor.
- En la parte de alterna suelen llevar a la salida un magnetotérmico para sobrecargas y un diferencial para contactos indirectos.
- Normalmente los inversores llevan incorporados indicadores luminosos y alarmas que indican el estado de funcionamiento del inversor o incluso una pantalla digital. Algunos tienen la posibilidad de ser monitorizados por medio de su conexión a un ordenador.

6. Mantenimiento de un Inversor

Algunas de las actividades que se pueden realizar para mantener los inversores, no difiere mucho de las especificaciones generales, siendo algunas de las operaciones que se pueden realizar las siguientes:

- De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.

- Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
- Comprobar que no exista ninguna alarma de mal funcionamiento de la instalación.
- Control del funcionamiento de los indicadores.
- Medición de eficiencia y distorsión armónica.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

7. Dimensionado del inversor en instalaciones autónomas.

Los parámetros que se utilizan para realizar el dimensionado de un inversor son voltaje nominal de entrada en DC, el voltaje de salida en AC y la potencia nominal.

El voltaje nominal de entrada del inversor debe concordar con el voltaje nominal del banco de baterías. Si es de 24V el voltaje de entrada del inversor, el del banco de baterías deberá ser también de 24V.

Otro punto importante es que dependiendo del voltaje de salida, si es monofásico será de 220V y si es trifásico de 440V teniendo una onda senoidal y a una frecuencia de 60 Hz.

Para la potencia nominal del inversor se aplica el criterio de que la suma de todas las potencias de las cargas conectadas que puedan funcionar

simultáneamente no sobrepasara dicha potencia nominal.

Normalmente, se suman todas las potencias de las cargas y se incrementa ese valor en un 25% es decir, se multiplica la suma de las potencias por un factor de 1,25 para sobredimensionar el equipo.

Si la instalación en corriente alterna posee un interruptor de control de potencia o un interruptor general automático, las corrientes de estos equipos nos proporcionará la máxima potencia que tendrá que soportar el inversor.

Ejemplo.

Imaginemos que tenemos la siguiente carga para ser alimentada por nuestro sistema fotovoltaico:

- 1 refrigerador de 1.000 vatios
- 10 Lámparas LED de 15 vatios cada una
- 1 Laptop de 150w
- 1 Aire acondicionado split de 1.100 vatios

El total de de potencia necesaria para alimentar toda la carga es de 2.400 vatios

Sobredimensionando el equipo por seguridad en un 25% tenemos 3.000 vatios, es decir, el inversor deberá ser buscado de forma que pueda manejar esta potencia.

Se debe tener muy en cuenta el tipo de carga que va manejar el inversor, el ejemplo anterior se baso en cargas lineales o resistivas, cuando se trata de cargas inductivas como motores, para determinar la potencia nominal se debe trabajar con las potencias aparentes de las cargas en voltio-amper (VA), no con las activas en vatios (W), puesto que la potencia nominal del inversor se especifica para un factor de potencia igual a la unidad.

Así mismo, se debe tener en cuenta que las cargas de motores consumen más potencia durante la fase de arranque, por tal motivo, hay que tener en cuenta que durante ese periodo de

tiempo el inversor deberá ser capaz de soportar ese exceso de potencia, esto lo podremos observar viendo su capacidad de sobrecarga.

Recuerde, que al enchufar electrodomésticos con motores, estos tienen picos de corrientes elevados en los arranques, como las licuadoras.

8. Dimensionado inversor en instalaciones conectadas a la red.

Al instalar un inversor de conexión a red estamos ahorrando en instalar baterías, uno de los elementos más costosos de los sistemas solares.

De esta forma, el costo de la instalación baja considerablemente y se podrá amortizar en menos tiempo.

La potencia nominal se calcula el 80% y el 90% de la potencia total generada por los paneles. Potencia máxima generada por los paneles en condiciones normales (CEM).

No es recomendable realizar el dimensionamiento del inversor para operar al 100%, de ser así, el inversor estaría trabajando en condiciones de baja potencia de salida y con bajo rendimiento.

Recuerde que el inversor debe soportar el voltaje máximo que se genera en los paneles solares en vacío (V_{co}) y la corriente máxima o de cortocircuito (I_{sc}). La obtención de estos parámetros se ubican en las etiquetas de los paneles solares o en la hoja de características técnicas de los mismos. De igual forma, no olvide que cuando los paneles están conectados en serie sus voltajes se suman para obtener el voltaje total, y si están conectados en paralelo se suman las corrientes que aporta cada panel para tener la intensidad total.