



Equipamiento Didáctico para la Educación Técnica e Ingeniería

Equipo Modular de Energía Solar Fotovoltaica (Versión Completa)

&8 C'A5 BI 5 @

MINI-EESF

www.edibon.com

PRODUCTOS
5.- ENERGÍA



DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL EQUIPO



Certificado de Aprobación del Sistema de Gestión de Calidad



Certificado Unión Europea (seguridad total)



Normativas UL y CSA
(Todos nuestros productos cumplen con la normativa vigente de UL y CSA)



Certificado de Aprobación del Sistema de Gestión Ambiental



Certificado de Pertenencia a la Asociación Mundial Worlddidac

TABLA DE CONTENIDOS

7	MANUAL DE EJERCICIOS PRÁCTICOS	2
7.1	DESCRIPCIÓN.....	2
7.1.1	Introducción	2
7.1.2	Descripción de la unidad	7
7.1.3	Descripción del proceso	10
7.1.4	Cableado del EE-HYB-KIT	12
7.1.5	Posibilidades prácticas	13
7.1.6	Especificaciones	14
7.1.7	Dimensiones y peso.....	15
7.1.8	Servicios requeridos	15
7.2	Teoría.....	16
7.2.1	La célula fotovoltaica	16
7.2.2	¿Qué es un inversor?	27
7.2.3	Baterías para el almacenamiento de energía.....	31
7.2.4	Sistema fotovoltaico conectado a la red	36
7.3	OPERATIVIDAD.....	41
7.3.1	Inversor híbrido	41
7.3.2	Carga resistiva (0-1000 Ohm)	63
7.3.3	Batería	63
7.3.4	Panel solar fotovoltaico	63
7.4	INSTRUCCIONES PRINCIPALES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES	64
7.4.1	Encendido del EE-HYB-KIT	64
7.4.2	Uso del EE-HYB-KIT	64
7.4.3	Apagado del EE-HYB-KIT	65
7.5	EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO	66
7.5.1	Práctica 1: Conexionado de los diferentes elementos de la instalación entre sí.	66
7.5.2	Práctica 2: Estudio de la configuración del inversor híbrido.....	68
7.5.3	Práctica 3: Estudio del inversor en modo isla con la batería alimentando a la carga, desacoplado de la red y sin panel solar	69
7.5.4	Práctica 4: Estudio del inversor conectado a red, con ésta alimentando a la carga y con el panel solar y la batería desconectados.	73
7.5.5	Práctica 5: Estudio del inversor conectado a red, con ésta alimentando a la carga y cargando la batería y con el panel solar desconectado.	77
7.5.6	Práctica 6: Estudio de un apagón o “blackout” en la red, cuando ésta está alimentado a la carga y tiene que entrar la batería para alimentar la carga.....	81
7.5.7	Práctica 7: Estudio del inversor en modo isla con el panel solar y la batería alimentando a la carga y desacoplado de la red (opcional)	84
7.5.8	Práctica 8: Estudio del inversor conectado a red, junto con el panel solar y la batería, rotando la prioridad de las fuentes de alimentación y consumo (opcional).	89

7 MANUAL DE EJERCICIOS PRÁCTICOS

7.1 DESCRIPCIÓN

7.1.1 Introducción

En la última década, el auge de la automática, el crecimiento exponencial de la tecnología y el avance imparable de la electrónica (especialmente la electrónica de potencia) ha contribuido a mejorar y facilitar la implantación de nuevas tecnologías renovables para producir energía eléctrica. El uso de estas energías limpias es fundamental para mitigar el calentamiento global y reducir la huella de carbono que emiten las energías convencionales (carbón, petróleo y gas natural).

En la electrónica de potencia se encuentran multitud de convertidores (rectificadores, inversores, reguladores, etc) que son capaces de controlar y monitorizar la forma de onda de tensión y corriente que se generan, por ejemplo, en los alternadores de los aerogeneradores de un parque eólico o de convertir la corriente continua en corriente alterna proveniente de un panel fotovoltaico de una central solar, así como controlar la onda de tensión y corriente, frecuencia, armónicos, picos, valores eficaces y potencia que se inyecta a la red, que alimenta a unos consumos (viviendas, fábricas,...) o que alimenta a unas baterías en corriente continua.

En el caso que nos ocupa, se va a hablar brevemente sobre los convertidores que transforman la corriente continua en corriente alterna. Los inversores se clasifican principalmente en tres grandes grupos:

- *Inversores aislados de red*: No tienen la capacidad de conectarse a la red y, por tanto, consumir o ceder energía a ésta. Son capaces de alimentar cargas

en corriente alterna, como pueden ser unas viviendas, motores o bombas, fábricas u otro tipo de cargas y también son capaces de alimentar baterías en corriente continua.

- *Inversores conectados a red:* A diferencia de los anteriores, éstos sí son capaces de conectarse a la red y consumir o verter energía a ésta. También son capaces de alimentar diferentes cargas en corriente alterna, pero no son capaces de alimentar batería en corriente continua.
- *Inversores híbridos:* Este último tipo, son los más completos y que ofrecen todas las posibilidades. Son capaces de conectarse a la red y controlar el flujo de energía de manera bidireccional, de alimentar todo tipo de cargas en corriente alterna y de alimentar baterías en corriente continua.

El “EE-HYB-KIT” ha sido diseñado por Edibon para estudiar y aprender el funcionamiento de los nuevos inversores híbridos y profundizar a cerca de sus aspectos constructivos, topología, posibilidades de operación, relación y comunicación con el resto de los elementos de la red y control de las variables eléctricas (tensión, intensidad, potencia activa y reactiva, frecuencia, energía, desfases o armónicos). Para ello, el Kit cuenta con una entrada de alimentación DC para conectar un panel solar fotovoltaico PV (no incluido), una entrada DC para conectar una batería de 12V (incluida), una salida AC que alimenta a unas cargas resistivas monofásicas variables simulando un consumo (0-1000 Ohm) y una toma de conexión a red monofásica (220-240V AC/50Hz ó 110V AC/60Hz) para consumir o inyectar energía a la red. Además, dispone de voltímetros y amperímetros en la entrada de la batería, de las cargas y de la red para tener lectura directa en tiempo real de tensión y corriente en todos los puntos, así como protecciones diferenciales y magnetotérmicas en bornes de la red y de la batería para garantizar la seguridad de los elementos y los usuarios.

Otro aspecto interesante que el usuario podrá estudiar con el “EE-HYB-KIT”, es que podrá trabajar como un sistema de alimentación ininterrumpida. El usuario podrá desconectar de forma repentina la entrada de la red eléctrica y simular un “apagón”, provocando así una situación anómala ante la cual el inversor y la batería tomarán el relevo para dar suministro a la carga resistiva local.

Por ello, el EE-HYB-KIT se compone de los siguientes elementos:

Elementos incluidos:

EE-HYB-KIT:

- Voltaje de alimentación: 230VAC.
- Frecuencia: 50/60 Hz.
- Potencia nominal: 1000W.
- Interruptor de encendido.
- Amperímetro bidireccional de CC: -50 A – 0 – 50 A.
- Voltímetro de CC: 0 – 15VCC.
- Amperímetro de CA para la medida del consumo de la carga: 0 – 5A.
- Voltímetro de CA para la medida del voltaje en la carga: 0 -250 VAC.
- Amperímetro de CA para la medida de corriente de entrada de la red: 0 – 5A.
- Voltímetro de CA para la medida del voltaje de la red: 0 -250 VAC.
- Seccionador de red.

- Seccionador de carga.
- Seccionador de batería.
- Interruptor magnetotérmico de batería de 40A.
- Interruptor magnetotérmico diferencial 230VAC, 10A, 30mA.
- Fusibles: 2 x 16A.
- Resistencia variable: 0 – 1000 Ohm, 1000 W.
- Inversor híbrido:
 - Voltaje de la batería: 12VCC.
 - Regulador MPPT: 17 – 80 VCC.
- Batería de gel:
 - Voltaje nominal: 12VCC.
 - Capacidad: 60Ah.



Figura 1. EE-HYB-KIT

7.1.2 Descripción de la unidad

7.1.2.1 EE-HYB-KIT. Kit de inversor híbrido para la conexión a la red eléctrica.

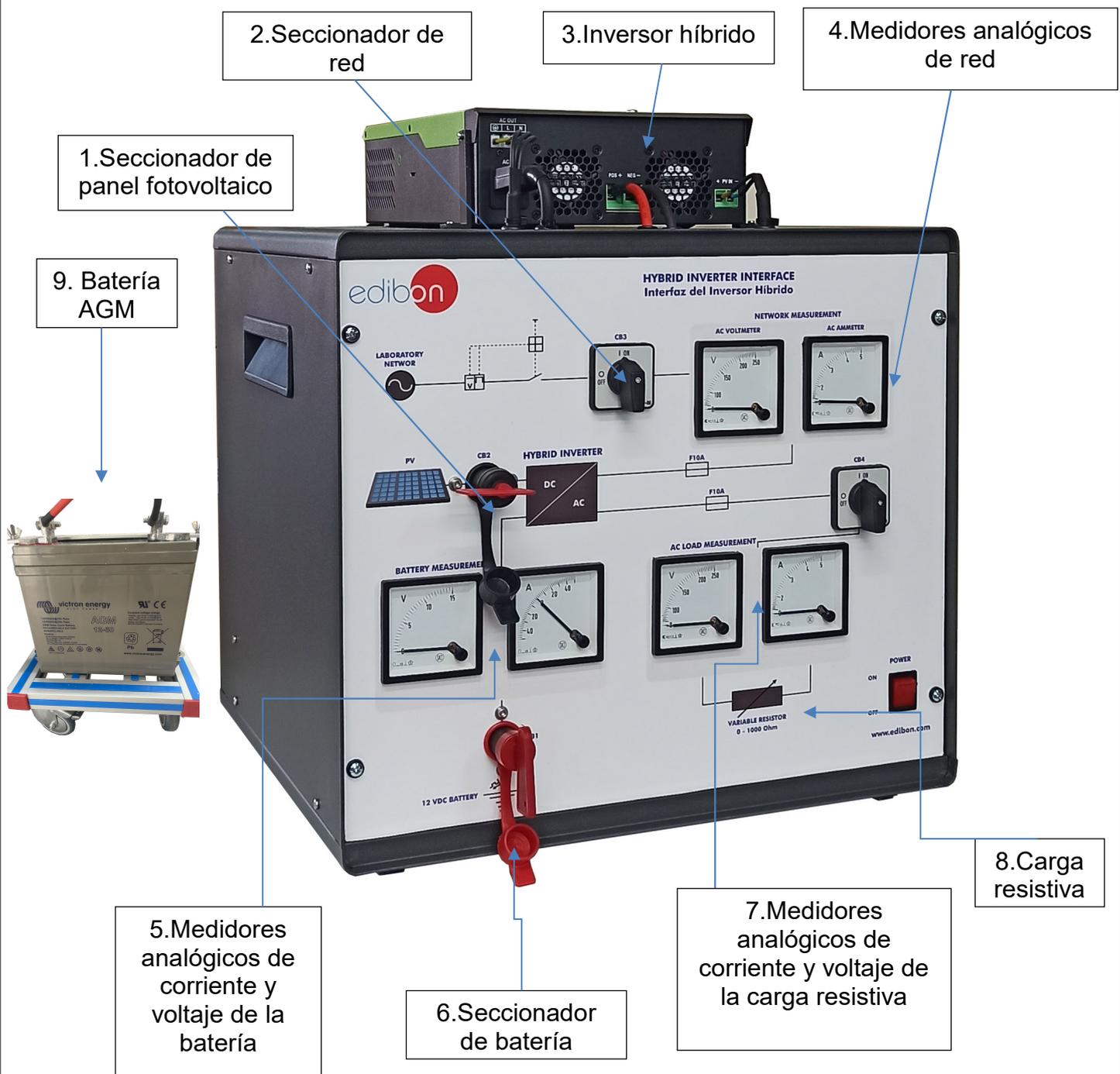


Figura 2. Estructura EE-HYB-KIT

Toda la unidad conforma un único kit que se utilizará para conectar fuentes o paneles, baterías, cargas y la red entre sí y controlar el flujo de potencia entre dichos elementos por medio del inversor. Para realizar estas funciones el EE-HYB-KIT se compone de las siguientes partes:

- 1. Seccionador de panel fotovoltaico:** Conecta el PV con el inversor híbrido para inyectar energía.
- 2. Seccionador de red:** Conecta el inversor con la red por medio de un selector que funciona como seccionador. Además, dispone de unas protecciones diferenciales y magnetotérmicas para abrir el circuito en caso de deriva o cortocircuito. Para conectar el inversor a red habrá que sincronizar tensión, frecuencia, secuencia de fases y desfase nulo en bornes del inversor y la red.
- 3. Inversor híbrido:** Es el elemento principal del kit. Tiene conexión con todos los elementos (panel, baterías, carga y red). Se encarga de controlar y administrar el flujo de potencia entre los distintos elementos en función de las capacidades, condiciones y demandas de éstos. Para ello, dispone de un circuito de mando o control que toma lectura de tensión y corriente de los diferentes elementos y, por medio de un controlador, en base a unas consignas introducidas por el usuario actúa en los transistores y semiconductores del circuito de potencia.
- 4. Medidores analógicos de red:** Son el voltímetro y amperímetro de corriente alterna que se encuentran en bornes de la red para tomar lectura de dichas variables y poder visualizarlas por el usuario, así como mandarle esos valores al inversor en tiempo real.
- 5. Medidores analógicos de corriente y voltaje de la batería:** Son el

voltímetro y amperímetro de corriente continua que se encuentran en bornes de la batería para tomar lectura de dichas variables y poder visualizarlas por el usuario, así como mandarle esos valores al inversor en tiempo real.

- 6. Seccionador de batería:** Se encarga de abrir y cerrar el circuito entre el inversor y la batería. Dispone, además, de protecciones diferencial y magnetotérmica DC para proteger a la batería y al usuario.
- 7. Medidores analógicos de corriente y voltaje de la carga resistiva:** Son el voltímetro y amperímetro de corriente alterna que se encuentran en bornes de la carga resistiva para tomar lectura de dichas variables y poder visualizarlas por el usuario, así como mandarle esos valores al inversor en tiempo real.
- 8. Carga resistiva:** Se compone de un reóstato variable de potencia que comprende valores entre 0 y 1000 Ohm simulando un consumo industrial, una fábrica, una vivienda, etc.
- 9. Batería AGM:** Es un elemento que no es imprescindible en instalaciones de autoconsumo, pero que da mucho margen de maniobra a estas instalaciones, ya que permite almacenar la energía sobrante de la producción fotovoltaica en caso de que la demanda esté cubierta y la red no admita en ese momento inyección de potencia. Así, estas baterías pueden suministrar energía a la carga más tarde cuando no haya producción fotovoltaica (por ejemplo, de noche) o haya un apagón en la red.

7.1.3 Descripción del proceso

El EE-HYB-KIT ha sido diseñado para estudiar el flujo de cargas (o potencias) en una instalación solar grande o una simple instalación de autoconsumo solar y ver las magnitudes y sentidos de las potencias en función del momento, demanda, producción y capacidad de los diferentes elementos de la instalación.

Se sabe que el precio de la energía varía a lo largo de las horas del día. El objetivo es consumir y almacenar el máximo de energía fotovoltaica cuando los precios de la energía de los servicios públicos son altos y consumir la energía de la red cuando los precios son bajos y la radiación solar no es suficiente. Dependiendo de la tarifa a la que esté sujeto el consumidor, podemos distinguir diferentes periodos de tarificación y es muy importante tener una buena planificación de la gestión energética. Por ejemplo, en una tarifa 2.0 el precio de la energía se divide en dos partes: pico y valle. La siguiente tabla muestra el precio de la energía según el horario de verano e invierno:

TARIFA	PERIODO	INVIERNO	VERANO
2.0 DHA	Pico	12-22 h	13-23 h
		0,31276398 €/ kWh	
	Valle	22-12 h	23-13 h
		0,18490349 €/kWh	

Figura 3: Tabla de tarifas energéticas

Una vez que el consumidor conoce el precio de la energía, es importante conocer el informe meteorológico (la radiación solar) para saber cuál será la capacidad de producción del día siguiente.

El esquema de funcionamiento sería el siguiente:

1. El inversor híbrido se conecta a la red del laboratorio y a la carga resistiva. Antes de la sincronización, el inversor comprueba los parámetros de la red y analiza si las condiciones son las adecuadas o no.
2. Si se dispone de panel solar, se debe configurar en función de la irradiación y temperatura del ambiente para trabajar en el punto de máxima potencia (MPPT) según su curva característica tensión-corriente.
3. Se debe comprobar que la batería está conectada al inversor y está preparada para suministrar y recibir energía de éste.
4. El inversor detecta una tensión de nivel de DC en la entrada del panel solar y/o de la batería y se inicia el procedimiento de sincronización.
5. A continuación, se realiza la sincronización y el inversor de red suministra energía a las cargas locales, a la red y a la batería si estuviese descargada o, en caso contrario, tomaría energía de ésta última. En esta situación son posibles varios escenarios que se estudiarán más adelante en el apartado de prácticas.

En resumen, el inversor permite configurar todas las opciones posibles de flujos de potencia en función de las condiciones y necesidades de la instalación controlando la magnitud y sentido de éstas, así como desconectar un elemento de la red si fuese necesario.

7.1.4 Cableado del EE-HYB-KIT

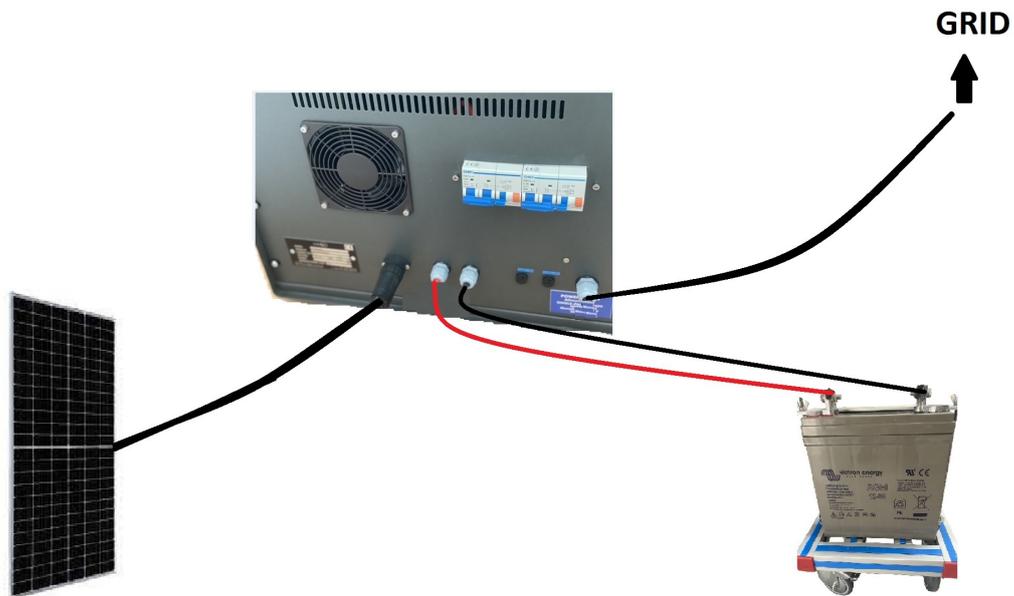


Figura 4: Esquema de cableado eléctrico

7.1.5 Posibilidades prácticas

- 1) Conexión de los diferentes elementos de la instalación entre sí.
- 2) Estudio de la configuración del inversor híbrido.
- 3) Estudio del inversor en modo isla con la batería alimentando a la carga, desacoplado de la red y sin panel solar.
- 4) Estudio del inversor conectado a red, con ésta alimentando a la carga y con el panel solar y la batería desconectados.
- 5) Estudio del inversor conectado a red, con ésta alimentando a la carga y cargando la batería y con el panel solar desconectado.
- 6) Estudio de un apagón o “blackout” en la red, cuando ésta está alimentando a la carga y tiene que entrar la batería para alimentar la carga.
- 7) Estudio del inversor en modo isla con el panel solar y la batería alimentando a la carga y desacoplado de la red (opcional).
- 8) Estudio del inversor conectado a red, junto con el panel solar y la batería, rotando la prioridad de las fuentes de alimentación y consumo (opcional).

NOTA: Para cada práctica habrá que hacer los conexiones y acoplamientos necesarios de los diferentes elementos, así como ajustar las variables de éstos (por ejemplo, el valor de resistencia de la carga de 0 a 1000 Ohm). Además, se puede realizar cada práctica variando el valor de dicha carga resistiva y viendo cómo afecta su modificación al flujo de potencias.

7.1.6 Especificaciones

7.1.6.1 EE-HYB-KIT:

- Voltaje de alimentación: 230VAC.
- Frecuencia: 50/60 Hz.
- Potencia nominal: 1000W.
- Interruptor de encendido.
- Amperímetro bidireccional de CC: -50 A – 0 – 50 A.
- Voltímetro de CC: 0 – 15VCC.
- Amperímetro de CA para la medida del consumo de la carga: 0 – 5A.
- Voltímetro de CA para la medida del voltaje en la carga: 0 -250 VAC.
- Amperímetro de CA para la medida de corriente de entrada de la red: 0 – 5A.
- Voltímetro de CA para la medida del voltaje de la red: 0 -250 VAC.
- Seccionador de red.
- Seccionador de carga.
- Seccionador de batería.
- Interruptor magnetotérmico de batería de 40A.
- Interruptor magnetotérmico diferencial 230VAC, 10A, 30mA.
- Fusibles: 2 x 16A.

- Resistencia variable: 0 – 1000 Ohm, 1000 W.
- Inversor híbrido:
 - Voltaje de la batería: 12VCC.
 - Regulador MPPT: 17 – 80 VCC.
- Batería de gel:
 - Voltaje nominal: 12VCC.
 - Capacidad: 60Ah.

7.1.7 Dimensiones y peso

- Dimensiones: 490 x 490 x 310 mm aprox.
- Peso: 40 Kg aprox.

7.1.8 Servicios requeridos

- Suministro eléctrico: monofásico, 220 VAC- 240 VAC/50 Hz ó 110 V/60 Hz, 1 kW.

7.2 TEORÍA

7.2.1 La célula fotovoltaica

7.2.1.1 ¿Cómo funciona una célula fotovoltaica?

Mediante las células fotovoltaicas, el equipo convierte directamente los fotones del sol en energía eléctrica. Esta conversión se debe principalmente a la capacidad de los semiconductores de liberar electrones como resultado de la absorción de un fotón de luz de energía suficiente.

En los semiconductores, la energía que une los electrones de valencia con el núcleo es similar a la energía de los fotones que forman la luz solar. Cuando ésta incide sobre el semiconductor (normalmente el silicio), los fotones con energía suficiente ($E > E_g$) proporcionan la citada energía a los electrones de valencia y rompen sus enlaces haciéndolos libres para moverse por el semiconductor.

El lugar que queda por la ausencia de los electrones liberados se llama hueco y tiene una carga positiva (igual a la del electrón pero de signo contrario), por lo que se dice que está formado por un electrón - hueco (eh). Estos huecos también se "mueven" y esto puede hacer que el electrón liberado caiga en un hueco cercano para conseguir que los enlaces de silicio se reconstruyan perfectamente de nuevo. En este proceso, el sistema convierte el exceso de energía en calor. Este proceso se llama recombinación.

La recombinación del electrón en el agujero es difícil incluso si se encuentran simultáneamente en la misma posición, ya que las condiciones necesarias para asegurar el cumplimiento de la conservación del impulso no son probables; es mucho más común que el proceso de recombinación tenga lugar asociado a un defecto en el

cristal, ya que estos destruyen la simetría del mismo y liberan la necesidad de conservación del impulso. El defecto puede capturar el electrón o el hueco.

Estos electrones y agujeros libres creados en lugares con luz tienden a propagar la luz a las zonas oscuras, y como resultado pierden su actividad. Sin embargo, cuando dos partículas se mueven en la misma dirección no producen corriente eléctrica, y tarde o temprano se recombinan restableciendo el enlace roto.

Sin embargo, si cerca de la región donde se han creado estos pares de electrones y agujeros se formara un campo eléctrico en el interior del semiconductor, el campo separaría los electrones de los agujeros, haciendo que cada uno diera vueltas en la dirección opuesta, y por tanto, dando lugar a una corriente eléctrica en la dirección del citado campo eléctrico.

Hay varias formas de crear un campo eléctrico de este tipo dentro del semiconductor, pero todas ellas se basan en el concepto de potencial de contacto y en la afinidad que tienen los distintos sólidos hacia los electrones.

7.2.1.2 Estructura básica de la célula fotovoltaica

En las células solares convencionales, el campo eléctrico mencionado en el párrafo anterior se consigue mediante la unión de dos regiones de un cristal de silicio, que han sido tratadas químicamente para la adición mediante la difusión de impurezas, de modo que la red cristalina del semiconductor no se interrumpe al pasar de una región a otra.

En una de las dos regiones, llamada "n", los electrones son muy abundantes en comparación con los huecos; esto se debe a que al semiconductor se le han añadido impurezas donantes de forma controlada (como el fósforo) en la región contigua conocida como "p". Lo contrario ocurre cuando se dopa con impurezas receptoras

(como el boro).

Por lo tanto, en esta unión p-n, existe un gradiente muy alto de ambos tipos de portadores, por lo que los electrones tienden a salir de la región en la que son mayoría, por el desplazamiento de cargas de mayor a menor concentración. Para que esto ocurra en la zona cercana a la unión a cargas fijas, se utilizan donantes con carga positiva en la "n" y aceptores con carga negativa en la "p", sin que se den las cargas de neutralización de electrones y huecos móviles respectivamente como se detalla en la figura.

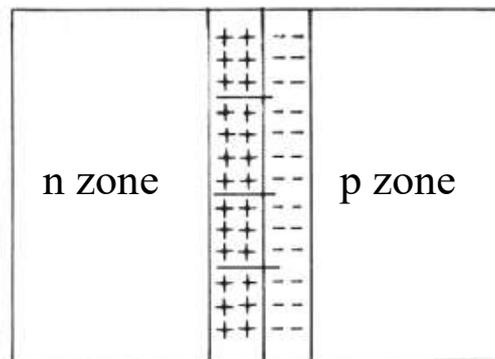


Figura 5: Zona de espacio de carga

Esto produce a ambos lados de la unión un campo eléctrico dirigido de "n" a "p". Desde el momento en que aparece un campo eléctrico, se produce una diferencia de potencial a ambos lados de la pared qV que hace que los electrones del "n" sean más bajos. En otras palabras, todos los niveles de energía del "p" qV se incrementan.

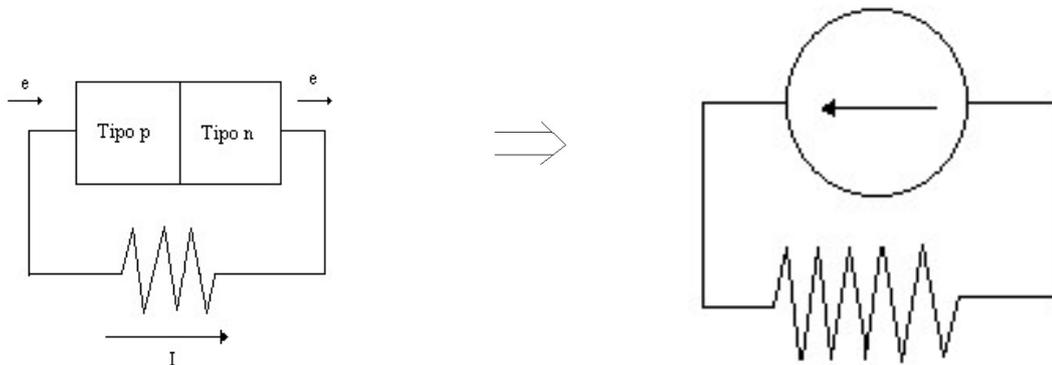


Figura 6: Representación eléctrica de la unión P-N

La corriente entregada a la carga por una célula solar fotovoltaica es el resultado de dos componentes de corriente internas opuestas. Estas componentes de corriente son

- La corriente de iluminación (I_L): Dada por los portadores que producen la iluminación.
- Corriente de oscuridad (I_0): Dada por la recombinación de portadores que produce la tensión necesaria para dar energía a la carga.

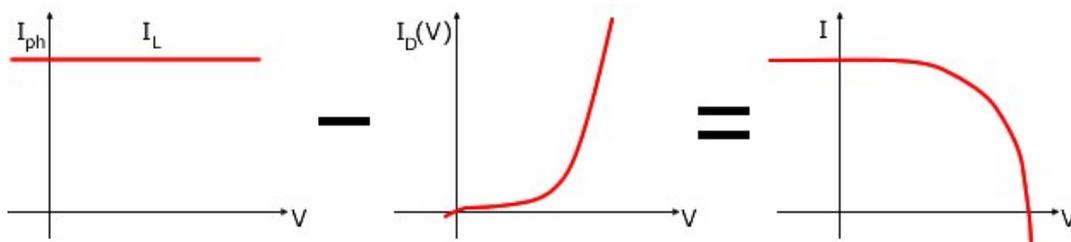


Figura 7: Curva característica de la célula fotovoltaica

La estructura de una célula solar es, en definitiva, la estructura de un diodo. Como tal, su característica IV medida en la oscuridad (sin luz) corresponde a la

característica exponencial de un diodo:

$$I \approx I_0(T) \left(\exp \frac{eV}{mkT} - 1 \right)$$

Cuya representación gráfica es:

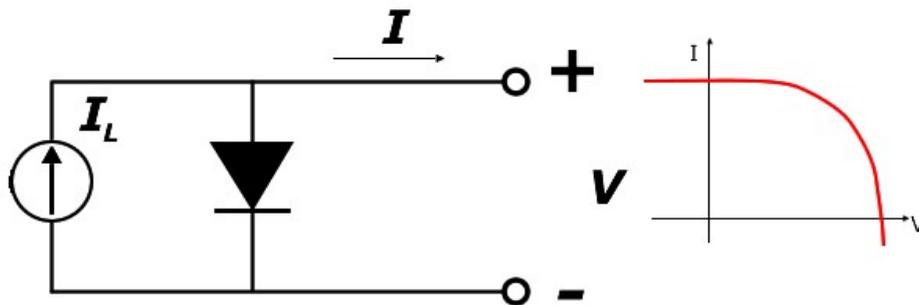


Figura 8: Curva característica de un diodo

Donde m se denomina factor de idealidad del diodo, un valor típicamente comprendido entre 1 y 2.

Esta corriente no es más que la recombinación dentro del dispositivo inducida por el efecto de la tensión V . Hay que tener en cuenta que la recombinación depende exponencialmente de la tensión V . El parámetro $I_0(T)$ se llama corriente de saturación inversa del diodo y es un parámetro fuertemente dependiente de la temperatura:

$$I_0(T) \propto \exp \frac{-E_g}{kT}$$

Ser consciente de esta dependencia de la temperatura es importante para entender el problema del calentamiento relacionado con el sol. Así, observe que la tensión, si la temperatura aumenta, la corriente I también aumenta. La caracterización

de la curva a través del valor de oscuridad de $I_0(T)$ también proporciona información sobre el alcance de la recombinación en la célula: cuanto mayor sea el valor de $I_0(T)$, más recombinantes son las células aparentemente idénticas.

Las células solares siguen, con un buen grado de aproximación, el llamado principio de superposición. Esto significa que, si se quiere obtener el flujo a través de una célula iluminada y sometida a una tensión V , el efecto de la carga, se puede hacer sumando la corriente que pasaría por la célula si estuviera sometida a la tensión V . Como aparece a continuación:

$$I = I_0(T) \left(\exp \frac{eV}{mkT} - 1 \right) - I_L$$

La característica ideal de la célula solar se ve alterada por la presencia de dos factores, la resistencia en serie y la resistencia en paralelo de la célula, que afectan en particular a la eficiencia de la célula.

La resistencia en serie, R_s , de la célula es una resistencia interna y se debe a la malla de metalización, a la resistencia de los contactos y a la resistencia del semiconductor en el que se ha fabricado. Como se ha mencionado anteriormente, el compromiso entre el factor de recubrimiento de la célula y este parámetro en el sentido de que cuando el factor de recubrimiento tiende a cero (la malla de metalización permite más luz) la resistencia en serie tiende a aumentar hacia el infinito.

La resistencia paralela, R_p , está causada por las imperfecciones en la calidad de la unión p - n que es la célula y es responsable de permitir la existencia de fugas de corriente.

Estos dos factores pueden tenerse en cuenta en el modelo de la célula solar, de

modo que su ecuación característica viene dada por la ecuación

$$I = I_0 (T) \left(\exp \frac{eV + R_s I}{mkT} - 1 \right) - I_L - \frac{V + R_s I}{R_p}$$

El modelo esquema eléctrico de esta ecuación se presenta en la siguiente figura:

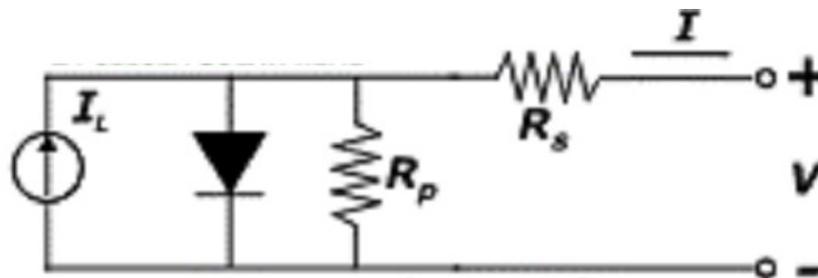


Figura 9: Circuito equivalente de una célula fotovoltaica

7.2.1.3 Parameters of a photovoltaic cell

En la figura se representa la curva de Corriente - Tensión (I-V) que define el comportamiento de una célula fotovoltaica:

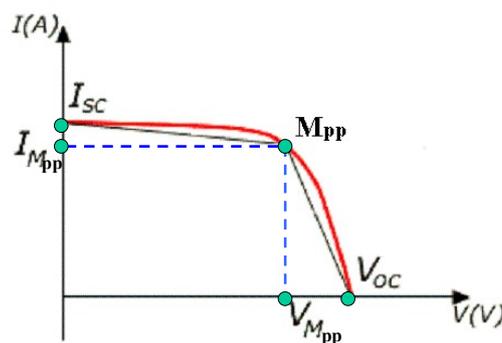


Figura 10: Curva característica corriente-tensión.

Aquí puedes ver los pasos que definen una célula típica. Son:

- **Corriente de cortocircuito I_{sc}**

Es la que se produce a tensión cero y puede medirse directamente con un amperímetro conectado a la salida de la célula solar. Su valor varía en función de la superficie y de la radiación luminosa a la que esté expuesta la célula. Para dar una idea de su orden de magnitud se dirá que su valor suele ser de decenas de miliamperios ($\sim 10-35$) por centímetro cuadrado de célula.

- **Tensión en circuito abierto V_{oc}**

Permite medir la tensión en ausencia de una carga conectada y representa la tensión máxima que puede dar una célula. Se puede obtener su medida simplemente conectando un voltímetro entre los terminales, y su valor varía en función del tipo de construcción del interior de la célula, alrededor de 0,5 V.

- **Punto de máxima potencia MPP**

Es la máxima potencia eléctrica que puede entregar una célula y viene definida por la curva I - V, donde la corriente del producto producido y la tensión es máxima. Todos los demás puntos de la curva generan valores inferiores del producto.

- **Factor de forma FF**

Se define por la expresión

$$FF = \frac{I_p V_p}{I_{cc} V_{ca}}$$

El factor de forma FF siempre será un valor menor que la unidad y la célula solar se aproximará tanto más al valor del factor de forma a esa cifra. Normalmente,

las células comerciales con FF están entre 0,7 y 0,8. El FF es un parámetro de gran valor práctico, ya que al ser evaluado con otros tipos de células da una idea de la calidad del dispositivo, comparativamente hablando.

- **Eficiencia de conversión, rendimiento**

Por último, otro parámetro que determina la calidad de una célula fotovoltaica es el rendimiento o eficiencia de conversión, representado por la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{W_p}{W_r}$$

Donde W_p (potencia de pico) es igual al producto de la corriente de pico (I_p) por la tensión de pico (V_p), representada en la figura por el rectángulo discontinuo y W_r de la radiación que incide sobre la superficie de la célula solar.

7.2.1.4 Factores que influyen en la célula característica I-V: Efecto de la radiación, Efecto de la temperatura

Para conocer el funcionamiento de una célula fotovoltaica hay que tener en cuenta dos conceptos fundamentales:

a) La tensión en bornes de una unión p-n depende de la variación de la temperatura, pero a una determinada temperatura esta tensión es constante.

b) La corriente suministrada por la célula solar a un circuito externo es proporcional a la intensidad de la radiación y a la superficie de la célula.

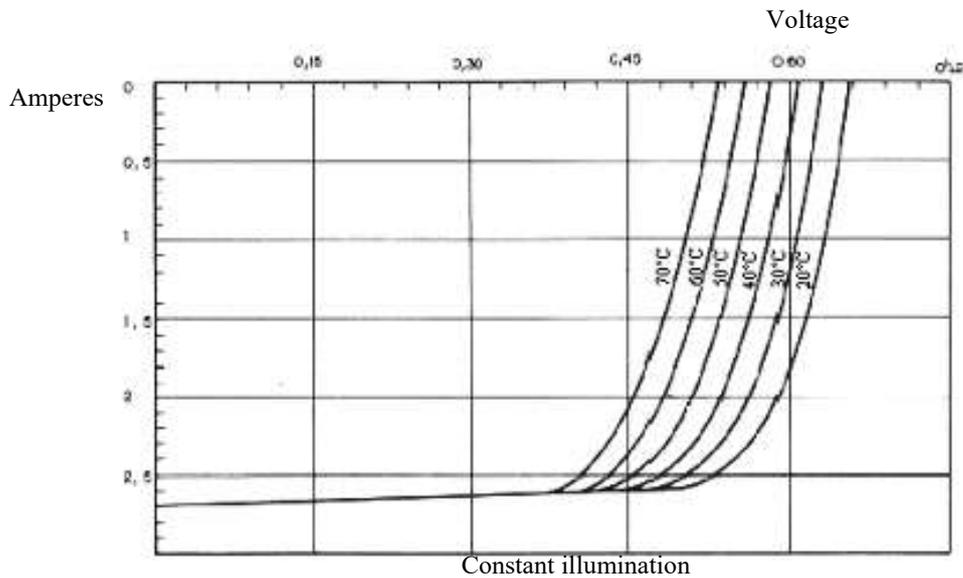


Figura 11: Curva corriente-radiación

Estos conceptos se muestran claramente en la gráfica, ya que vemos que si mantenemos una iluminación constante y variamos la temperatura, la curva inicial se va desplazando a medida que la tensión en circuito abierto se hace más pequeña.

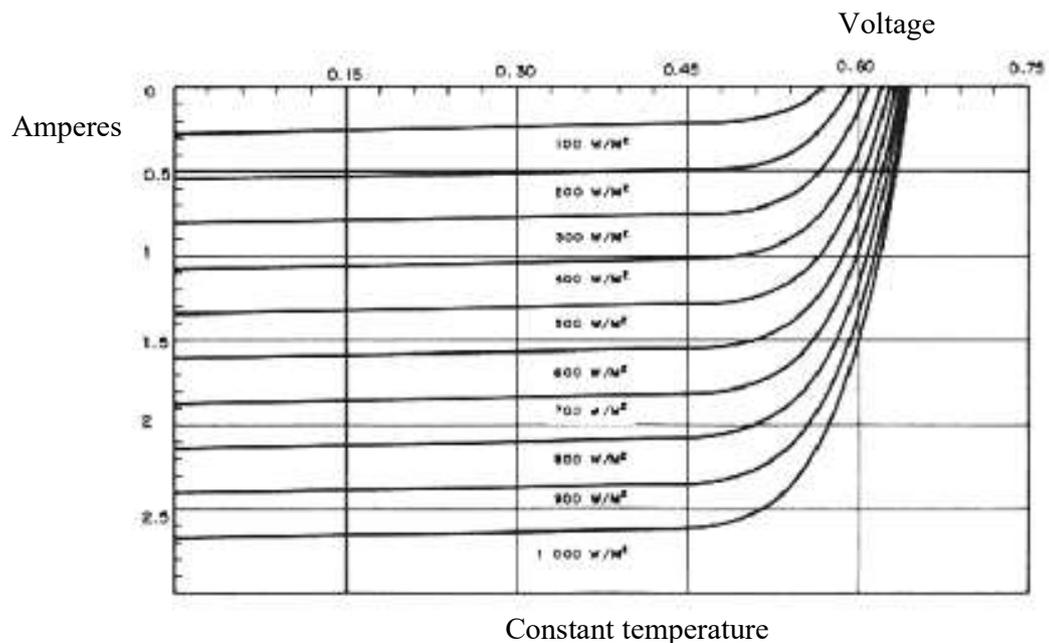


Figura 12: Influencia de la temperatura I

Otro gráfico muestra que, si la célula se mantiene a una temperatura constante y se reduce la radiación incidente, se obtienen las corrientes de cortocircuito que disminuyen, pero que están relacionadas proporcionalmente con las iluminaciones. Si ahora observamos el comportamiento de la tensión, la corriente y el rendimiento de la célula uniéndolos en una sola gráfica, obtendremos algunas deducciones muy interesantes, como el hecho de que si se aumenta la temperatura, la tensión se hace más baja, mientras que la curva correspondiente a la corriente aumenta su valor en menor proporción, lo que se traduce en una disminución del rendimiento. Podríamos decir, por tanto, que a medida que la temperatura de la célula aumenta, el rendimiento disminuye, produciéndose el efecto contrario, lo que significa un aumento del rendimiento a medida que la temperatura es menor.

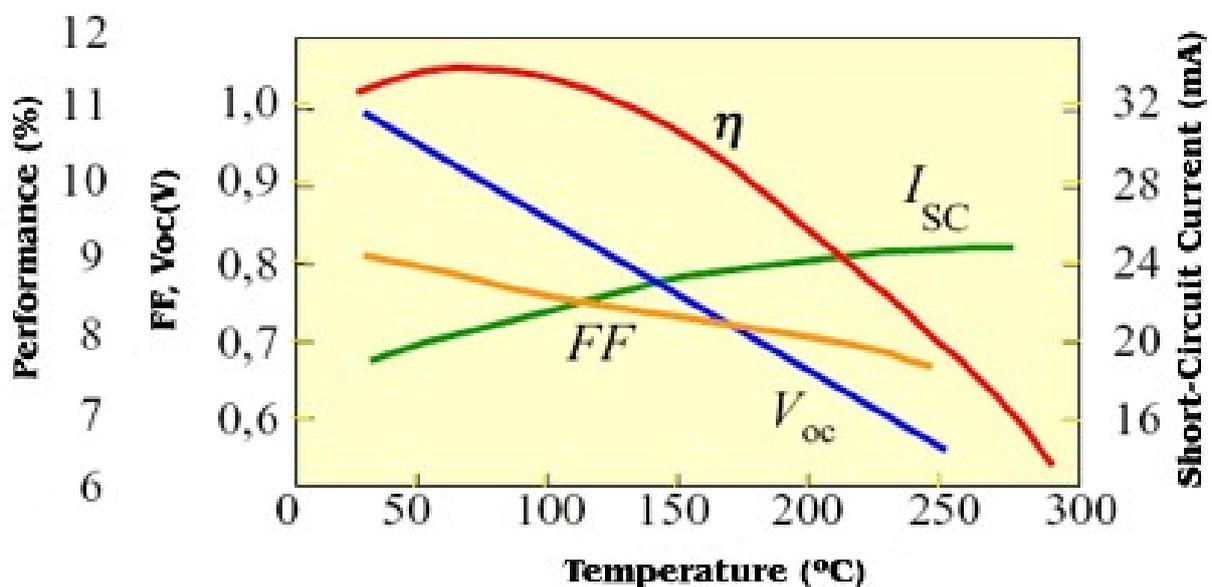


Figura 13: Influencia de la temperatura II

7.2.2 ¿Qué es un inversor?

Un inversor es un dispositivo eléctrico que convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA); la CA convertida puede tener cualquier tensión y frecuencia necesarias con el uso de transformadores, conmutación y circuitos de control adecuados.

Los inversores se utilizan habitualmente para suministrar energía de CA a partir de fuentes de CC, como paneles solares o baterías.

Hay dos tipos principales de inversores:

- La salida de un inversor de onda sinusoidal modificada es similar a la salida de onda cuadrada, excepto que la salida va a cero voltios durante un tiempo antes de cambiar a positivo o negativo.
- Un inversor de onda sinusoidal pura produce una salida de onda sinusoidal casi perfecta que es esencialmente la misma que la de la red eléctrica suministrada por la empresa. Por lo tanto, es compatible con todos los dispositivos electrónicos de CA. Este es el tipo que se utiliza en los inversores conectados a la red.

Una característica muy importante de los inversores avanzados es el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT). El MMPT es un sistema electrónico que hace funcionar los módulos fotovoltaicos (FV) de manera que varía el punto de funcionamiento eléctrico de los módulos para que éstos puedan suministrar la máxima potencia disponible. Los controladores convencionales (no MPPT) obligaban a los módulos a funcionar a una tensión constante, que no suele ser la tensión de funcionamiento ideal a la que los módulos son capaces de producir su máxima potencia disponible.

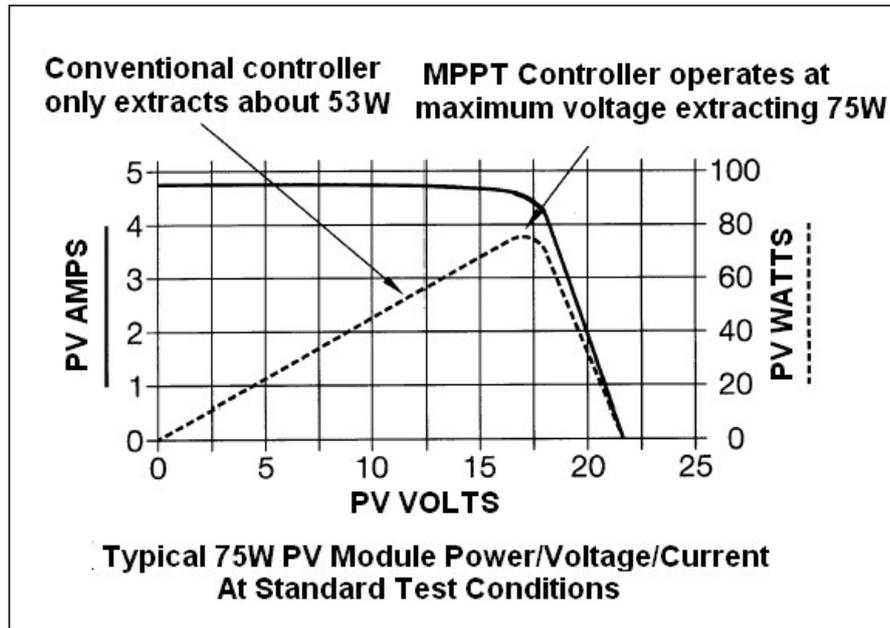


Figura 14: Controlador convencional VS Controlador MPPT

7.2.2.1 Diseños básicos

En un circuito inversor sencillo, la corriente continua se conecta a un transformador a través de la toma central del devanado primario. Un interruptor se conmuta rápidamente hacia adelante y hacia atrás para permitir que la corriente vuelva a la fuente de CC siguiendo dos caminos alternativos a través de un extremo del devanado primario y luego del otro. La alternancia del sentido de la corriente en el devanado primario del transformador produce corriente alterna (CA) en el circuito secundario.

La versión electromecánica del dispositivo de conmutación incluye dos contactos fijos y un contacto móvil soportado por un muelle. El muelle mantiene el contacto móvil contra uno de los contactos fijos y un electroimán tira del contacto móvil hacia el contacto fijo opuesto. La corriente en el electroimán se interrumpe por la acción del conmutador, de modo que el conmutador cambia continuamente de forma rápida hacia adelante y hacia atrás.

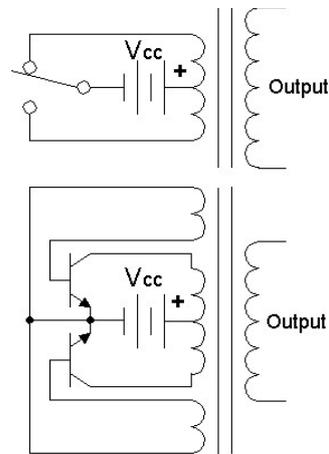


Figura 15: Diseño básico de un inversor

A medida que se actualizaban los elementos de potencia con potencias adecuadas, los transistores y otros tipos de interruptores semiconductores se han incorporado a los diseños de los circuitos de los inversores.

7.2.2.2 Formas de onda de salida

El interruptor del inversor simple descrito anteriormente, cuando no está acoplado a un transformador de salida, produce una forma de onda de tensión cuadrada debido a su simple apagado y encendido, en contraposición a la forma de onda sinusoidal que es la forma de onda habitual de una fuente de alimentación de CA. Mediante el análisis de Fourier, las formas de onda periódicas se representan como la suma de una serie infinita de ondas sinusoidales. La onda sinusoidal que tiene la misma frecuencia que la forma de onda original se llama componente fundamental. Las otras ondas sinusoidales, llamadas armónicas, que se incluyen en la serie tienen frecuencias que son múltiplos integrales de la frecuencia fundamental.

La calidad de la forma de onda de salida del inversor puede expresarse utilizando los datos del análisis de Fourier para calcular la distorsión armónica total (THD). La distorsión armónica total es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las tensiones armónicas dividida por la tensión fundamental:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2}}{V_1}$$

The quality of output waveform that is needed from an inverter depends on the characteristics of the connected load. Some loads need a nearly perfect sine wave voltage supply in order to work properly. Other loads may work quite well with a square wave voltage.

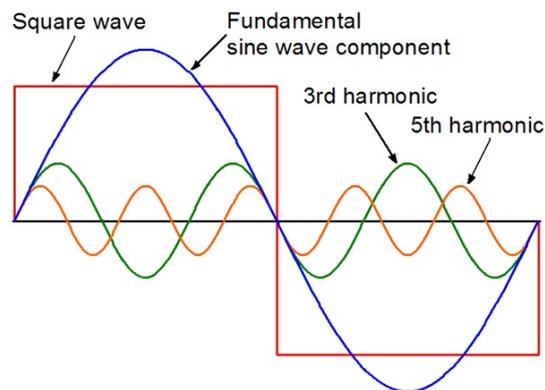


Figura 16: Forma de onda con los primeros armónicos

7.2.2.3 Diseños avanzados

Hay muchas topologías de circuitos de potencia y estrategias de control diferentes utilizadas en los diseños de inversores. Los diferentes enfoques de diseño abordan varias cuestiones que pueden ser más o menos importantes en función de la forma en que se vaya a utilizar el inversor.

La cuestión de la calidad de la forma de onda puede abordarse de muchas maneras. Se pueden utilizar condensadores e inductores para filtrar la forma de onda. Si el diseño incluye un transformador, el filtrado puede aplicarse al lado primario o secundario del transformador o a ambos lados. Los filtros de paso bajo se aplican para permitir que el componente fundamental de la forma de onda pase a la salida mientras se limita el paso de los componentes armónicos. Si el inversor está diseñado

para suministrar potencia a una frecuencia fija, puede utilizarse un filtro resonante. Para un inversor de frecuencia ajustable, el filtro debe sintonizarse a una frecuencia que esté por encima de la frecuencia fundamental máxima.

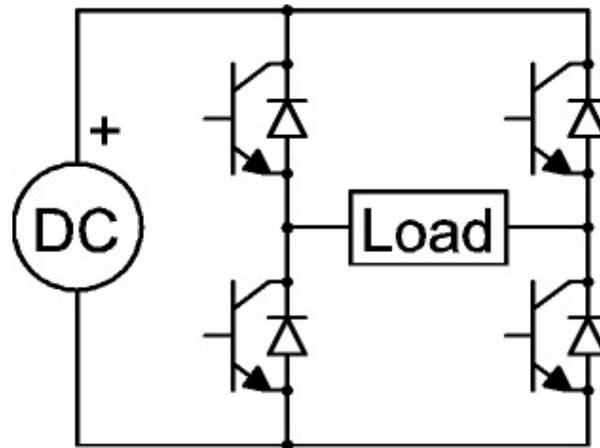


Figura 17: Diseño avanzado de un inversor

7.2.3 Baterías para el almacenamiento de energía

7.2.3.1 ¿Qué es una batería?

Una batería eléctrica, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica. Así, las baterías generan corriente continua y, de esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia.

Las baterías están plenamente incorporadas a nuestra vida cotidiana desde su invención en el siglo XIX y su comercialización masiva en el XX. El desarrollo de las baterías va de la mano con el avance tecnológico de la electrónica. Controles remotos, relojes, computadores de todo tipo, teléfonos celulares y un enorme grupo de artefactos contemporáneos utilizan pilas como fuente de alimentación eléctrica,

por lo que se fabrican con diversas potencias.

Las baterías poseen una capacidad de carga determinada por la naturaleza de su composición y que se mide en amperios-hora (Ah), lo que significa que la pila puede dar un amperio de corriente a lo largo de una hora continua de tiempo. Mientras mayor sea su capacidad de carga, más corriente podrá almacenar en su interior.

7.2.3.2 ¿Cómo funciona una batería?

El principio fundamental de una batería consiste en las reacciones de oxidación-reducción (redox) de ciertas sustancias químicas, una de las cuales pierde electrones (se oxida) mientras la otra gana electrones (se reduce), pudiendo retornar a su configuración inicial dadas las condiciones necesarias: la aplicación de electricidad (carga) o el cierre del circuito (descarga).

Las baterías contienen celdas químicas que presentan un polo positivo (ánodo) y otro negativo (cátodo), así como electrolitos que permiten el flujo eléctrico hacia el exterior. Dichas celdas convierten la energía química en eléctrica, mediante un proceso reversible o irreversible, según el tipo de batería, que una vez completo, agota su capacidad para recibir energía. En eso se distinguen dos tipos de celdas:

- *Primarias*: Aquellas que, una vez producida la reacción, no pueden volver a su estado original, agotando así su capacidad de almacenar corriente eléctrica. También se les llaman pilas no recargables.
- *Secundarias*: Aquellas que pueden recibir una aplicación de energía eléctrica para restaurar su composición química original, y pueden ser empleadas numerosas veces antes de agotarse del todo. También se les llaman pilas recargables.

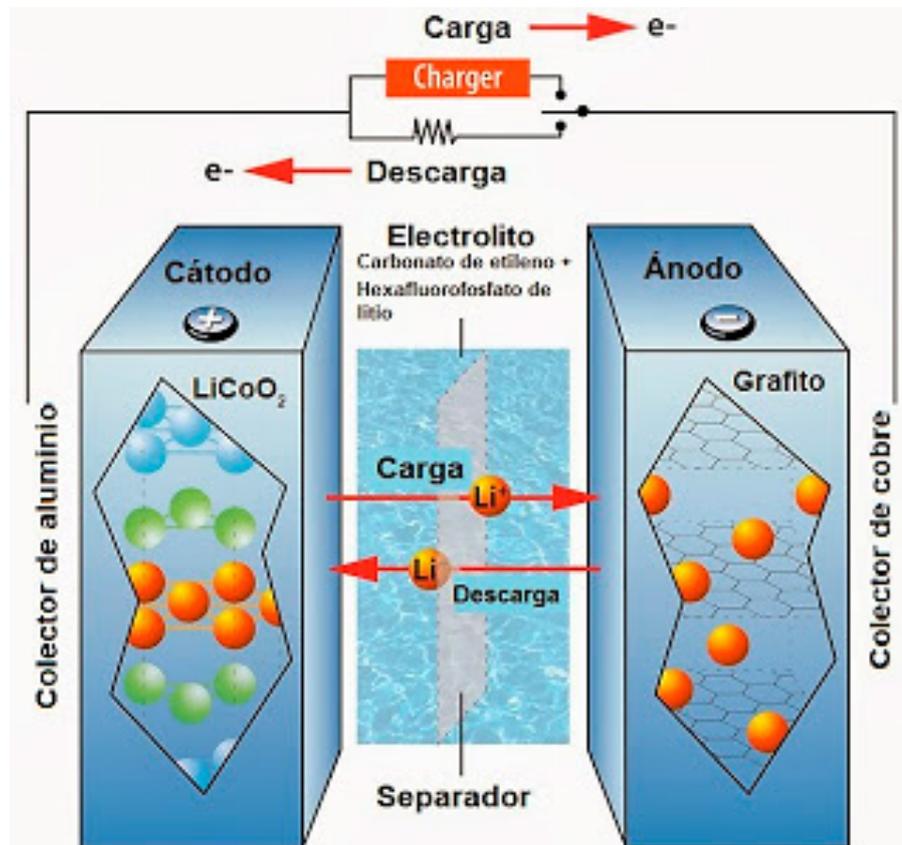


Figura 18: Esquema de funcionamiento de una pila/batería

7.2.3.3 ¿Qué tipos de baterías existen?

Existen muchos tipos de baterías, atendiendo a los elementos empleados en su fabricación, tales como:

1. **Baterías alcalinas:** Comúnmente desechables. Emplean hidróxido de potasio (KOH) como electrolito. La reacción química que produce energía ocurre entre el zinc (Zn, ánodo) y el dióxido de manganeso (MnO₂, cátodo). Son pilas sumamente estables, pero de corta vida.
2. **Baterías de ácido-plomo:** Comunes en vehículos y motocicletas. Son pilas recargables que cuando están cargadas poseen dos electrodos de plomo: un cátodo de dióxido de plomo (PbO₂) y un ánodo de plomo esponjoso (Pb). El electrolito

empleado es ácido sulfúrico (H_2SO_4) en solución acuosa. Por otra parte, cuando la batería está descargada el plomo se encuentra en forma de sulfato de plomo (II) ($PbSO_4$) depositado en plomo metálico (Pb). Entonces, durante la carga inicial el $PbSO_4$ se reduce a Pb en las placas negativas, y se forma PbO_2 en las positivas. En este proceso el plomo se oxida y se reduce a la vez. Por otro lado, durante la descarga el PbO_2 se reduce a $PbSO_4$ y el Pb se oxida para producir también $PbSO_4$. Estos dos procesos se pueden repetir cíclicamente hasta que los cristales de $PbSO_4$ se vuelven demasiado grandes por lo que pierden reactividad química. Este es el caso donde se dice coloquialmente que la batería se ha sulfatado y hay que sustituirla por una nueva batería.

2.1. Baterías de gel AGM: Es un tipo de batería de plomo-ácido. El término en las Baterías AGM (Absorbent Glass Mat) significa malla de fibra de vidrio absorbente. El electrolito queda absorbido en una malla de fibra de vidrio entre las placas por acción capilar. Las características principales de las baterías AGM son: Baja autodescarga, pueden almacenarse durante largos periodos de tiempo sin necesidad de recarga. Baja resistencia interna, aceptan corrientes de carga y descarga muy elevadas. Gran número de ciclos: Más de 2000 ciclos al 30% de descarga. VRLA (Valve Regulated Lead-Acid Batteries; baterías de plomo-ácido reguladas mediante válvulas) por lo tanto sin mantenimiento ni fuga de gases. Las baterías AGM no cuentan con mantenimiento. Lo que las hace ideales en aplicaciones de elevada exigencia de corriente, como arranque de motores y vehículos de tracción que necesitan picos de corriente elevados: caravanas, quads, motos de agua, transpaletas, carritos de golf, etc

3. **Baterías de níquel**: De muy bajo coste pero pésimo rendimiento, son algunas de las primeras en manufacturarse en la historia. A su vez, dieron origen a nuevas

baterías como:

- 3.1. Níquel-hierro (Ni-Fe): Consistían en tubos finos enrollados por láminas de acero niquelado. En las placas positivas tenían hidróxido de níquel (III) (Ni(OH)_3) y en las negativas hierro (Fe). El electrolito empleado es hidróxido de potasio (KOH). Si bien su duración era muy larga, se dejaron de fabricar por su bajo rendimiento y su alto costo.
- 3.2. Níquel-cadmio (Ni-Cd): Están compuestas por un ánodo de cadmio (Cd) y un cátodo de hidróxido de níquel (III) (Ni(OH)_3), e hidróxido de potasio (KOH) como electrolito. Estos acumuladores son perfectamente recargables, pero presentan baja densidad energética (apenas 50Wh/kg). Además, cada vez se usan menos debido a su elevado efecto memoria (reducción de la capacidad de las baterías cuando realizamos cargas incompletas) y a que el cadmio es muy contaminante.
- 3.3. Níquel-hidruro (Ni-MH): Emplean oxihidróxido de níquel (NiOOH) para el ánodo y una aleación de hidruro metálico como cátodo. Poseen una mayor capacidad de carga y menor efecto memoria respecto a las baterías de Ni-Cd, además no afectan el medio ambiente ya que no tienen Cd (muy contaminante y peligroso). Fueron las pioneras en usarse para vehículos eléctricos, dado que son perfectamente recargables.
4. **Baterías de iones de litio (Li-ION)**: Emplean como electrolito una sal de litio. Son las baterías más empleadas en la electrónica de pequeño tamaño, como celulares y otros artefactos portátiles. Se destacan por su enorme densidad energética, sumado a que son muy livianas, tienen pequeño tamaño y buen rendimiento, pero poseen una vida máxima de tres años. Otra ventaja que tienen es su bajo efecto memoria. Además, al sobrecalentarse pueden explotar, ya que

sus elementos son inflamables, por lo que su costo de producción es elevado debido a que hay que incorporarles elementos de seguridad.

- 5. Baterías de polímero de litio (LiPo):** Son una variación de las ordinarias baterías de litio, presentan mejor densidad de energía y mejor tasa de descarga, pero presentan el inconveniente de quedar inutilizadas si pierden su carga por debajo del 30%, por lo que es fundamental no dejar que se descarguen completamente. También pueden sobrecalentarse y explotar, por lo que es muy importante nunca dejar pasar demasiado tiempo hasta mirar la batería, o siempre mantenerla en un lugar seguro lejos de sustancias inflamables.

7.2.4 Sistema fotovoltaico conectado a la red

En los últimos años, el número de viviendas con energía solar conectadas a la red eléctrica local ha aumentado considerablemente. Estos sistemas fotovoltaicos conectados a la red tienen paneles solares que proporcionan parte o incluso la mayor parte de sus necesidades de energía durante el día, mientras que siguen conectados a la red eléctrica local durante la noche.

Los sistemas fotovoltaicos alimentados por energía solar pueden producir a veces más electricidad de la que realmente se necesita o consume, especialmente durante los largos y calurosos meses de verano. Esta electricidad extra o excedente se almacena en baterías o, como en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, se devuelve directamente a la red eléctrica.

En otras palabras, las casas y los edificios que utilizan un sistema fotovoltaico conectado a la red pueden utilizar una parte o la totalidad de sus necesidades energéticas con energía solar, y seguir utilizando la energía de la red eléctrica normal durante la noche o en los días nublados y lluviosos, ofreciendo lo mejor de ambos mundos. En los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, la electricidad va y viene

de la red eléctrica según las condiciones de luz solar y la demanda eléctrica real en ese momento.

En un sistema fotovoltaico conectado a la red, también conocido como sistema solar "conectado a la red", los paneles fotovoltaicos o el conjunto están conectados eléctricamente o "atados" a la red eléctrica local, que devuelve la energía eléctrica a la red.

La principal ventaja de un sistema fotovoltaico conectado a la red es su sencillez, sus costes de funcionamiento y mantenimiento relativamente bajos y la reducción de la factura eléctrica. Sin embargo, la desventaja es que hay que instalar un número suficiente de paneles solares para generar la cantidad necesaria de energía excedente.

Dado que los sistemas conectados a la red alimentan su energía solar directamente a la red, no son necesarias las costosas baterías de respaldo y pueden omitirse en la mayoría de los diseños conectados a la red. Además, como este tipo de sistema fotovoltaico está permanentemente conectado a la red, no es necesario calcular el consumo de energía solar ni el tamaño de los paneles solares, lo que ofrece una amplia gama de opciones que permiten instalar un sistema tan pequeño como 1,0 kWh en el tejado para ayudar a reducir las facturas de electricidad, o un conjunto mucho más grande montado en el suelo que es lo suficientemente grande como para eliminar prácticamente sus facturas de electricidad por completo.

7.2.4.1 Edificio sin sistema de protección externa contra el rayo

En un edificio sin sistema externo de protección contra el rayo, las sobretensiones peligrosas entran en el sistema fotovoltaico debido al acoplamiento inductivo resultante de los rayos cercanos o viajan desde el sistema de suministro eléctrico a través de la entrada de servicio hasta la instalación del consumidor. Deben

instalarse dispositivos especiales de protección contra sobretensiones (SPD) en todos los lugares siguientes

- Lado de CC de los módulos e inversores
- Salida de CA del inversor
- Cuadro principal de distribución de baja tensión
- Interfaces de comunicación por cable

Cada entrada de CC (MPP) del inversor debe estar protegida por un dispositivo de protección contra sobretensiones.

Las salidas de CA de los inversores están suficientemente protegidas si la distancia entre los inversores fotovoltaicos y el lugar de instalación del descargador en el punto de conexión a la red (alimentación de baja tensión) es inferior a 10 m. En caso de longitudes de cable mayores, debe instalarse un dispositivo de protección contra sobretensiones adicional antes de la entrada de CA del inversor.

Además, debe instalarse un dispositivo de protección contra sobretensiones antes del contador de la alimentación de baja tensión.

Si los inversores se conectan a líneas de datos y sensores para supervisar el rendimiento, es necesario instalar dispositivos de protección contra sobretensiones adecuados.

7.2.4.2 Edificio con sistema de protección contra rayos externo y distancias de separación suficientes

En este caso, el objetivo principal de la protección es evitar los daños a las personas y a los bienes derivados de la caída de un rayo. En este caso, es importante

que la instalación fotovoltaica no interfiera con el sistema externo de protección contra el rayo. Además, la propia instalación fotovoltaica debe estar protegida de la caída directa de rayos. Esto significa que debe instalarse en el volumen protegido del sistema externo de protección contra el rayo. Este volumen protegido está formado por sistemas de terminación en aire, como las barras de terminación en aire, que evitan los impactos directos de los rayos sobre los módulos y los cables fotovoltaicos. Para determinar este volumen protegido se puede utilizar el método del ángulo de protección o el método de la esfera rodante.

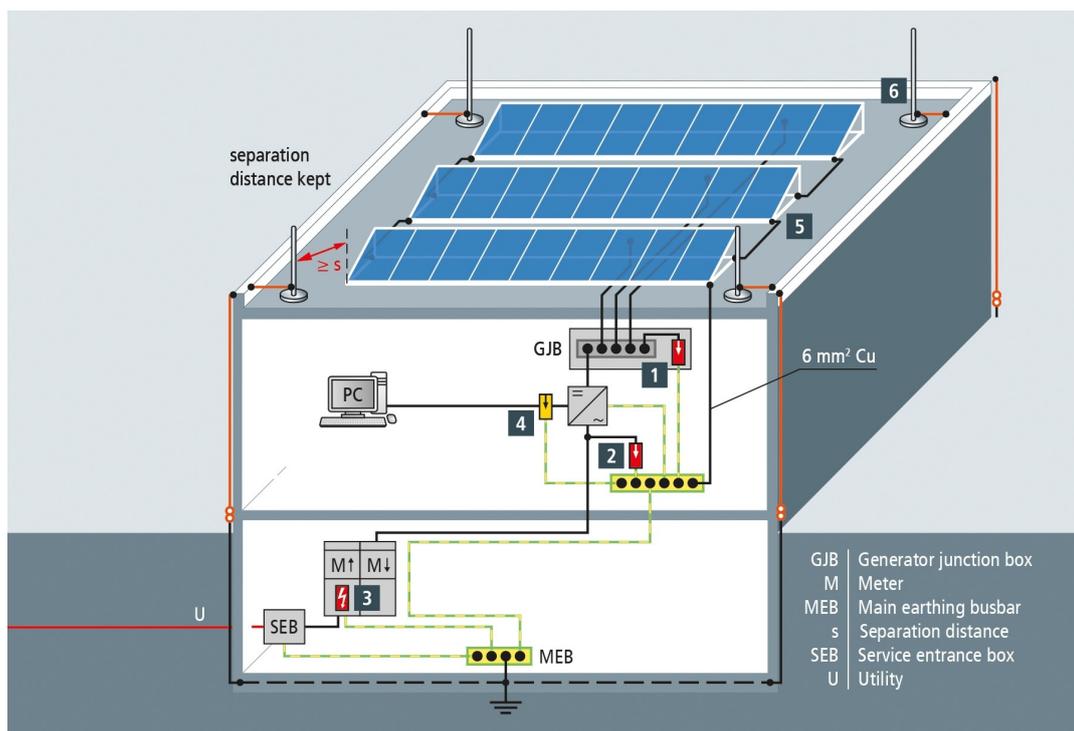


Figura 19: Edificio sin sistema de protección externa contra el rayo

Debe mantenerse una determinada distancia de separación entre todas las partes conductoras de la instalación fotovoltaica y el sistema de protección contra el rayo. En este contexto, deben evitarse las sombras del núcleo, por ejemplo, manteniendo una distancia suficiente entre las varillas de terminación en aire y el

módulo fotovoltaico.

La conexión equipotencial contra el rayo es una parte integral de un sistema de protección contra el rayo. Debe aplicarse a todos los sistemas y líneas conductoras que entren en el edificio y que puedan transportar corrientes de rayo.

Esto se consigue conectando directamente todos los sistemas metálicos e indirectamente todos los sistemas energizados a través de descargadores de corriente de rayo al sistema de toma de tierra. La conexión equipotencial contra el rayo debe realizarse lo más cerca posible del punto de entrada al edificio para evitar que las corrientes parciales de rayo entren en el edificio aparte de estar protegidas por los SPD.

Todas las entradas de CC del inversor deben estar protegidas por un descargador fotovoltaico. Esto también se aplica a los dispositivos sin transformador. Si los inversores están conectados a líneas de datos, por ejemplo para controlar el rendimiento, deben instalarse dispositivos de protección contra sobretensiones para proteger la transmisión de datos.

Los sistemas de generación de energía solar son una parte integral de los sistemas eléctricos actuales. Deben estar equipados con descargadores de corriente de rayo y de sobretensión adecuados, garantizando así el funcionamiento sin fallos a largo plazo de estas fuentes de electricidad.

7.3 OPERATIVIDAD

7.3.1 Inversor híbrido

Este equipo es un inversor/cargador multifunción que combina funciones de inversor, regulador de carga solar y cargador para ofrecer soporte de energía ininterrumpible con un tamaño apto para su transporte. Su pantalla ofrece botones de fácil acceso configurables por el usuario que permiten gestionar la corriente de carga de la batería, la prioridad AC/Solar y elegir el voltaje de entrada aceptable basado en diferentes aplicaciones.

En la siguiente imagen se muestra un esquema del inversor con la descripción de sus partes:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Pantalla LCD | 8. Salida AC |
| 2. Indicador de estado | 9. Entrada FV |
| 3. Indicador de carga | 10. Entrada de batería |
| 4. Indicador de fallo | 11. Disyuntor |
| 5. Botones de funcionamiento | 12. Puerto de comunicación USB |
| 6. Interruptor de potencia ON/OFF | 13. Puerto de comunicación RS-232 |
| 7. Entrada AC | |

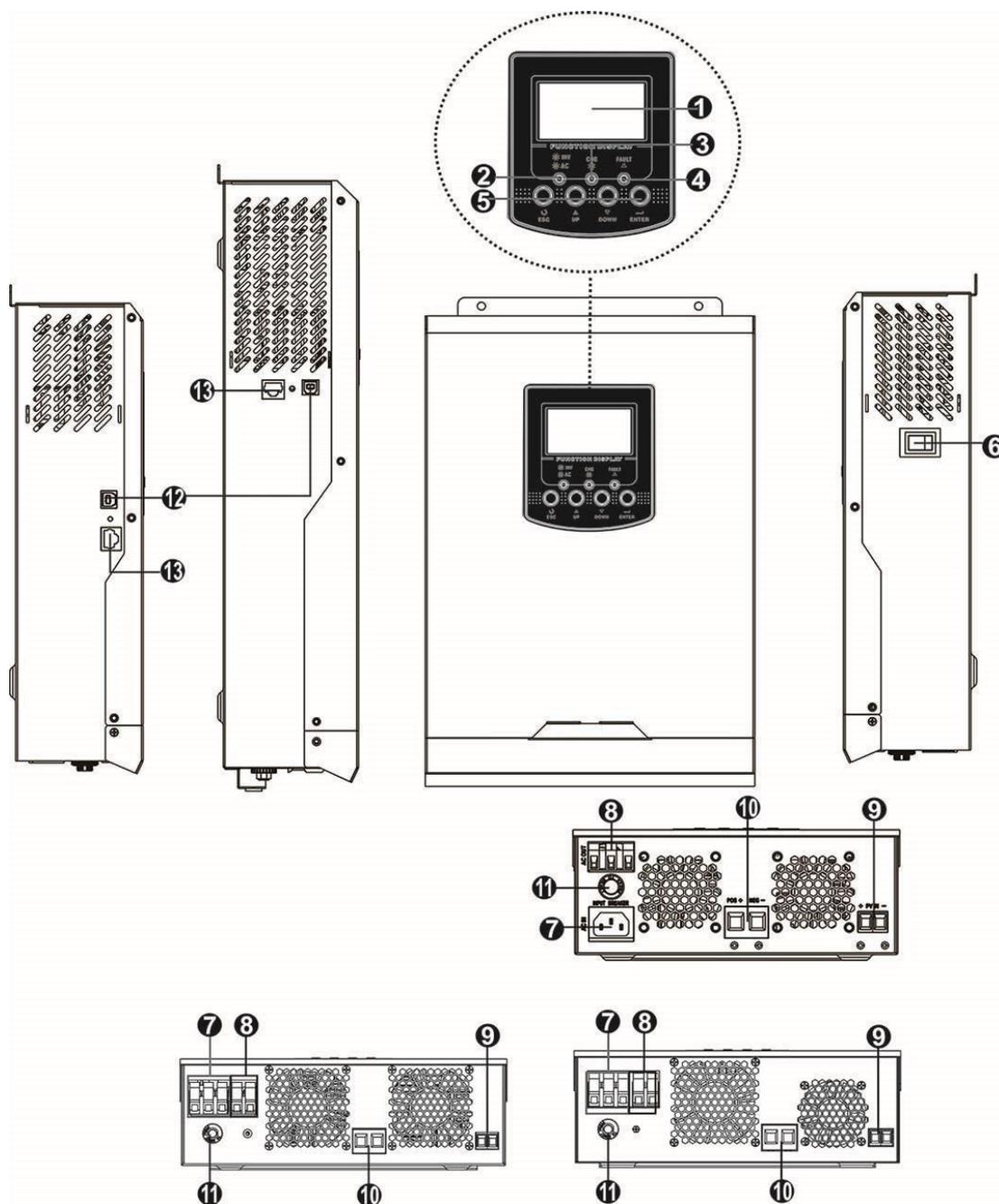


Figura 20: Esquema detallado del inversor híbrido

Una vez conectadas las baterías y el panel solar si se dispone de él, se enciende el inversor encendiendo el botón “power”. Es importante recalcar que el inversor sólo se encenderá cuando la batería esté conectada.

En cuanto a los tres pilotos de señalización, se especifica la funcionalidad de

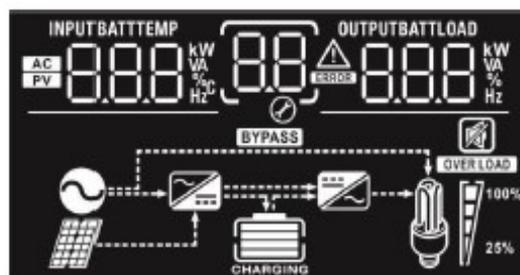
cada uno:

- El de más arriba (AC/INV) es de color verde. Si parpadea, es que la energía la suministra la batería o el panel solar. Si no parpadea, significa que la energía la suministra la red.
- El segundo (CHG) es de color verde e indica la carga de la batería. Si parpadea, indica que la batería se está cargando y, si no parpadea, indica que la batería está completamente cargada.
- El de más abajo (FAULT) es de color rojo e indica fallo. Si parpadea, significa que se está dando un aviso al inversor y, si no parpadea, indica que hay un fallo en el inversor.

En cuanto a las teclas de funcionamiento, se ha de saber lo siguiente:

- ESC: Salir del modo ajuste.
- UP: Ir a la selección previa.
- DOWN: Ir a la siguiente selección.
- ENTER: Confirmar la selección del modo ajuste o entrar al modo ajuste.

En cuanto a los iconos que aparecen en la pantalla LCD, se adjunta una table sacada del manual del fabricante que indica a qué corresponde cada uno:



Iconos	Descripción de función	
Información de fuente de entrada		
AC	Indica la entrada AC	
PV	Indica la entrada FV	
INPUTBATT 8.8.8 kW VA %C Hz	Indica el voltaje de entrada, la frecuencia de entrada, el voltaje FV, la corriente de carga (si el campo FV carga en modelos de 3K), la potencia de carga (sólo para modelos con MPPT) y el voltaje de batería.	
Programa de configuración e información de fallo		
88	Indica los programas de ajuste	
88	Indica los códigos de aviso y fallo.	
88	Aviso: 88 parpadeando con el Código de aviso.	
88	Fallo: 88 encendido con el código de fallo	
Información de salida		
OUTPUTBATTLOAD 8.8.8 kW VA %C Hz	Indica el voltaje de salida, la frecuencia de salida, el porcentaje de carga, carga en VA, carga en vatios y la corriente de descarga.	
Información de la batería		
CHARGING	Indica el nivel de batería en intervalos de 0-24%, 25-49%, 50-74% y 75-100% en el modo batería y el modo carga en línea.	
En modo AC, presentará el estado de carga de la batería.		
Estado	Voltaje de batería	Pantalla LCD
Modo corriente constante / Modo voltaje constante	<2V/celda	4 barras se iluminan en turnos.
	2 ~ 2.083V/celda	La barra inferior se enciende y las otras tres barras se iluminan en turnos.
	2.083 ~ 2.167V/celda	Las dos barras inferiores se encienden y las otras dos barras se iluminan en turnos.
	> 2.167 V/celda	Las tres barras inferiores estarán encendidas y la superior parpadeará.
Modo flotación. Baterías cargadas de forma completa.		Las cuatro barras estarán encendidas.

En modo batería, presentará la capacidad de la batería

Porcentaje de carga	Voltaje de batería	Pantalla LCD
Carga > 50%	< 1.85V/celda	
	1.85V/celda ~ 1.933V/celda	
	1.933V/celda ~ 2.017V/celda	
	> 2.017V/celda	
Carga < 50%	< 1.892V/celda	
	1.892V/celda ~ 1.975V/celda	
	1.975V/celda ~ 2.058V/celda	
	> 2.058V/celda	

Información de carga

	Indica sobrecarga			
	Indica el nivel de carga en intervalos de 0-24%, 25-49%, 50-74% y 75-100%.			
	0%~24%	25%~49%	50%~74%	75%~100%
				

Información del modo de funcionamiento

	Indica las unidades conectadas a la red
	Indica las unidades conectadas al campo FV
	Indica que la carga está suministrada por la potencia de la red
	Indica que el circuito de cargador en red está funcionando
	Indica que el circuito de inversión AC/DC está funcionando

Funcionamiento mudo

	Indica que la alarma está desactivada
---	---------------------------------------

Para configurar la pantalla LCD, el inversor dispone de unos programas (modo

ajuste) que se active presionando el botón ENTER durante 3 segundos. Para subir o bajar de programa, pulsar las teclas UP o DOWN, para seleccionar y editar un programa pulsar ENTER y para salir del modo ajuste pulsar ESC. Se adjunta una tabla extraída del manual del fabricante con la descripción detallada de cada programa:

Programa	Descripción	Opción seleccionable	
00	Salir del modo ajuste	Escape 00 ESC	
01	Prioridad de fuente de carga: Para configurar la prioridad de fuente de carga	Solar primero 01 SOL	La energía solar proporciona energía a las cargas como primera prioridad. Si la energía solar no es suficiente para alimentar todas las cargas conectadas, la energía de la batería suministrará energía a las cargas al mismo tiempo. La red suministra energía a las cargas sólo cuando ocurre alguna condición: - La energía solar no está disponible - El voltaje de la batería disminuye a la tensión de advertencia de nivel bajo o el punto de ajuste en el programa 12.
		Red primero (por defecto) 01 UTI	La red proporcionará energía a las cargas como primera prioridad. La energía solar y de la batería suministrará energía a las cargas sólo cuando no se disponga de energía de la red pública.
		Prioridad SBU 01 SBU	La energía solar proporciona energía a las cargas como primera prioridad. Si la energía solar no es suficiente para alimentar todas las cargas conectadas, la energía de la batería suministrará energía a las cargas al mismo tiempo. La red suministra energía a las cargas sólo cuando el voltaje de la batería cae a una tensión de aviso de nivel bajo o al punto de ajuste en el programa 12.
02	Corriente de carga máxima: Para configurar la corriente de carga total de los cargadores solares y de la red. (Corriente de carga máxima = corriente de carga de la red pública + corriente de carga solar)	Opciones disponibles en los modelos 1KVA/2KVA:	
		10A 02 10 ^A	20A 02 20 ^A
		30A 02 30 ^A	40A 02 40 ^A
		50A (Por defecto) 02 50 ^A	

02	Corriente de carga máxima: Para configurar la corriente de carga total de los cargadores solares y de la red. (Corriente de carga máxima = corriente de carga de la red pública + corriente de carga solar)	Opciones disponibles en el modelo de 3KVA	
		10A 02 10 ^A	20A 02 20 ^A
		30A 02 30 ^A	40A (Por defecto para el modelo MPPT) 02 40 ^A
		50A (Por defecto para el modelo PWM) 02 50 ^A	60A 02 60 ^A
		70A (Por defecto para el modelo PWM) 02 70 ^A	
		Opciones disponibles para los modelos 3KVA Plus/5KVA:	
		10A 02 10 ^A	20A 02 20 ^A
		30A 02 30 ^A	40A 02 40 ^A
		50A (Por defecto para el modelo PWM) 02 50 ^A	70 ^A (Por defecto para el modelo MPPT) 02 60 ^A
		70A 02 70 ^A	80A 02 80 ^A
90A 02 90 ^A	100A 02 100 ^A		
110A 02 110 ^A	120A (Solo para el modelo MPPT) 02 120 ^A		
03	Rango de voltaje de entrada AC	Electrodomésticos (por defecto) 03 APL	Si se selecciona, el rango de voltaje de entrada AC aceptable será de 90-280VAC
		UPS 03 UPS	Si se selecciona, el rango de voltaje de entrada aceptable estará dentro de los 170-280VAC.
05	Tipo de batería	AGM (por defecto) 05 AGM	Bañada 05 FLd

		Definido por el usuario 05 USE	Si se selecciona "User-Defined", el voltaje de carga de la batería y el voltaje de corte por bajo DC pueden ajustarse en los programas 26, 27 and 29.
06	Auto-reinicio cuando ocurre una sobrecarga	Reinicio deshabilitado (por defecto) 06 LFD	Reinicio habilitado 06 LFE
07	Auto-reinicio cuando ocurre un sobrecalentamiento	Reinicio deshabilitado (por defecto) 07 LFD	Reinicio habilitado 07 LFE
09	Frecuencia de salida	50Hz (por defecto) 09 50 ^{Hz}	60Hz 09 60 ^{Hz}
11	Max. corriente de carga de la red Nota: Si el valor de ajuste en el programa 02 que el indicado en el programa 11, el inversor aplicará la corriente de carga del programa 02 para la carga de red.	Opciones disponibles en los modelos 1KVA/2KVA:	
		10A 11 10A	20A (por defecto) 11 20A
		Opciones disponibles en el modelo de 3KVA	
		15A 11 15A	25A (por defecto) 11 25A
		Opciones disponibles para los modelos 3KVA Plus/5KVA:	
		2A 11 2A	10A 11 10A
		20A 11 20A	30A (por defecto) 11 30A
		40A 11 40A	50A 11 50A
		60A 11 60A	
12	Ajustar el voltaje de nuevo en al de la red pública cuando se selecciona "SBU First" o "Solar First" en el programa 01.	Opciones disponibles en el modelo 1KVA:	
		11.0V 12 BATT 11.0 ^v	11.3V 12 BATT 11.3 ^v
		11.5V (por defecto) 12 BATT 11.5 ^v	11.8V 12 BATT 11.8 ^v
		12.0V 12 BATT 12.0 ^v	12.3V 12 BATT 12.3 ^v

12	Ajustar el voltaje de nuevo en al de la red pública cuando se selecciona "SBU First" o "Solar First" en el programa 01.	Opciones disponibles en los modelos 2KVA/3KVA/3KVA Plus:			
		22.0V 12 ^{BATT} 22.0v	22.5V 12 ^{BATT} 22.5v		
		23.0V (por defecto) 12 ^{BATT} 23.0v	23.5V 12 ^{BATT} 23.5v		
		24.0V 12 ^{BATT} 24.0v	24.5V 12 ^{BATT} 24.5v		
		25.0V 12 ^{BATT} 25.0v	25.5V 12 ^{BATT} 25.5v		
		Opciones disponibles en el modelo 5KVA:			
		44V 12 ^{BATT} 44v	45V 12 ^{BATT} 45v		
		46V (por defecto) 12 ^{BATT} 46v	47V 12 ^{BATT} 47v		
		48V 12 ^{BATT} 48v	49V 12 ^{BATT} 49v		
		50V 12 ^{BATT} 50v	51V 12 ^{BATT} 51v		
		13	Ajustar el voltaje de nuevo al modo batería cuando se selecciona "SBU First" o "Solar First" en el programa 01.	Opciones disponibles en el modelo 1KVA:	
				Batería totalmente cargada 13 ^{BATT} FUL	12.0V 13 ^{BATT} 12.0v
12.3V	12.5V				

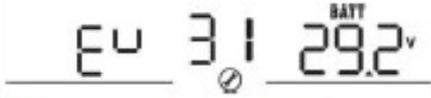
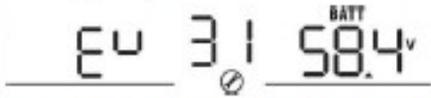
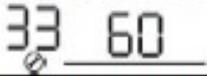
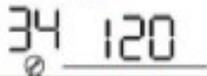
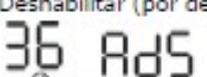
		12.8V 13 ^{BATT} 12.8v	13.0V 13 ^{BATT} 13.0v
13	Ajustar el voltaje de nuevo al modo batería cuando se selecciona "SBU First" o "Solar First" en el programa 01.	13.3V 13 ^{BATT} 13.3v	13.5V (por defecto) 13 ^{BATT} 13.5v
		13.8V 13 ^{BATT} 13.8v	14.0V 13 ^{BATT} 14.0v
		14.3V 13 ^{BATT} 14.3v	14.5V 13 ^{BATT} 14.5v
		Opciones disponibles en los modelos 2KVA/3KVA/3KVA Plus:	
		Batería totalmente cargada 13 ^{BATT} FUL	24V 13 ^{BATT} 24.0v
		24.5V 13 ^{BATT} 24.5v	25V 13 ^{BATT} 25.0v
		25.5V 13 ^{BATT} 25.5v	26V 13 ^{BATT} 26.0v
		26.5V 13 ^{BATT} 26.5v	27V (por defecto) 13 ^{BATT} 27.0v
		27.5V 13 ^{BATT} 27.5v	28V 13 ^{BATT} 28.0v
		28.5V 13 ^{BATT} 28.5v	29V 13 ^{BATT} 29.0v
		Opciones disponibles para el modelo 5KVA:	
		Batería totalmente cargada 13 ^{BATT} FUL	48V 13 ^{BATT} 48.0v

		49V 13 ^{BATT} 49.0v	50V 13 ^{BATT} 50.0v
13	Ajustar el voltaje de nuevo al modo batería cuando se selecciona "SBU First" o "Solar First" en el programa 01.	51V 13 ^{BATT} 51.0v	52V 13 ^{BATT} 52.0v
		53V 13 ^{BATT} 53.0v	54V (por defecto) 13 ^{BATT} 54.0v
		55V 13 ^{BATT} 55.0v	56V 13 ^{BATT} 56.0v
		57V 13 ^{BATT} 57.0v	58V 13 ^{BATT} 58.0v
16	Prioridad de fuente de carga: Configurar la prioridad de fuente de carga	Si el inversor/cargador trabaja en Línea, Standby o en Modo Fallo, la fuente de carga puede ser programada como sigue:	
		Solar primero 16 ⁰⁵⁰	La energía solar cargará la batería como prioridad. La red cargará las baterías si la energía solar no está disponible.
		Red primero 16 ⁰¹⁰	La red cargará la batería como primera prioridad. La energía solar cargará las baterías solo cuando la red no esté disponible.
		Solar y red (por defecto) 16 ⁰¹¹	La energía solar y la red cargarán la batería al mismo tiempo.
		Sólo solar 16 ⁰¹⁰	La energía solar será la única Fuente de carga independientemente de si la red está disponible o no.
Si este inversor / cargador está funcionando en el modo de batería o modo de ahorro de energía, sólo la energía solar puede cargar la batería. La energía solar cargará la batería si está disponible y es suficiente.			
18	Control de alarma	Alarma on (por defecto) 18 ⁰⁰¹	Alarma off 18 ⁰⁰⁰

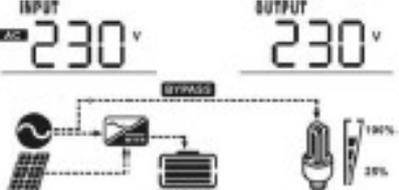
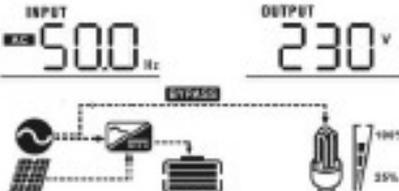
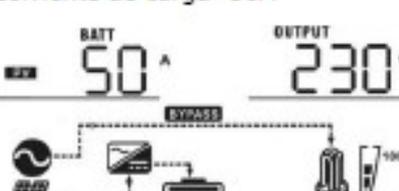
19	Auto-retorno a la pantalla de ajuste por defecto	Retorno a la pantalla predeterminada (por defecto) 19 <u>ESP</u>	Si se selecciona, no importa cómo cambie la pantalla de visualización de los usuarios, automáticamente volverá a la pantalla de visualización predeterminada (Tensión de entrada / voltaje de salida) después de que no se presione ningún botón durante 1 minuto.
		Permanecer en la última pantalla	Si se selecciona, la pantalla permanecerá en la última pantalla a la que el usuario acceda.
20	Control de iluminación	Iluminación on (por defecto) 20 <u>LON</u>	Iluminación off 20 <u>LOF</u>
22	Pita mientras la fuente primaria está interrumpida	Alarma on (por defecto) 22 <u>AON</u>	Alarma off 22 <u>AOF</u>
23	Bypass de sobrecarga: Cuando está habilitado, la unidad pasará al modo en línea si una sobrecarga ocurre durante el modo batería.	Bypass deshabilitado (por defecto) 23 <u>byd</u>	Bypass habilitado 23 <u>byE</u>
25	Guardar código de fallo	Guardado deshabilitado (por defecto) 25 <u>FEN</u>	Guardado habilitado 25 <u>FdS</u>
26	Voltaje de carga de impulso (Bulk) (Voltaje C.V)	1KVA ajuste predeterminado: 14.1V <u>CU</u> 26 <u>14.1</u> ^{BATT}	
		2KVA/3KVA/3KVA Plus ajuste predeterminado: 28.2V <u>CU</u> 26 <u>28.2</u> ^{BATT}	
		5KVA ajuste predeterminado: 56.4V <u>CU</u> 26 <u>56.4</u> ^{BATT}	
		Si se selecciona autodefinido en el programa 5, se puede configurar este programa. El rango de ajuste es de 12.5V a 15.0V para el modelo 1K, 25.0V a 30.0V para el modelo 2KVA, 25.0V a 31.5V para el modelo 3KVA / 3KVA Plus y 48.0V a 61.0V para el modelo 5KVA. El incremento de cada clic es de 0.1V.	

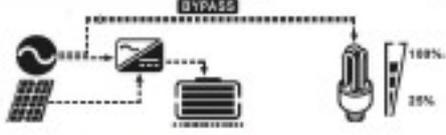
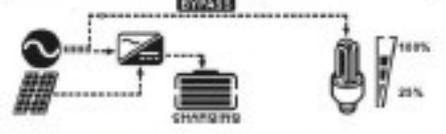
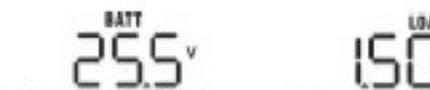
27	Voltaje de carga flotante	1KVA ajuste predeterminado: 13.5V FLU 27 ^{BATT} 13.5V
		2KVA/3KVA/3KVA Plus ajuste predeterminado: 27.0V FLU 27 ^{BATT} 27.0V
		5KVA ajuste predeterminado: 54.0V FLU 27 ^{BATT} 54.0V
		Si "definido por el usuario" (self-defined) es elegido en el programa 5, este programa se puede seleccionar. El rango de ajuste va de 12.5V a 15.0V para el modelo de 1K, de 25.0V a 30.0V para el modelo de 2KVA, de 25.0V a 31.5V para los modelos 3KVA/3KVA Plus y de 48.0V a 61.0V para el modelo de 5KVA. Cada incremento por clic es de 0.1V.

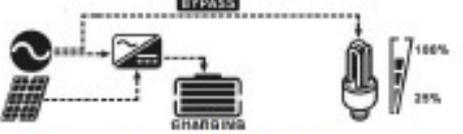
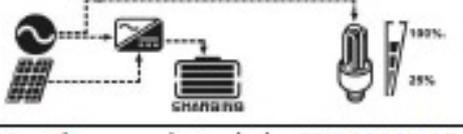
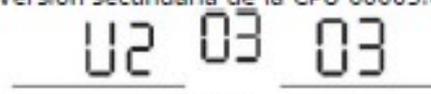
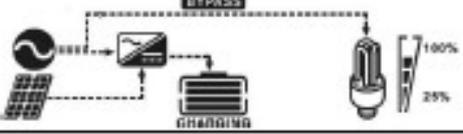
29	Voltaje de corte por bajo voltaje DC	1KVA ajuste predeterminado: 10.5V COU 29 ^{BATT} 10.5V	
		2KVA/3KVA/3KVA Plus ajuste predeterminado: 21.0V COU 29 ^{BATT} 21.0V	
		5KVA ajuste predeterminado: 42.0V COU 29 ^{BATT} 42.0V	
		Si "definido por el usuario" (self-defined) es elegido en el programa 5, este programa se puede seleccionar. El rango de ajuste va de 10.5V a 12.0V para el modelo de 1K, de 21.0V a 24.0V para los modelos de 2KVA/3KVA/3KVA Plus y de 42.0V a 48.0V para el modelo de 5KVA. El incremento por clic es de 0.1V. El voltaje de corte por bajo voltaje DC se fija a un valor no mayor que el porcentaje de cargas que está conectado.	
30	Ecuación de batería	Ecuación de batería 30 EEN	Ecuación deshabilitada (por defecto)
		Si "Flotante" o "Definido por el Usuario" ("Flooded" or "User-Defined") se seleccionan en el programa 05, este programa se puede seleccionar.	
31	Voltaje de ecuación de batería	1KVA ajuste predeterminado 14.6V EU 31 ^{BATT} 14.6V	

		2KVA/3KVA/3KVA Plus ajuste predeterminado: 29.2V	
			
		5KVA ajuste por defecto: 58.4V	
			
		El rango de ajuste es de 12.5V a 15.0V para el modelo 1KVA, de 25.0V a 30.0V para el modelo de 2KVA, de 25.0V a 31.5V para los modelos de 3KVA/3KVA Plus y de 48.0V a 61.0V para el modelo de 5KVA. Cada incremento por clic es de 0.1V.	
33	Tiempo de ecualización de baterías	60min (por defecto) 	El rango de ajuste es de 5min a 900min. El incremento por clic es de 5min.
34	Cese de ecualización de batería	120min (por defecto) 	El rango de ajuste es de 5min a 900min. El incremento por clic es de 5min.
35	Intervalo de ecualización	30 días (por defecto) 	El rango de ajuste es de 0 a 90 días. El incremento por clic es de 1 día.
36	Ecuación activada inmediatamente	Habilitar 	Deshabilitar (por defecto) 
		<p>Si la función de ecualización esta activada en el programa 30, este programa puede ser seleccionado. Si en este programa se selecciona "Habilitar" ("Enable"), se activará la ecualización de batería de forma inmediata y la pantalla principal de la pantalla LCD mostrará "E9". Si "Deshabilitar" ("Disable") está seleccionado, se cancelará la función de ecualización hasta que el próximo tiempo establecido para ecualización llegue, basado en el programa 35. En este momento, "E9" no se mostrará en la pantalla principal.</p>	

Una vez se está realizando la práctica, se puede visualizar toda la información necesaria en la pantalla LCD como potencias, tensiones, corrientes, frecuencias, entradas, salidas, etc. Para visualizar toda la información, pulsar las teclas UP/DOWN. La siguiente tabla recoge toda la información que se puede visualizar:

Información seleccionable	Pantalla LCD
<p>Voltaje de entrada/voltaje de salida (Pantalla principal por defecto)</p>	<p>Voltaje de entrada=230V, voltaje de salida=230V</p> 
<p>Frecuencia de entrada</p>	<p>Frecuencia de entrada=50Hz</p> 
<p>Voltaje FV</p>	<p>Voltaje FV =60V</p> 
<p>Corriente de carga</p>	<p>Corriente de carga=50A</p> 
<p>Potencia de carga (sólo para el modelo MPPT)</p>	<p>Potencia de carga MPPT=500W</p> 

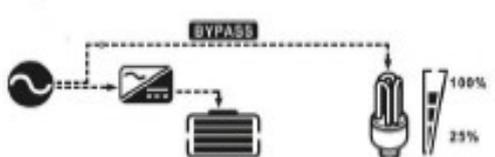
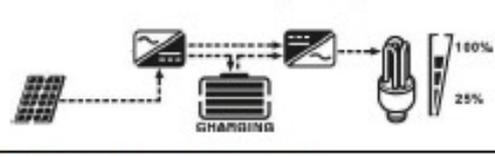
<p>Voltaje de batería y voltaje de salida</p>	<p>Voltaje de batería=25.5V, voltaje de salida=230V</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Frecuencia de salida</p>	<p>Frecuencia de salida=50Hz</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Porcentaje de carga</p>	<p>Porcentaje de carga=70%</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Carga en VA</p>	<p>Quando las cargas conectadas son menores de 1kVA, la carga en VA presentará xxxVA como se muestra a continuación.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Quando las cargas conectadas son mayores de 1kVA ($\geq 1KVA$), la carga en VA presentará x.xKW como se muestra a continuación.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div>

<p>Carga en vatios</p>	<p>Cuando la carga es menor de 1kW, la carga en W se mostrará en xxxW como a continuación.</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p style="text-align: center;">  </p> <p>Cuando la carga es mayor de 1kW ($\geq 1\text{KW}$), la carga en W se mostrará en x.xKW como a continuación.</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p style="text-align: center;">  </p>
<p>Voltaje de batería/Corriente de descarga DC</p>	<p>Voltaje de batería=25.5V, corriente de descarga=1A</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p style="text-align: center;">  </p>
<p>Comprobación de la versión principal de la CPU</p>	<p>Versión principal de la CPU 00014.04</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p style="text-align: center;">  </p>
<p>Comprobación de la versión secundaria de la CPU</p>	<p>Versión secundaria de la CPU 00003.03</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p style="text-align: center;">  </p>

En la pantalla también se muestra un esquema de funcionamiento con los elementos que hay conectados en ese momento y sus conexiones. La siguiente tabla

recoge estos modos de funcionamiento y su descripción:

Modo de funcionamiento	Descripción	Pantalla LCD
<p>Modo Standby / Modo ahorro de energía</p> <p>Nota:</p> <p>*Modo Standby: El inversor no está encendido aún, pero en este momento, el inversor puede cargar las baterías sin salida AC.</p> <p>*Modo ahorro de energía: Si se configure, la salida del inversor estará apagada cuando las cargas conectadas sean muy bajas o no se detecten.</p>	<p>A ninguna salida se le suministra energía, pero aún se pueden cargar las baterías.</p>	<p>Cargando mediante energía de la red y del campo FV.</p> 
		<p>Cargando mediante la red.</p> 
		<p>Cargando mediante el campo FV.</p> 
		<p>Sin carga.</p> 
<p>Modo fallo</p> <p>Nota:</p> <p>*Modo Fallo: Errores causados por circuitos internos y razones externas como sobrecalentamientos, cortocircuitos en salida y más.</p>	<p>El campo FV y la red pueden cargar baterías.</p>	<p>Cargando mediante energía de la red y del campo FV.</p> 
		<p>Cargando mediante la red.</p> 
		<p>Cargando mediante el campo FV.</p> 
		<p>Sin carga.</p> 

Modo de funcionamiento	Descripción	Pantalla LCD
Modo en Línea	La unidad suministrará potencia de salida desde la red. También cargará la batería en modo en línea.	<p>Carga desde la red y el campo FV.</p> 
		<p>Carga desde la red.</p> 
Modo batería	La unidad suministrará potencia de salida desde la batería y del campo FV.	<p>Potencia desde la batería y el campo FV.</p> 
		<p>Potencia sólo desde la batería.</p> 

La función de ecualización se añade al regulador de carga. Este revierte la creación de efectos químicos negativos tales como la estratificación, una condición en la que la concentración de ácido es mayor en el fondo de la batería que en su parte superior. La ecualización también ayuda a eliminar los cristales de sulfato que pueden haberse creado en las placas. Si no se revisa, esta condición, llamada sulfatación, reducirá la capacidad total de la batería. Por lo tanto, se recomienda ecualizar la batería de forma periódica.

- Cómo aplicar la función de ecualización:

- ✓ Debe permitir la función de ecualización en la pantalla LCD seleccionando el programa de ajuste 30 primero.
- ✓ Después, debe aplicar esta función en el equipo mediante uno de estos métodos:

1. Ajustando el intervalo de ecualización en el programa 35.
2. Activar la ecualización inmediatamente en el programa 36.

- Cuándo ecualizar:

En la etapa de flotación, cuando el intervalo de ecualización establecido (ciclo de ecualización de la batería) toma lugar, o la ecualización se activa inmediatamente, el regulador de carga comenzará la etapa de ecualización.

- Carga de ecualización y final de etapa:

En la etapa de Ecualización, el regulador suministrará toda la potencia posible para cargar la batería hasta que el voltaje alcance el voltaje de ecualización. Después, se aplica una regulación al voltaje constante para mantener el voltaje de batería en el nivel de voltaje de ecualización. La batería permanecerá en la etapa de ecualización hasta que finalice el tiempo establecido previamente.

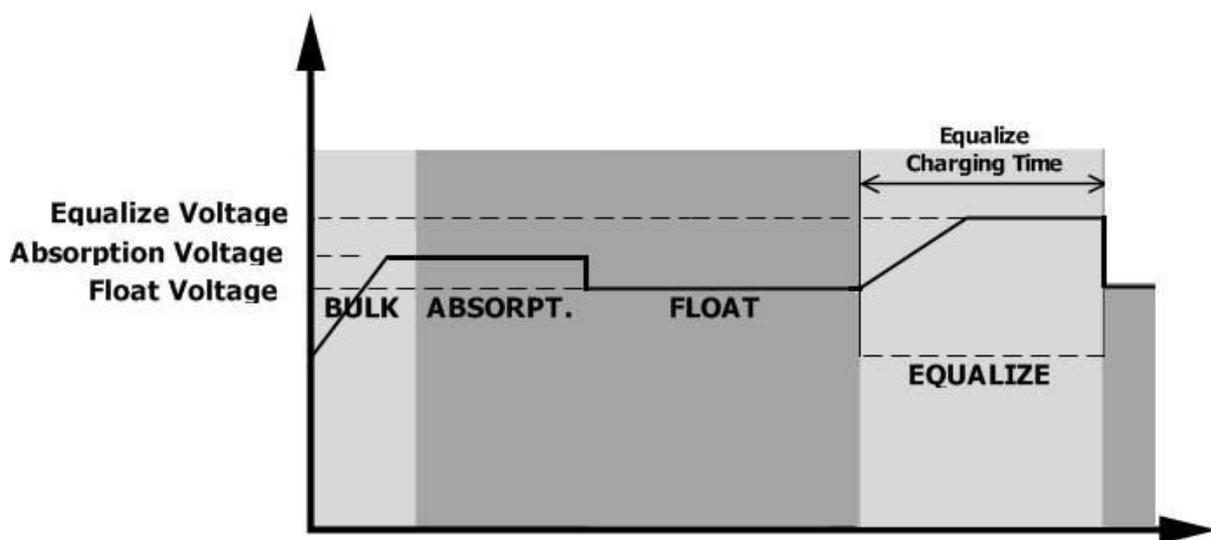


Figura 21: Proceso de ecualización de la batería.

A pesar de ello, en la etapa de Ecualización, cuando el tiempo de ecualización expira y el voltaje de la batería no crece hasta alcanzar el punto de voltaje de ecualización, el regulador de carga extenderá el tiempo de ecualización hasta que el

voltaje de la batería alcance el voltaje de ecualización. Si el voltaje de batería es aún menor que el voltaje de ecualización cuando el tiempo establecido se acaba, el regulador de carga cesará la ecualización y volverá a la etapa de Flotación.

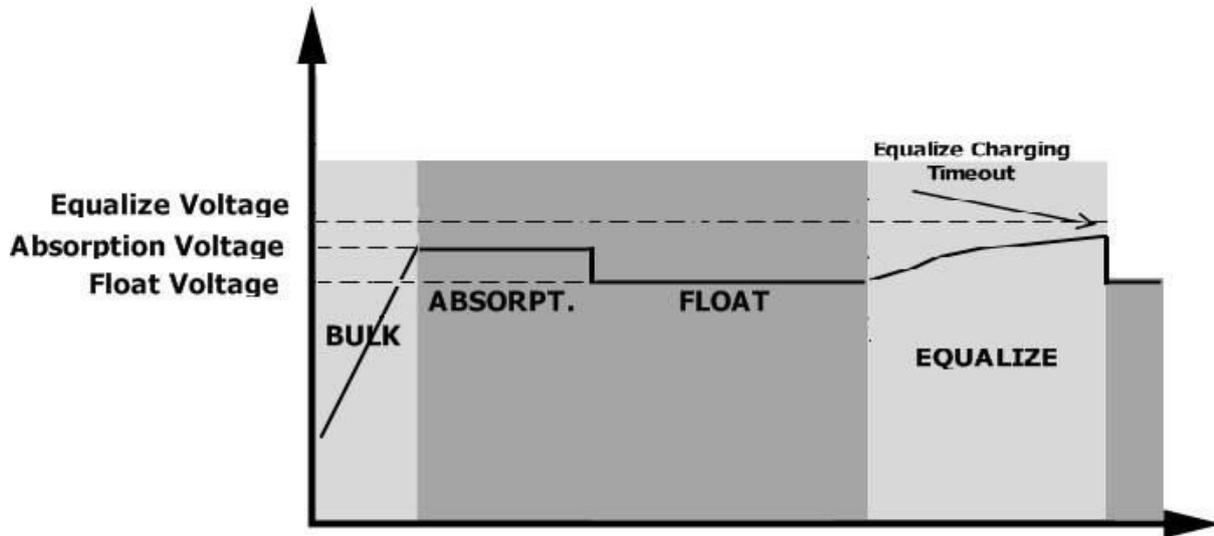


Figura 22: Proceso de ecualización de la batería.

El inversor también dispone de una función de fallos y avisos para evitar accidentes. Se encenderá el piloto FAULT en color rojo y parpadeará o no en función de si es un aviso o un fallo. La siguiente tabla muestra los distintos códigos de fallos que existen y su significado:

Código de Referencia de Fallo

Código de fallo	Evento de fallo	Icono ON
01	El ventilador está bloqueado cuando el inversor está apagado.	
02	Sobrecalentamiento	
03	El voltaje de la batería es demasiado alto	
04	El voltaje de la batería es demasiado bajo	
05	La salida en cortocircuito o sobrecalentamiento es detectada por los componentes internos del convertidor.	
06	El voltaje de salida es anormal. (Para el modelo de 3KVA) La tensión de salida es demasiado alta. (Para los modelos de 3KVA Plus/5KVA)	
07	Tiempo de espera de sobrecarga	
08	El voltaje del bus es demasiado alto	
09	El arranque suave del bus falló	
51	Sobrecorriente o sobretensión	
52	El voltaje del bus es demasiado bajo	
53	Error de inicio suave del inversor	
55	Sobretensión DC en salida AC	
56	La conexión de la batería está abierta	
57	El sensor de corriente falló	
58	El voltaje de salida es demasiado bajo	

NOTA: Código de fallo 51, 52, 53, 55, 56, 57 y 58 están sólo disponibles en los modelos de 3KVA Plus/5KVA.

Indicador de aviso

Código de aviso	Evento de aviso	Alarma audible	Icono parpadeante
01	El ventilador está bloqueado cuando el inversor está apagado.	Pita tres veces por segundo	
03	La batería está sobrecargada	Pita una vez por segundo	
04	Batería baja	Pita una vez por segundo	
07	Sobrecarga	Pita una vez cada medio segundo	
10	Reducción de la potencia de salida	Pitía dos veces cada 3 segundos	
EQ	Ecualización de batería	Ninguno	

7.3.2 Carga resistiva (0-1000 Ohm)

Dispone de dos elementos a controlar por el usuario:

- Un selector para conectar y desconectar la carga al inversor. En función de las condiciones de trabajo y de la práctica que se quiera hacer se colocará en posición 1 (conectado) ó 0 (desconectado).
- Un potenciómetro para regular el valor de la resistencia entre 0 y 1000 Ohm para simular diferentes consumos en diferentes condiciones de trabajo.

7.3.3 Batería

Se dispone de una batería de gel de 12 VCC, capacidad de 60Ah y 16 ACC de corriente nominal de descarga. Al igual que la carga, dispone de un selector para conectarla o desconectarla del inversor en función de la práctica que se quiera realizar. Es selector es de dos estados (1 conectado y 0 desconectado). Además, la batería dispone de una protección magnetotérmica diferencial de 40A para protegerla. Es importante bajar esta protección cuando no se está utilizando el equipo para evitar accidentes.

7.3.4 Panel solar fotovoltaico

El panel solar dispone de una lámpara incandescente que actúa como fuente de irradiación y un selector de dos posiciones para encender y apagar dicha lámpara. Éste, a su vez, se conecta al inversor a través de otro selector que actúa de interruptor entre el panel y éste último para simular una fuente de generación solar fotovoltaica.

7.4 INSTRUCCIONES PRINCIPALES, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

Para garantizar la seguridad de las personas y de la instalación, es necesario tener en cuenta las siguientes advertencias:

7.4.1 Encendido del EE-HYB-KIT

Una vez hecho todas las conexiones necesarias para realizar la práctica, hay que comprobar que:

- Todos los elementos se encuentran a sus valores mínimos (salvo el reóstato en su valor máximo) y no hay tensión en ningún punto de la unidad.
- Las protecciones de la unidad (tanto las de conexión a red como las de las baterías) se encuentran activadas (cerradas).
- No hay ningún elemento mal conectado o que esté provocando un cortocircuito en el Kit.
- Una vez se han verificado todas las condiciones anteriores, encender la unidad y comenzar a trabajar con ella.

7.4.2 Uso del EE-HYB-KIT

Una vez se ha encendido el EE-HYB-KIT, se deben tener en cuenta una serie de consideraciones cuando se esté utilizando:

- Cuando se comience a aplicar tensión en el kit y se genere potencia, comprobar en todo momento que los voltímetros y amperímetros marcan medidas dentro de los rangos admisibles. Si no fuese así, reducir

rápidamente la generación a cero.

- Comprobar en todo momento que el reóstato de potencia no se calienta excesivamente. Esto es, no trabajar a plena carga (32% del potenciómetro) durante más de 8 minutos.
- Configurar los elementos del Kit (especialmente el inversor) para trabajar dentro de sus rangos de operación admisibles. No superar las potencias nominales de ningún elemento de la unidad.

7.4.3 Apagado del EE-HYB-KIT

Cuando se quiera finalizar la práctica, no desconectar bruscamente la alimentación. Hay que seguir estos pasos guardando las precauciones necesarias:

- Reducir suavemente la alimentación hasta llegar a cero.
- Comprobar que no hay tensión en bornes de ningún elemento. Para ello, ver que voltímetros y amperímetros marcan 0V y 0A, salvo en las baterías, que almacenan la energía en forma de tensión.
- Apagar la unidad con los interruptores correspondientes.
- Bajar (abrir) todas las protecciones magnetotérmicas y diferenciales.

7.5 EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO

7.5.1 Práctica 1: Conexión de los diferentes elementos de la instalación entre sí.

7.5.1.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el usuario aprenda a conectar los terminales del EE-HYB-KIT con los diferentes elementos requeridos a los que va asociado, como pueden ser el panel solar, la batería de gel, la red, etc.

7.5.1.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT

7.5.1.3 Procedimiento

1. Comprobar que no hay tensión en ningún elemento de la red, que todos los voltímetros y amperímetros están a cero, que todos los elementos tienen sus potenciómetros en su valor mínimo salvo la carga resistiva cuyo potenciómetro está en su valor máximo (1000 Ohm).
2. Verificar que todas las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) están bajados (abiertos) y no hay continuidad eléctrica.
3. Una vez se han verificado los pasos anteriores se procede al conexionado de la unidad. Para ello, ver el apartado "[Cableado del EE-HYB-KIT](#)".
 - 3.1. Conectar el cable de alimentación a la salida del inversor a la red.
 - 3.2. Conectar la otra salida del inversor de CA monofásica a la carga resistiva.

3.3. Conectar la entrada del inversor de CC a la batería de gel.

3.4. Conectar la otra entrada de CC del inversor al panel solar (opcional).

- *El panel solar es de 96W y es un elemento no incluido en el EE-HYB-KIT, se puede adquirir en Edibon, pero sirve cualquier otro panel solar que no sobrepase la potencia del inversor híbrido.*

4. Verificar que todas las conexiones están bien ajustadas y no hay contactos con el chasis o cortocircuitos.

7.5.2 Práctica 2: Estudio de la configuración del inversor híbrido.

7.5.2.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es estudiar y profundizar en el funcionamiento del inversor que es el elemento principal de la unidad al que van conectados el resto de elementos del Kit. Para ello, se debe leer previamente la operatividad de éste. Además, esta práctica es imprescindible para poder realizar el resto de prácticas ya que la única manera de realizar el resto es entendiendo cómo funciona el inversor y controlando los parámetros y variables del mismo.

7.5.2.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT

7.5.2.3 Procedimiento

1. Estudiar el funcionamiento del inversor. Para ello, ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).
2. Una vez leída su operatividad y haberse familiarizado con él, comenzar a probar diferentes modos de funcionamiento y configurarlo de varias maneras diferentes cambiando sus parámetros y modos de funcionamiento como se muestra en su operatividad.

7.5.3 Práctica 3: Estudio del inversor en modo isla con la batería alimentando a la carga, desacoplado de la red y sin panel solar

7.5.3.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es estudiar el funcionamiento del inversor en modo isla, esto es, desacoplado de la red y alimentado por una fuente de continua como puede ser una batería, para luego invertir la corriente y suministrar corriente alterna a una carga resistiva variable (hasta 1 kOhm) que simula un consumo, como puede ser una vivienda, una fábrica, un edificio, etc...

7.5.3.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT

7.5.3.3 Procedimiento

1. Comprobar que no hay tensión en ningún elemento de la red, que todos los voltímetros y amperímetros están a cero, que todos los elementos tienen sus potenciómetros en su valor mínimo salvo la carga resistiva cuyo potenciómetro está en su valor máximo (1000 Ohm).
2. Verificar que todas las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) están bajados (abiertos) y no hay continuidad eléctrica.
3. Una vez se han verificado los pasos anteriores se procede al conexionado de la unidad. Para ello, ver el apartado "[Cableado del EE-HYB-KIT](#)".
4. Conectar el cable de alimentación a la salida del inversor a la red.
5. Conectar la otra salida del inversor de CA monofásica a la carga resistiva.

6. Conectar la entrada del inversor de CC a la batería de gel.
7. Verificar que todas las conexiones están bien ajustadas y no hay contactos con el chasis o cortocircuitos.
8. Estudiar el funcionamiento del inversor. Para ello, ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).
9. Una vez realizados los pasos anteriores, se conecta la alimentación a la red, se cierran las protecciones y se enciende la unidad con el botón “Power” en la parte delantera del Kit.
10. Se cierra el seccionador de la batería, se abre el del panel solar, se pone el selector de la red a 0 y el de la carga a 1.
11. Se pulsa el botón de encendido del inversor y se esperan unos segundos.
12. Se configuran los programas de la siguiente manera:
 - a. Programa 01_SbU
 - b. Programa 02_50
 - c. Programa 03_APL
 - d. Programa 05_AGn
 - e. Programa 06_Ltd
 - f. Programa 07_ttd
 - g. Programa 09_(50 ó 60) (dependiendo del país)
 - h. Programa 11_10

i. Programa 12_11

j. Programa 13_FUL

k. Programa 16_CSO

l. El resto de los programas son los que vienen por defecto. Ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).

13. Se conecta el cable de datos entre el inversor y el PC habiéndose descargado e instalado previamente el software que viene en el CD. Las variables del inversor se pueden configurar directamente seleccionando los programas en el propio inversor como se ha mencionado anteriormente o desde el PC a través del software (ambas formas son válidas). Para configurarlas desde el software, leerse el manual de instrucciones que viene en el CD.

14. Una vez hecho todo lo anterior, se varía el reóstato lentamente desde el 100% (1000 Ohm) hasta que el amperímetro de la carga marque 1A. Entre medias, se van tomando valores intermedios con diferentes cargas y se apuntan las medidas de los amperímetros y voltímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la batería-inversor-carga.

15. Una vez realizada la práctica y habiendo guardado todos los datos obtenidos, se pone el reóstato al 100%, se ponen todos los selectores a cero, se abren todos los seccionadores, se apaga el inversor y el botón de encendido del Kit, se bajan las protecciones eléctricas y se desenchufa la alimentación de la red.

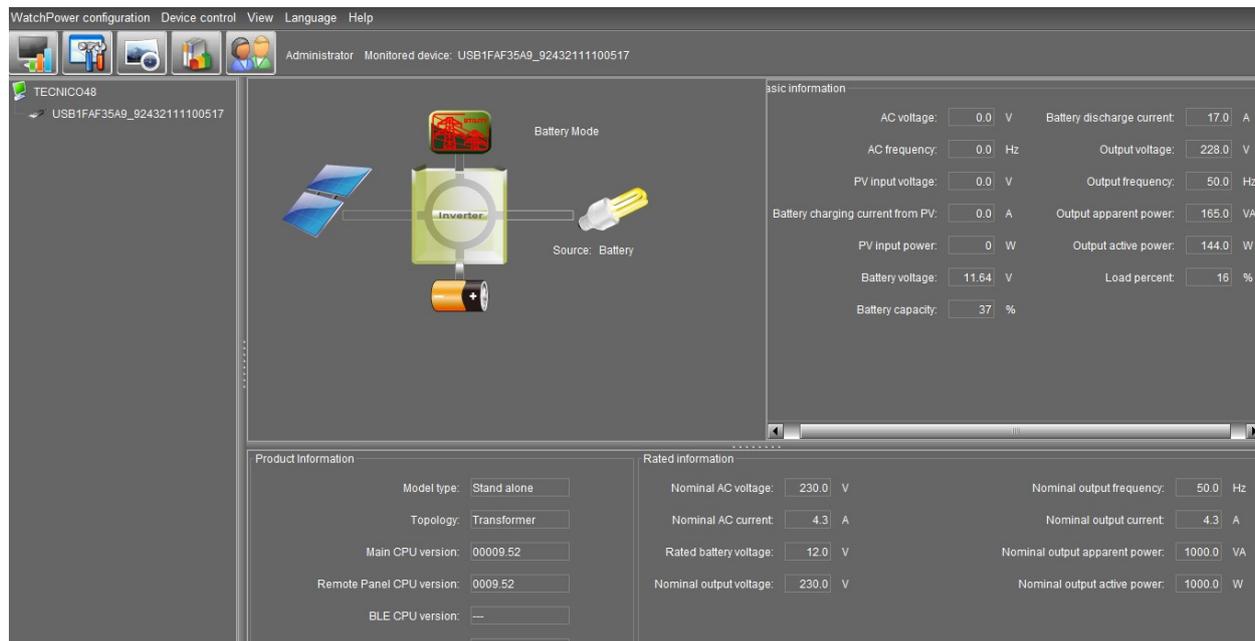


Figura 23: Esquema de la unidad con batería alimentando a la carga

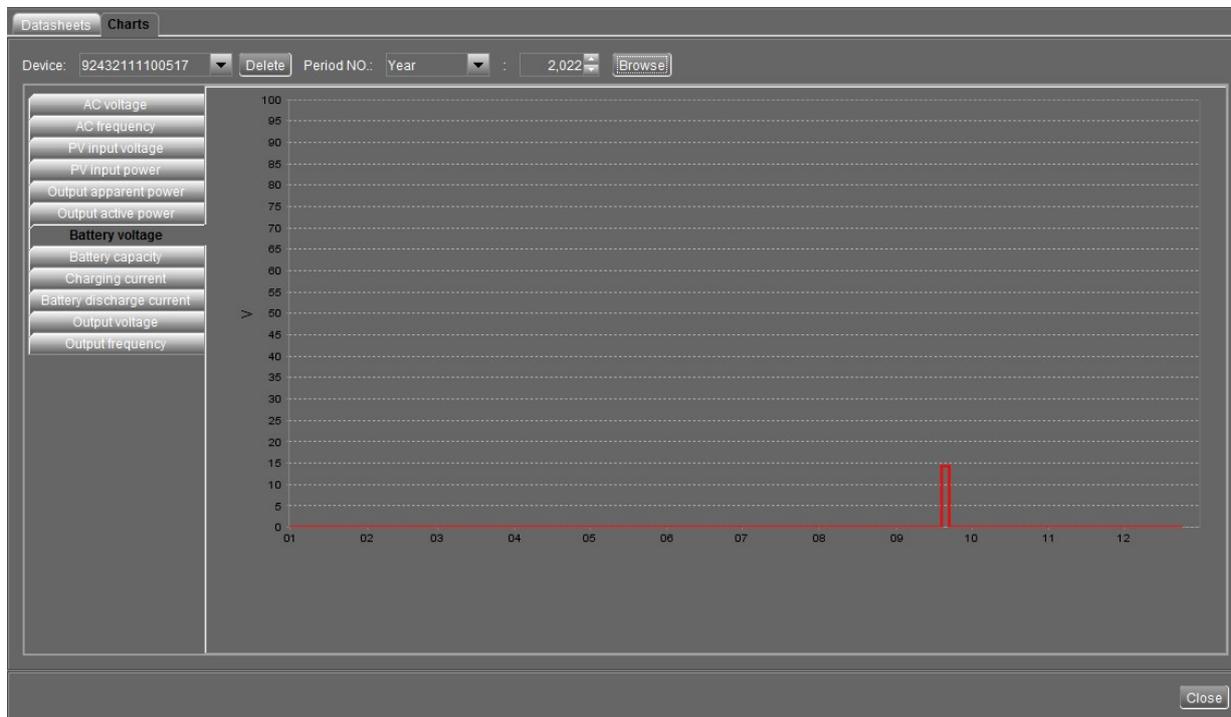


Figura 24: Gráfico de la tensión de la batería

7.5.4 Práctica 4: Estudio del inversor conectado a red, con ésta alimentando a la carga y con el panel solar y la batería desconectados.

7.5.4.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es simular un caso en el que no estén conectados los paneles solares y las baterías estén descargadas, por lo que la demanda de energía de la carga tendrá que aportarla íntegramente la red.

7.5.4.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT

7.5.4.3 Procedimiento

1. Comprobar que no hay tensión en ningún elemento de la red, que todos los voltímetros y amperímetros están a cero, que todos los elementos tienen sus potenciómetros en su valor mínimo salvo la carga resistiva cuyo potenciómetro está en su valor máximo (1000 Ohm).
2. Verificar que todas las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) están bajados (abiertos) y no hay continuidad eléctrica.
3. Una vez se han verificado los pasos anteriores se procede al conexionado de la unidad. Para ello, ver el apartado “[Cableado del EE-HYB-KIT](#)”.
4. Conectar el cable de alimentación a la salida del inversor a la red.
5. Conectar la otra salida del inversor de CA monofásica a la carga resistiva.
6. Conectar la entrada del inversor de CC a la batería de gel.
7. Verificar que todas las conexiones están bien ajustadas y no hay contactos con

el chasis o cortocircuitos.

8. Estudiar el funcionamiento del inversor. Para ello, ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).
9. Una vez realizados los pasos anteriores, se conecta la alimentación a la red, se cierran las protecciones y se enciende la unidad con el botón “Power” en la parte delantera del Kit.
10. Se abre el seccionador de la batería, se abre el del panel solar, se pone el selector de la red a 1 y el de la carga a 1.
11. Se pulsa el botón de encendido del inversor y se esperan unos segundos.
12. Se configuran los programas de la siguiente manera:
 - a. Programa 01_Uti
 - b. Programa 02_50
 - c. Programa 03_APL
 - d. Programa 05_AGn
 - e. Programa 06_Ltd
 - f. Programa 07_ttd
 - g. Programa 09_(50 ó 60) (dependiendo del país)
 - h. Programa 11_10
 - i. Programa 12_11
 - j. Programa 13_FUL

k. Programa 16_CUT

l. El resto de los programas son los que vienen por defecto. Ver su operatividad aquí: "[Inversor híbrido](#)".

13. Se conecta el cable de datos entre el inversor y el PC habiéndose descargado e instalado previamente el software que viene en el CD. Las variables del inversor se pueden configurar directamente seleccionando los programas en el propio inversor como se ha mencionado anteriormente o desde el PC a través del software (ambas formas son válidas). Para configurarlas desde el software, leerse el manual de instrucciones que viene en el CD.
14. Una vez hecho todo lo anterior, se varía el reóstato lentamente desde el 100% (1000 Ohm) hasta el tope que permite el reóstato (32% de la carga aprox.). Será de vital importancia que la corriente de la red que marca el amperímetro no supere los 5A AC para no romperlo. Entre medias, se van tomando valores intermedios con diferentes cargas y se apuntan las medidas de los amperímetros y voltímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la red-inversor-carga.
15. Una vez realizada la práctica y habiendo guardado todos los datos obtenidos, se pone el reóstato al 100%, se ponen todos los selectores a cero, se abren todos los seccionadores, se apaga el inversor y el botón de encendido del Kit, se bajan las protecciones eléctricas y se desenchufa la alimentación de la red.

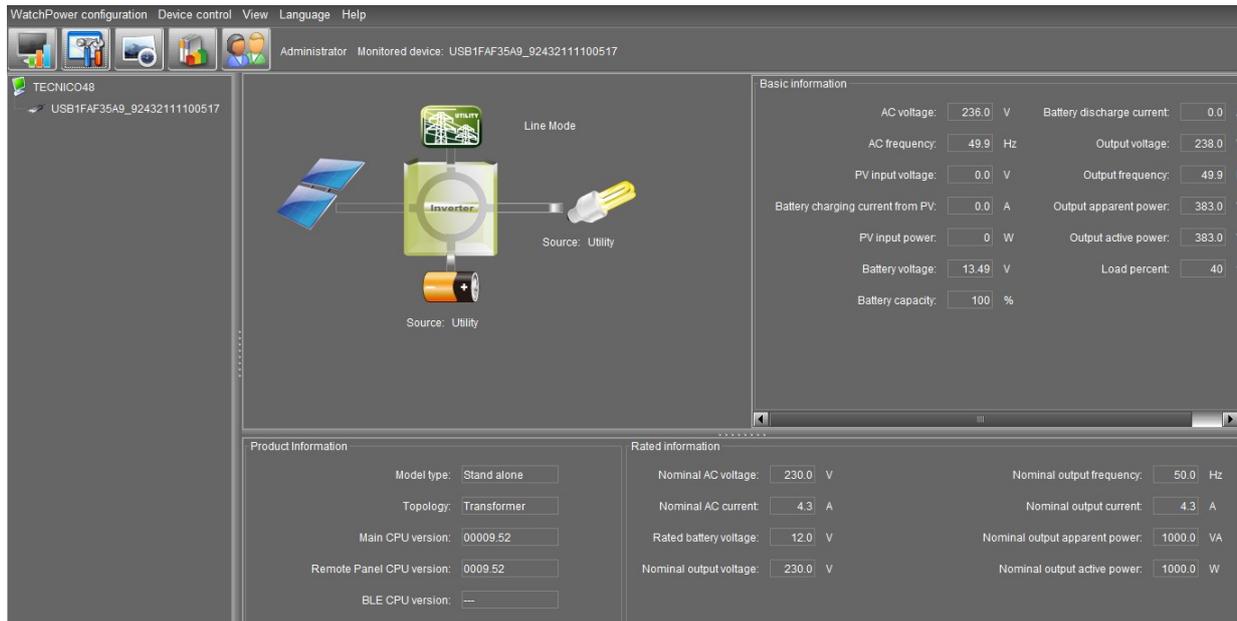


Figura 25: Esquema de la unidad con la red alimentando a la carga

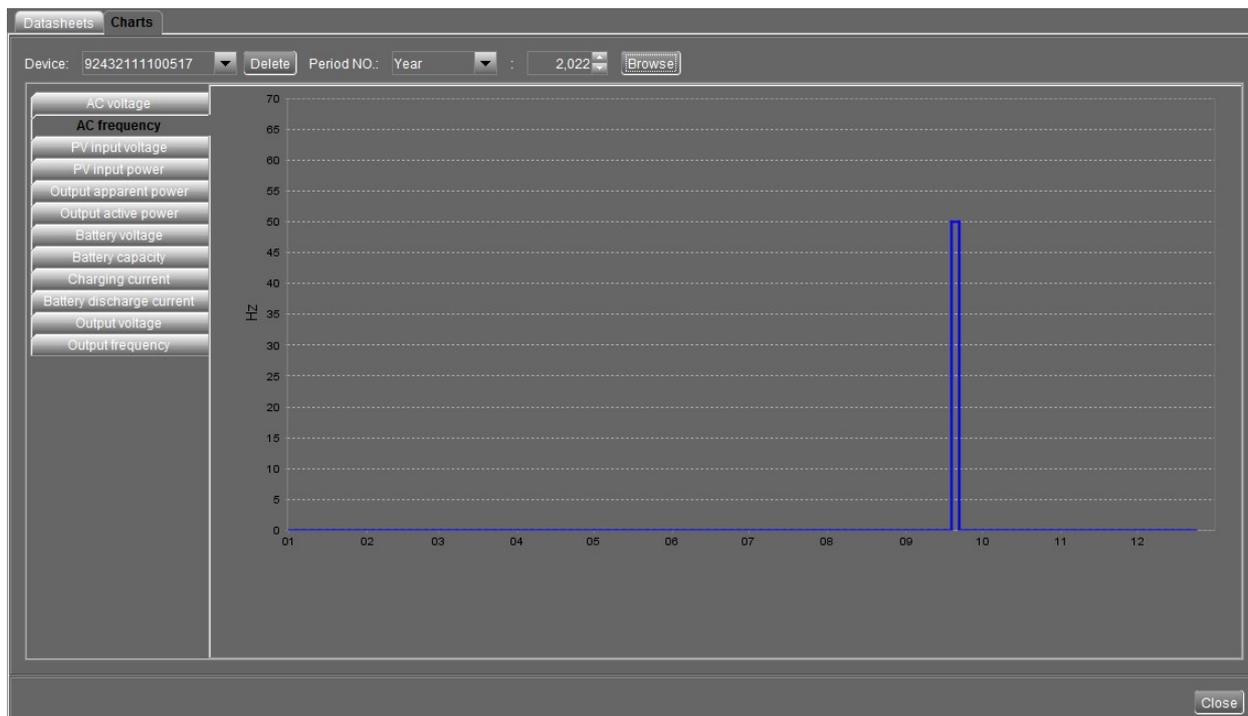


Figura 26: Gráfico de la frecuencia de la red

7.5.5 Práctica 5: Estudio del inversor conectado a red, con ésta alimentando a la carga y cargando la batería y con el panel solar desconectado.

7.5.5.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es simular otro caso que puede darse en el día a día que es la alimentación de una vivienda (carga resistiva variable) por parte de la red de forma íntegra y que, a la vez, la red proporcione la energía necesaria a las baterías para cargarlas y poder disponer de energía en caso de un corte de suministro en la red.

7.5.5.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT

7.5.5.3 Procedimiento

1. Comprobar que no hay tensión en ningún elemento de la red, que todos los voltímetros y amperímetros están a cero, que todos los elementos tienen sus potenciómetros en su valor mínimo salvo la carga resistiva cuyo potenciómetro está en su valor máximo (1000 Ohm).
2. Verificar que todas las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) están bajados (abiertos) y no hay continuidad eléctrica.
3. Una vez se han verificado los pasos anteriores se procede al conexionado de la unidad. Para ello, ver el apartado "[Cableado del EE-HYB-KIT](#)".
4. Conectar el cable de alimentación a la salida del inversor a la red.
5. Conectar la otra salida del inversor de CA monofásica a la carga resistiva.

6. Conectar la entrada del inversor de CC a la batería de gel.
7. Verificar que todas las conexiones están bien ajustadas y no hay contactos con el chasis o cortocircuitos.
8. Estudiar el funcionamiento del inversor. Para ello, ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).
9. Una vez realizados los pasos anteriores, se conecta la alimentación a la red, se cierran las protecciones y se enciende la unidad con el botón “Power” en la parte delantera del Kit.
10. Se cierra el seccionador de la batería, se abre el del panel solar, se pone el selector de la red a 1 y el de la carga a 1.
11. Se pulsa el botón de encendido del inversor y se esperan unos segundos.
12. Se configuran los programas de la siguiente manera:
 - a. Programa 01_Uti
 - b. Programa 02_50
 - c. Programa 03_APL
 - d. Programa 05_AGn
 - e. Programa 06_Ltd
 - f. Programa 07_ttd
 - g. Programa 09_(50 ó 60) (dependiendo del país)
 - h. Programa 11_10

i. Programa 12_11

j. Programa 13_FUL

k. Programa 16_CUT

l. El resto de los programas son los que vienen por defecto. Ver su operatividad aquí: "[Inversor híbrido](#)".

13. Se conecta el cable de datos entre el inversor y el PC habiéndose descargado e instalado previamente el software que viene en el CD. Las variables del inversor se pueden configurar directamente seleccionando los programas en el propio inversor como se ha mencionado anteriormente o desde el PC a través del software (ambas formas son válidas). Para configurarlas desde el software, leerse el manual de instrucciones que viene en el CD.

14. Una vez hecho todo lo anterior, se varía el reóstato lentamente desde el 100% (1000 Ohm) hasta el 32% de la carga. Entre medias, se van tomando valores intermedios con diferentes cargas y se apuntan las medidas de los amperímetros y voltímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la red-batería-inversor-carga. Se puede observar, que la red suministra energía tanto a la carga como a la batería, pero cuando la batería está completamente cargada, toda la potencia de la red va a parar a la carga.

15. Una vez realizada la práctica y habiendo guardado todos los datos obtenidos, se pone el reóstato al 100%, se ponen todos los selectores a cero, se abren todos los seccionadores, se apaga el inversor y el botón de encendido del Kit, se bajan las protecciones eléctricas y se desenchufa la alimentación de la red.

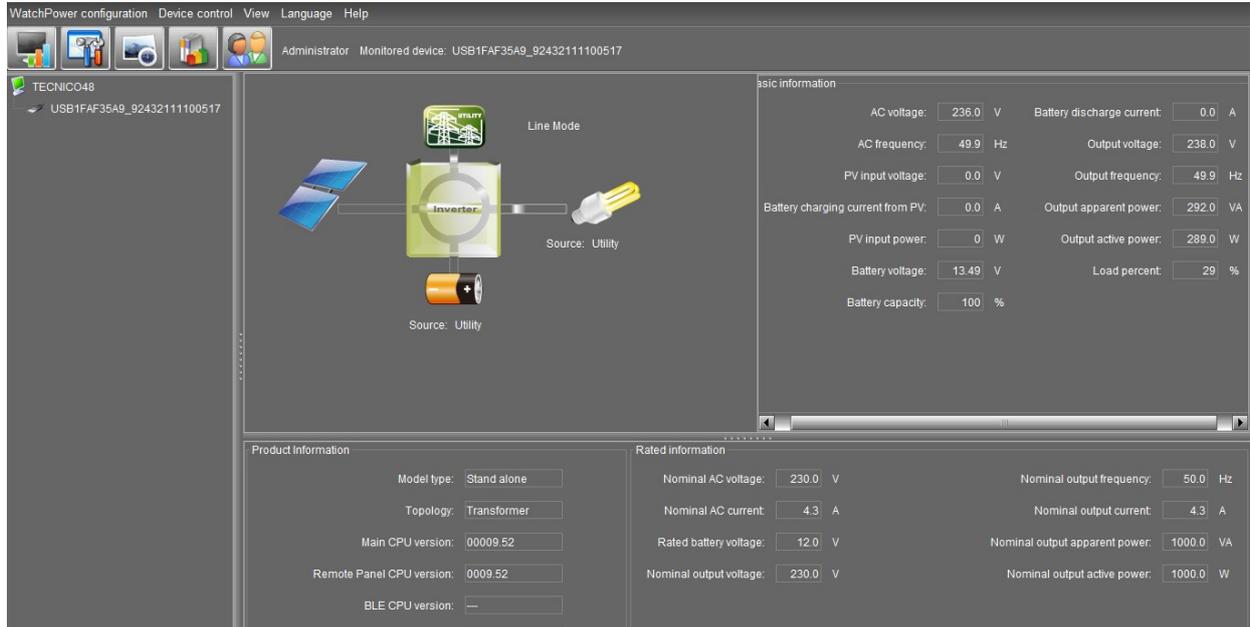


Figura 27: Esquema de la unidad con la red alimentando a la carga y cargando la batería.

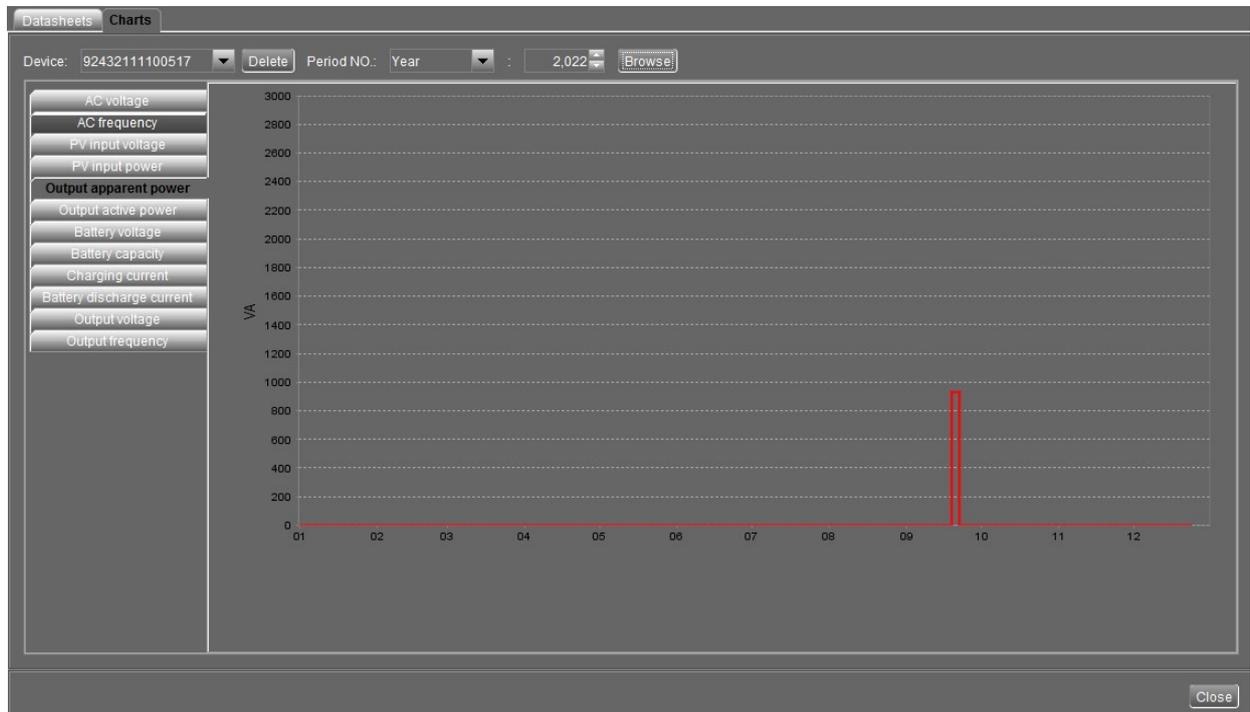


Figura 28: Gráfico de la potencia aparente de salida.

7.5.6 Práctica 6: Estudio de un apagón o “blackout” en la red, cuando ésta está alimentado a la carga y tiene que entrar la batería para alimentar la carga.

7.5.6.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es simular un apagón o caída de la red eléctrica, por lo que el consumo se queda sin suministro eléctrico y la única manera de alimentarlo es mediante unas baterías que se han estado cargando durante el día consumiendo energía de la red o con paneles solares fotovoltaicos.

7.5.6.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT

7.5.6.3 Procedimiento

1. Comprobar que no hay tensión en ningún elemento de la red, que todos los voltímetros y amperímetros están a cero, que todos los elementos tienen sus potenciómetros en su valor mínimo salvo la carga resistiva cuyo potenciómetro está en su valor máximo (1000 Ohm).
2. Verificar que todas las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) están bajados (abiertos) y no hay continuidad eléctrica.
3. Una vez se han verificado los pasos anteriores se procede al conexionado de la unidad. Para ello, ver el apartado “[Cableado del EE-HYB-KIT](#)”.
4. Conectar el cable de alimentación a la salida del inversor a la red.
5. Conectar la otra salida del inversor de CA monofásica a la carga resistiva.

6. Conectar la entrada del inversor de CC a la batería de gel.
7. . Verificar que todas las conexiones están bien ajustadas y no hay contactos con el chasis o cortocircuitos.
8. Estudiar el funcionamiento del inversor. Para ello, ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).
9. Una vez realizados los pasos anteriores, se conecta la alimentación a la red, se cierran las protecciones y se enciende la unidad con el botón “Power” en la parte delantera del Kit.
10. Se cierra el seccionador de la batería, se abre el del panel solar, se pone el selector de la red a 1 y el de la carga a 1.
11. Se pulsa el botón de encendido del inversor y se esperan unos segundos.
12. Se configuran los programas de la siguiente manera:
 - a. Programa 01_Uti
 - b. Programa 02_50
 - c. Programa 03_APL
 - d. Programa 05_AGn
 - e. Programa 06_Ltd
 - f. Programa 07_ttd
 - g. Programa 09_(50 ó 60) (dependiendo del país)
 - h. Programa 11_10

i. Programa 12_11

j. Programa 13_FUL

k. Programa 16_CUT

l. El resto de los programas son los que vienen por defecto. Ver su operatividad aquí: "[Inversor híbrido](#)".

13. Se conecta el cable de datos entre el inversor y el PC habiéndose descargado e instalado previamente el software que viene en el CD. Las variables del inversor se pueden configurar directamente seleccionando los programas en el propio inversor como se ha mencionado anteriormente o desde el PC a través del software (ambas formas son válidas). Para configurarlas desde el software, leerse el manual de instrucciones que viene en el CD.

14. Una vez hecho todo lo anterior, se pone el reóstato a una carga arbitraria (siempre y cuando los voltímetros y amperímetros de ningún elemento superen el rango de sus medidas) y se apuntan sus medidas. Después, se pone el selector de la red a cero simulando un apagón y se comprueba que la batería comienza a alimentar la carga como ocurriría en un caso real. Una vez hecho el ensayo, se toman las medidas de los voltímetros y amperímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas (especialmente los transitorios durante el apagón), del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la red-batería-inversor-carga.

15. Una vez realizada la práctica y habiendo guardado todos los datos obtenidos, se pone el reóstato al 100%, se ponen todos los selectores a cero, se abren todos los seccionadores, se apaga el inversor y el botón de encendido del Kit, se bajan las protecciones eléctricas y se desenchufa la alimentación de la red.

7.5.7 Práctica 7: Estudio del inversor en modo isla con el panel solar y la batería alimentando a la carga y desacoplado de la red (opcional)

7.5.7.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es conseguir generar con un panel solar suficiente energía para cubrir la demanda de la carga en todo momento y, a la vez, cargar la batería con el excedente de energía que se genera para utilizarla más adelante. Además, se trata de estudiar como variando la demanda y generación de energía, llega un punto en que el panel solar no es capaz de cubrir toda la demanda de la carga y, la diferencia que falta, la tiene que aportar la batería.

7.5.7.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT
- FVP96 (Ejemplo de Edibon, puede ser cualquier otro panel solar)

7.5.7.3 Procedimiento

1. Comprobar que no hay tensión en ningún elemento de la red, que todos los voltímetros y amperímetros están a cero, que todos los elementos tienen sus potenciómetros en su valor mínimo salvo la carga resistiva cuyo potenciómetro está en su valor máximo (1000 Ohm).
2. Verificar que todas las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) están bajados (abiertos) y no hay continuidad eléctrica.
3. Una vez se han verificado los pasos anteriores se procede al conexionado de la unidad. Para ello, ver el apartado "[Cableado del EE-HYB-KIT](#)".
4. Conectar el cable de alimentación a la salida del inversor a la red.

5. Conectar la otra salida del inversor de CA monofásica a la carga resistiva.
6. Conectar la entrada del inversor de CC a la batería de gel.
7. Conectar la otra entrada de CC del inversor al panel solar.
 - *El panel solar es de 96W y es un elemento no incluido en el EE-HYB-KIT, se puede adquirir en Edibon, pero sirve cualquier otro panel solar que no sobrepase la potencia del inversor híbrido.*
8. Verificar que todas las conexiones están bien ajustadas y no hay contactos con el chasis o cortocircuitos.
9. Estudiar el funcionamiento del inversor. Para ello, ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).
10. Una vez realizados los pasos anteriores, se conecta la alimentación a la red, se cierran las protecciones y se enciende la unidad con el botón “Power” en la parte delantera del Kit.
11. Se cierra el seccionador de la batería, se cierra el del panel solar, se pone el selector de la red a 0 y el de la carga a 1.
12. Se pulsa el botón de encendido del inversor y se esperan unos segundos.
13. Se configuran los programas de la siguiente manera:
 - a. Programa 01_SbU
 - b. Programa 02_50
 - c. Programa 03_APL
 - d. Programa 05_AGn

e. Programa 06_Ltd

f. Programa 07_ttd

g. Programa 09_(50 ó 60) (dependiendo del país)

h. Programa 11_10

i. Programa 12_11

j. Programa 13_FUL

k. Programa 16_CSO

l. El resto de los programas son los que vienen por defecto. Ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).

14. Se conecta el cable de datos entre el inversor y el PC habiéndose descargado e instalado previamente el software que viene en el CD. Las variables del inversor se pueden configurar directamente seleccionando los programas en el propio inversor como se ha mencionado anteriormente o desde el PC a través del software (ambas formas son válidas). Para configurarlas desde el software, leerse el manual de instrucciones que viene en el CD.

15. Una vez hecho todo lo anterior, se varía el reóstato lentamente desde el 100% (1000 Ohm) hasta su tope 32% de la carga. Entre medias, se van tomando valores intermedios con diferentes cargas y se apuntan las medidas de los amperímetros y voltímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la panel-batería-inversor-carga. Se podrá apreciar, como habrá un momento en que el panel solar no pueda cubrir toda la demanda de la carga y cargar la batería simultáneamente, por lo que la batería pasará a ceder

energía a la carga junto con el panel solar para cubrir su demanda. La batería pasará de consumir corriente (carga) a ceder corriente (descarga).

16. Una vez realizada la práctica y habiendo guardado todos los datos obtenidos, se pone el reóstato al 100%, se ponen todos los selectores a cero, se abren todos los seccionadores, se apaga el inversor y el botón de encendido del Kit, se bajan las protecciones eléctricas y se desenchufa la alimentación de la red.

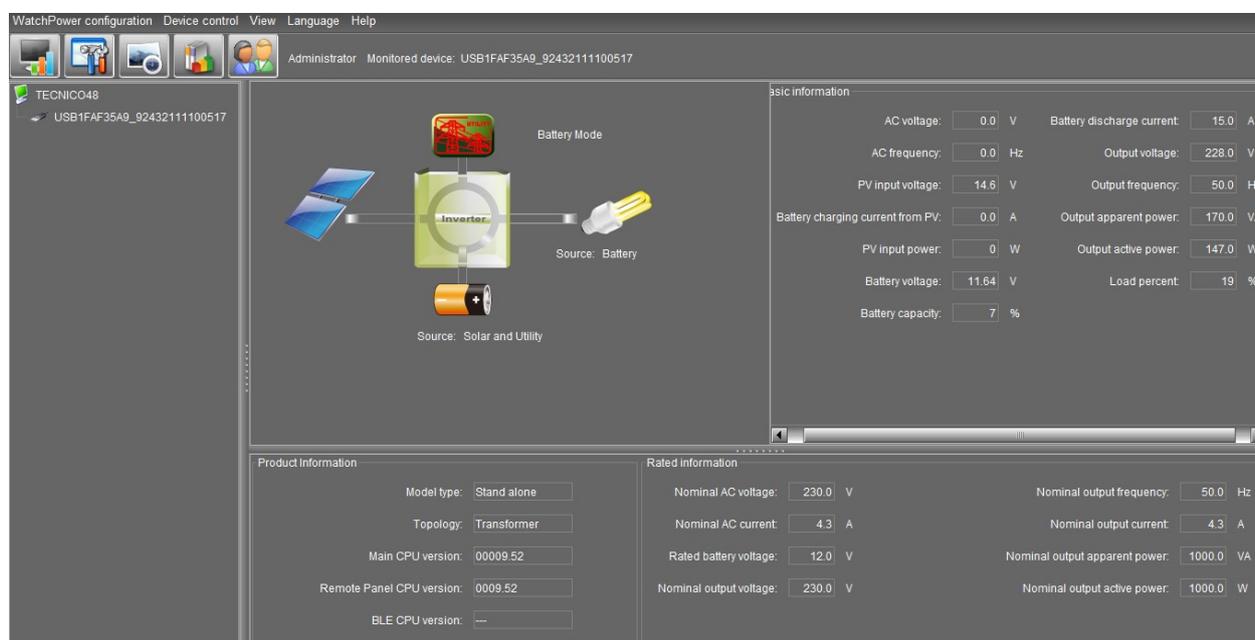


Figura 29: Esquema de la unidad con el panel solar y la batería alimentando a la carga

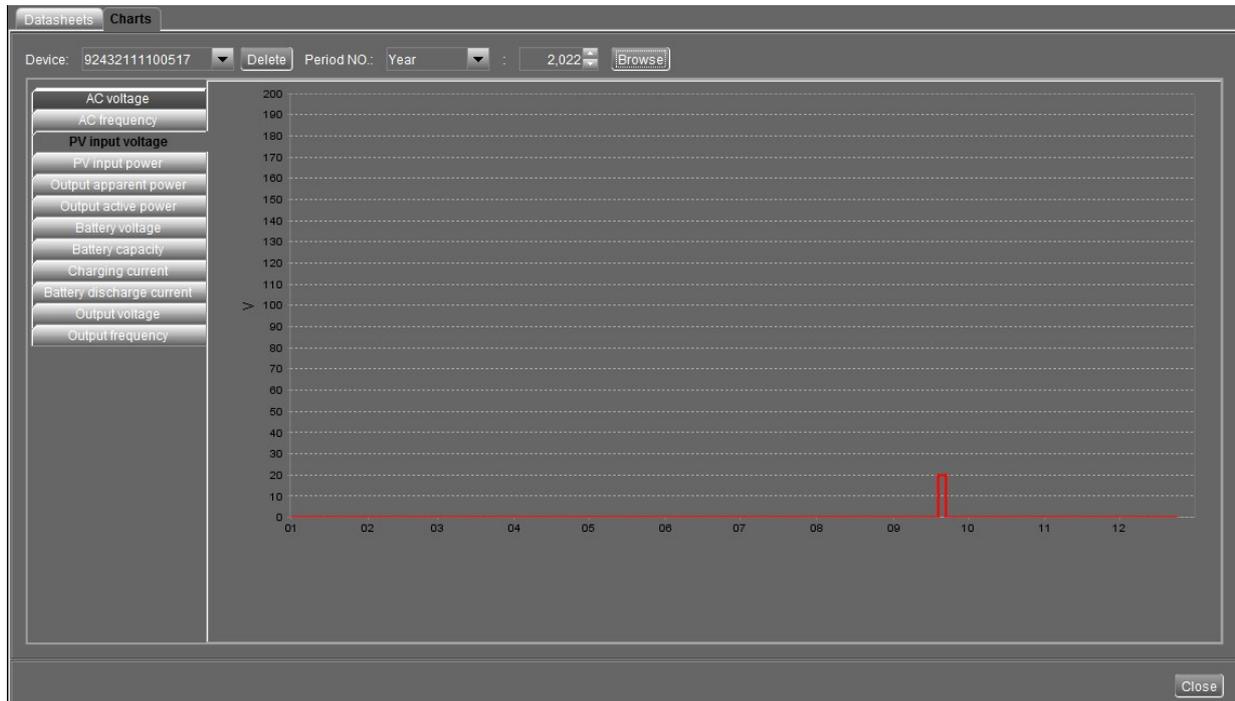


Figura 30: Gráfico con la tensión de la batería

7.5.8 Práctica 8: Estudio del inversor conectado a red, junto con el panel solar y la batería, rotando la prioridad de las fuentes de alimentación y consumo (opcional).

7.5.8.1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es realizar un estudio con todos los elementos conectados entre sí, de manera que se pueda profundizar en el funcionamiento del inversor híbrido en su forma más amplia. Cuando están todos los elementos conectados hay que establecer un orden de prioridad tanto en la generación de energía como en el consumo de la misma. Es por ello, por lo que se estudiarán diferentes apartados en esta práctica dependiendo de qué elementos tengan prioridad tanto en la alimentación (inputs) como en el consumo (outputs).

7.5.8.2 Elementos requeridos

- EE-HYB-KIT
- FVP96 (Ejemplo de Edibon, puede ser cualquier otro panel solar)

7.5.8.3 Procedimiento

1. Comprobar que no hay tensión en ningún elemento de la red, que todos los voltímetros y amperímetros están a cero, que todos los elementos tienen sus potenciómetros en su valor mínimo salvo la carga resistiva cuyo potenciómetro está en su valor máximo (1000 Ohm).
2. Verificar que todas las protecciones (magnetotérmicos y diferenciales) están bajados (abiertos) y no hay continuidad eléctrica.
3. Una vez se han verificado los pasos anteriores se procede al conexionado de la

unidad. Para ello, ver el apartado “[Cableado del EE-HYB-KIT](#)”.

4. Conectar el cable de alimentación a la salida del inversor a la red.
5. Conectar la otra salida del inversor de CA monofásica a la carga resistiva.
6. Conectar la entrada del inversor de CC a la batería de gel.
7. Conectar la otra entrada de CC del inversor al panel solar.
 - *El panel solar es de 96W y es un elemento no incluido en el EE-HYB-KIT, se puede adquirir en Edibon, pero sirve cualquier otro panel solar que no sobrepase la potencia del inversor híbrido.*
8. Verificar que todas las conexiones están bien ajustadas y no hay contactos con el chasis o cortocircuitos.
9. Estudiar el funcionamiento del inversor. Para ello, ver su operatividad aquí: “[Inversor híbrido](#)”.
10. Una vez realizados los pasos anteriores, se conecta la alimentación a la red, se cierran las protecciones y se enciende la unidad con el botón “Power” en la parte delantera del Kit.
11. Se cierra el seccionador de la batería, se cierra el del panel solar, se pone el selector de la red a 1 y el de la carga a 1.
12. Se pulsa el botón de encendido del inversor y se esperan unos segundos.
13. Se configuran los programas de la siguiente manera:
 - a) Programa 01
 - b) Programa 02_50

- c) Programa 03_APL
- d) Programa 05_AGn
- e) Programa 06_Ltd
- f) Programa 07_ttd
- g) Programa 09_(50 ó 60) (dependiendo del país)
- h) Programa 11_10
- i) Programa 12_11
- j) Programa 13_FUL
- k) Programa 16
- l) El resto de los programas son los que vienen por defecto. Ver su operatividad aquí: [“Inversor híbrido”](#).
- m) NOTA: El programa 01 y el programa 16 se configurarán de una manera u otra dependiendo del apartado de la práctica que se esté realizando como se explicará más adelante.**

14. Se conecta el cable de datos entre el inversor y el PC habiéndose descargado e instalado previamente el software que viene en el CD. Las variables del inversor se pueden configurar directamente seleccionando los programas en el propio inversor como se ha mencionado anteriormente o desde el PC a través del software (ambas formas son válidas). Para configurarlas desde el software, leerse el manual de instrucciones que viene en el CD.

15. Una vez hecho todo lo anterior, se pone el reóstato a una carga arbitraria (siempre

y cuando los voltímetros y amperímetros de ningún elemento superen el rango de sus medidas) y se apuntan sus medidas. Después, se pone el selector de la red a cero simulando un apagón y se comprueba que la batería comienza a alimentar la carga como ocurriría en un caso real.

15.1. Panel solar como fuente prioritaria, batería como segunda fuente, red como tercera fuente y carga como consumo prioritario

15.1.1. El programa 01 se pone en modo “SbU” y el programa 16 en modo “CSO”.

15.1.2. Una vez hecho todo lo anterior, se pone el reóstato a un valor arbitrario (siempre y cuando los voltímetros y amperímetros de ningún elemento superen el rango de sus medidas).

15.1.3. Una vez hecho el ensayo, se toman las medidas de los voltímetros y amperímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la red-batería-panel-inversor-carga.

15.2. Panel solar como fuente prioritaria, red como segunda fuente, batería como tercera fuente y carga como consumo prioritario.

15.2.1. El programa 01 se pone en modo “SOL” y el programa 16 en modo “CSO”.

15.2.2. Una vez hecho todo lo anterior, se pone el reóstato a un valor arbitrario (siempre y cuando los voltímetros y amperímetros de ningún elemento superen el rango de sus medidas).

15.2.3. Una vez hecho el ensayo, se toman las medidas de los voltímetros

y amperímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la red-batería-panel-inversor-carga.

15.3. Red como fuente prioritaria, panel solar como fuente secundaria, batería como tercera fuente y carga como consumo prioritario.

15.3.1. El programa 01 se pone en modo “Uti” y el programa 16 en modo “CUT”.

15.3.2. Una vez hecho todo lo anterior, se pone el reóstato a un valor arbitrario (siempre y cuando los voltímetros y amperímetros de ningún elemento superen el rango de sus medidas).

15.3.3. Una vez hecho el ensayo, se toman las medidas de los voltímetros y amperímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de potencia entre la red-batería-panel-inversor-carga.

15.4. Red y panel solar como fuentes prioritarias simultáneamente, batería como fuente terciaria y carga como consumo prioritario.

15.4.1. El programa 01 se pone en modo “SOL” y el programa 16 en modo “SNU”.

15.4.2. Una vez hecho todo lo anterior, se pone el reóstato a un valor arbitrario (siempre y cuando los voltímetros y amperímetros de ningún elemento superen el rango de sus medidas) y se apuntan sus medidas.

15.4.3. Una vez hecho el ensayo, se toman las medidas de los voltímetros y amperímetros, de la evolución temporal de las variables en las gráficas, del histórico de los datos recogidos por el software y de los flujos de

potencia entre la red-batería-panel-inversor-carga.

16. Una vez realizada la práctica y habiendo guardado todos los datos obtenidos, se pone el reóstato al 100%, se ponen todos los selectores a cero, se abren todos los seccionadores, se apaga el inversor y el botón de encendido del Kit, se bajan las protecciones eléctricas y se desenchufa la alimentación de la red.

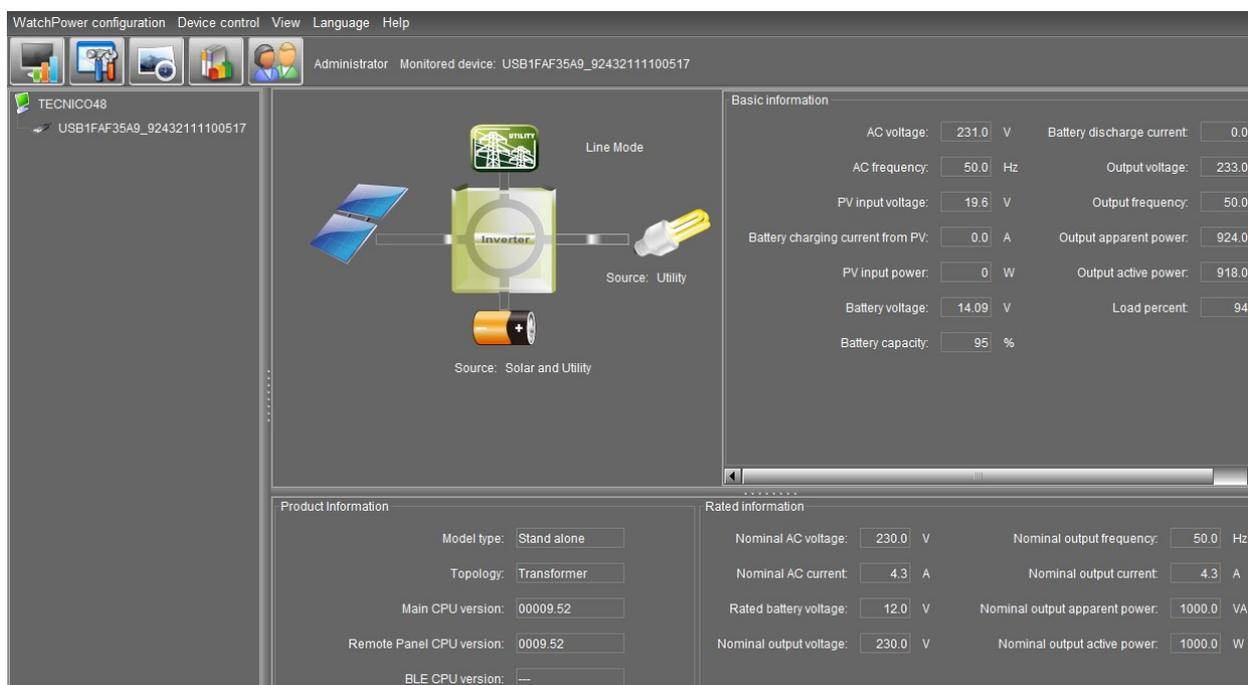


Figura 31: Esquema de la unidad con batería, panel solar y red.

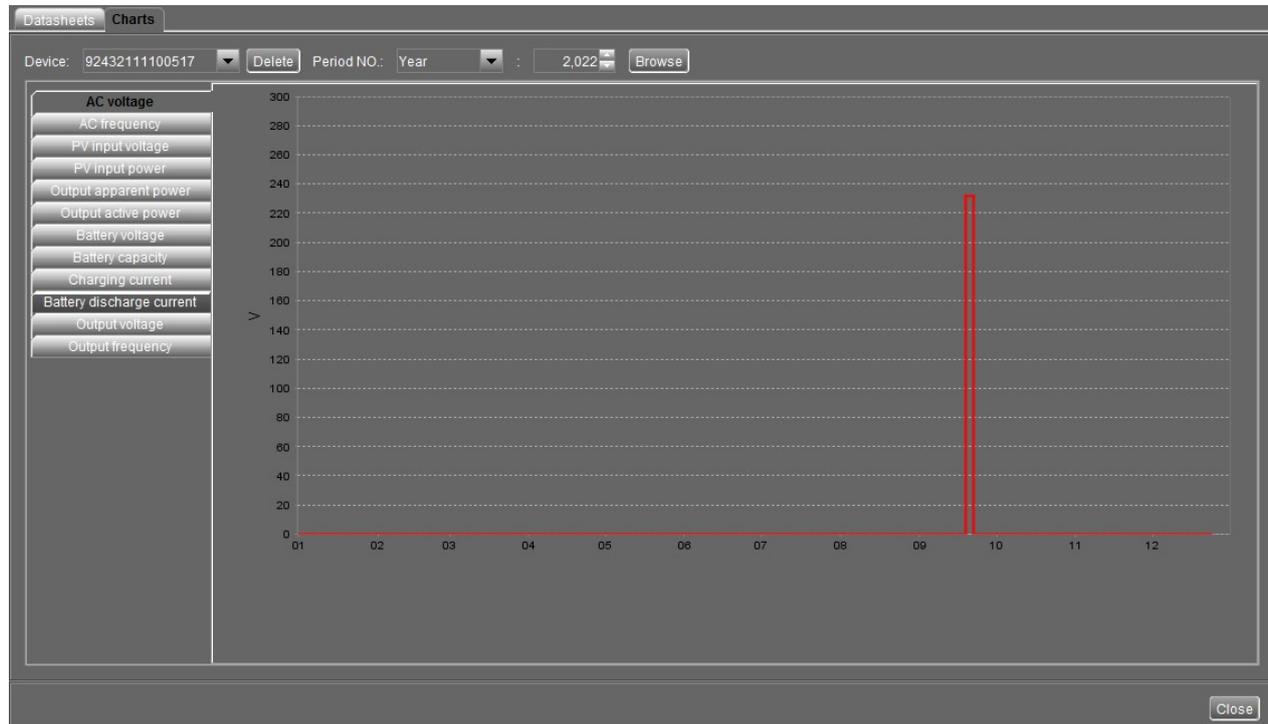


Figura 32: Gráfico tensión de entrada de la red