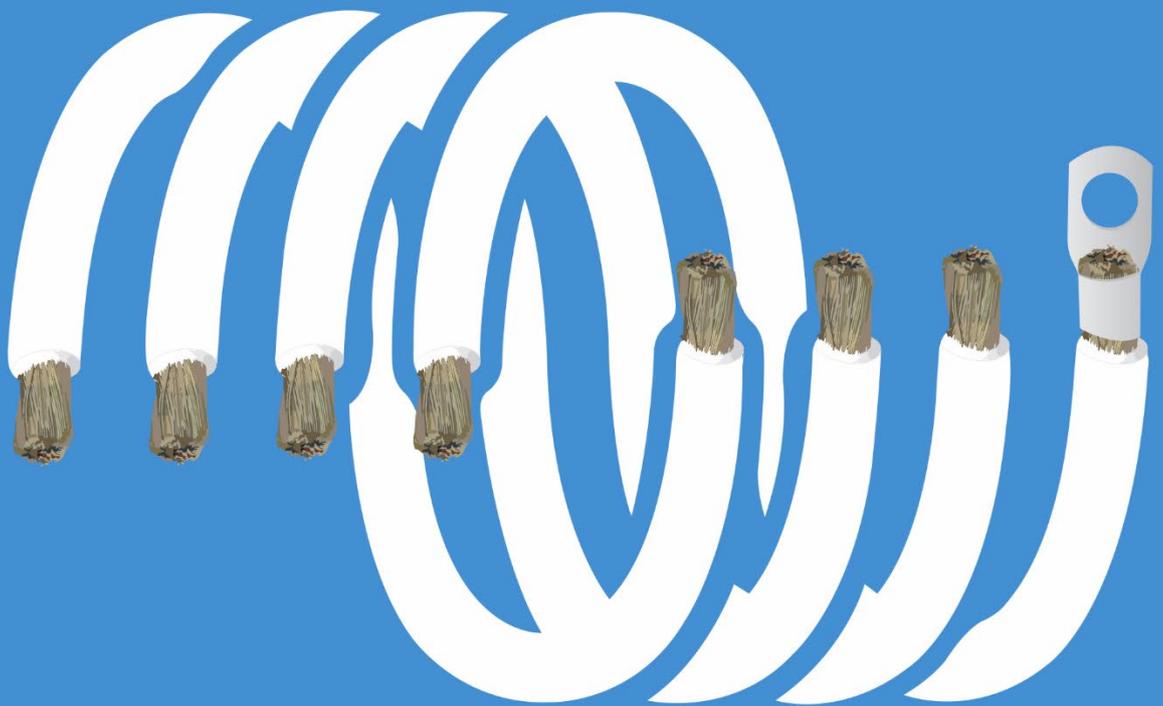


Wiring Unlimited



Cableado sin límites

Índice

1.	Introducción	4
1.1	Advertencias de seguridad	4
1.2	Exención de responsabilidad.....	4
2.	Teoría.....	5
2.1	Ley de Ohm	5
2.2	Potencia	5
2.3	Conductividad y resistencia	6
2.4	Corriente, resistencia del cable y caída de tensión.....	8
2.5	Efectos negativos de la caída de tensión del cable.....	11
2.6	Ondulación	12
3.	Cableado de la bancada de baterías	16
3.1	Bancada de baterías.....	16
3.2	Bancadas grandes de baterías	16
3.3	Cableado de bancadas de baterías en paralelo	18
3.4	Equilibrado de la bancada de baterías.....	20
3.5	Punto medio de la bancada de baterías	21
4.	Cableado CC.....	23
4.1	Selección del cable adecuado	23
4.2	Barras de conexiones	26
4.3	Conexiones con cables.....	27
4.4	Fusibles y disyuntores	30
4.5	Interruptores de aislamiento	34
4.6	Derivador.....	35
4.7	Cableado CC de un sistema en paralelo y/o trifásico.....	37
4.8	Barras de conexiones de sistemas grandes	38
4.9	Detección y compensación de tensión	39
4.10	Paneles solares.....	41
5.	Cableado de comunicación	45
5.1	Señales de datos	45
5.2	Interferencia.....	45
5.3	Cables de comunicación y tipos de conectores	46
5.4	Interfaces	47
6.	Cableado CA	49
6.1	Generación de energía.....	49
6.2	Redes de distribución.....	49
6.3	VA y vatios de la corriente del sistema	50

6.4 Cableado CA	52
6.5 Fusibles y disyuntores	53
6.6 Conmutador de entrada CA	53
6.7 Consideraciones especiales para el cableado CA de inversores/cargadores en paralelo o trifásicos	54
7. Conexión a tierra, tierra y seguridad eléctrica	56
7.1 Seguridad eléctrica.....	56
7.2 Cableado a tierra.....	58
7.3 Interruptor diferencial (ID).....	58
7.4 Enlace neutro a tierra en inversores e inversores/cargadores.....	59
7.5 Instalaciones móviles	60
7.6 Aislamiento y conexión a tierra de los equipos de Victron.....	63
7.7 Puesta a tierra del sistema.....	64
8. Corrosión galvánica	66
8.1 Prevención de la corrosión galvánica.....	66
8.2 El aislamiento galvánico	68
8.3 El transformador de aislamiento	69
9. Reconocimientos.....	70

1. Introducción

Bienvenido a 'Cableado sin límites', un libro sobre la conexión eléctrica de sistemas con baterías, inversores, cargadores e inversores/cargadores.

En este libro pretendemos explicar conceptos básicos del cableado de sistemas eléctricos. Hablaremos de la importancia de 'hacerlo bien' y de los problemas que pueden aparecer si un sistema tiene un cableado inadecuado. También ayudará a instaladores y usuarios a resolver los problemas que puedan surgir por un mal cableado. De este modo podrán sacar conclusiones adecuadas para los sistemas eléctricos en los que trabajen.

Los problemas de cableado son a menudo el motivo de problemas en el sistema, o pueden hacer que los sistemas tengan un rendimiento inferior.

Para que un sistema eléctrico funcione adecuadamente, y en especial aquellos que contienen un inversor/cargador y baterías, que son dispositivos de 'alta corriente', es fundamental que el cableado del sistema se realice correctamente.

Este libro le ayudará a 'hacerlo bien'.

1.1 Advertencias de seguridad

La electricidad es peligrosa. Puede ocasionar tanto daños personales como materiales.

Solo se necesita que una cantidad sorprendentemente pequeña de corriente pase por el corazón humano para pararlo. Gracias a la resistencia natural de la piel y de los tejidos del cuerpo humano, se necesita una alta tensión para generar esta corriente capaz de detener el corazón. Pero han llegado a fallecer personas con tan solo 42 voltios. Tanto la CC como la CA pueden producir estos sucesos fatales. Por lo tanto, los trabajos eléctricos siempre han de realizarlos electricistas o técnicos cualificados y se han de respetar las recomendaciones y requisitos locales de seguridad.

IMPORTANTE:

- Las tensiones de CA y CC son peligrosas y pueden provocar daños.
- Utilice siempre herramientas aisladas cuando esté trabajando con electricidad y baterías.
- No cortocircuite las baterías, ya que podría causar un incendio o una explosión.
- El proceso de carga de las baterías puede generar gases explosivos.
- Un cable de tamaño inadecuado o un mal contacto eléctrico pueden provocar un incendio.

1.2 Exención de responsabilidad

El único objetivo de este documento es facilitar la comprensión de los principios básicos de ciertos conceptos eléctricos. Se pretende que se use a modo de orientación solamente.

La normativa sobre conexiones eléctricas puede ser diferente según el lugar del mundo en el que se encuentre. Es posible que la normativa local relativa a electricidad no coincida con las recomendaciones sobre conexiones que se dan en este documento. Es su responsabilidad consultar siempre a un profesional y pedir instrucciones a las autoridades locales o a electricistas acreditados antes de realizar cualquier trabajo eléctrico.

2. Teoría

Podrá aprovechar mejor el contenido de este documento si tiene algunos conocimientos teóricos básicos sobre electricidad. Esto le ayudará a entender los factores que determinan el grosor de los cables y los tipos de fusibles. Si ya tiene unas nociones básicas, quizá pueda saltarse este capítulo, pero le recomendamos que por lo menos lo lea.

2.1 Ley de Ohm

La ley de Ohm es la más importante de un circuito eléctrico. Es la base de casi todos los cálculos eléctricos. Permite calcular la corriente que atraviesa un cable (o un fusible) a diferentes tensiones. Es fundamental saber cuánta corriente circula por un cable para poder elegir el cable correcto para cada sistema.

Pero primero es necesario entender algunos conceptos básicos sobre la electricidad.

La electricidad es el movimiento de los electrones en un material, llamado conductor. Este movimiento genera una corriente eléctrica. Esta corriente se mide en amperios, que se representan con la letra A.

La fuerza necesaria para que los electrones fluyan se llama tensión (o potencial). Se mide en voltios, que se representan con la letra V (en Europa también se usa la U).

Cuando la corriente eléctrica pasa a través del material encuentra cierta resistencia. Esta resistencia se mide en ohmios, que se representan con la letra griega Ω .

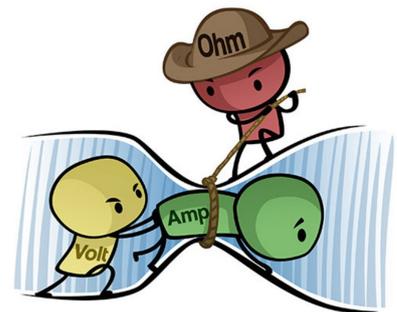
La tensión, la corriente y la resistencia están relacionadas entre sí.

- Cuando la resistencia es baja, se mueven muchos electrones y la corriente es alta.
- Cuando la resistencia es más alta, se mueven menos electrones y la corriente es menor.
- Cuando la resistencia es muy alta, no se mueve ningún electrón y la corriente se detiene.

Se puede decir que la resistencia de un conductor determina la cantidad de corriente que atraviesa un material a una tensión concreta. Esto puede expresarse con una fórmula conocida como la Ley de Ohm:

$$\text{Corriente (A)} = \text{Tensión (V)} / \text{Resistencia (\Omega)}$$

$$I = V/R$$



2.2 Potencia

La Ley de Ohm describe la relación entre resistencia, corriente y tensión. Pero hay otra unidad eléctrica que puede obtenerse de la Ley de Ohm: la potencia.

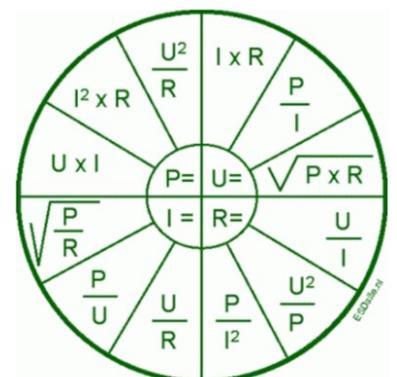
La potencia representa la cantidad de trabajo que puede hacer una corriente eléctrica.

Se mide en vatios y se representa con la letra P.

Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P = I \times V$$

De la ley de Ohm se pueden obtener otras fórmulas. Todas las fórmulas posibles se recogen en la imagen de la derecha. Tenga en cuenta que en el mundo se usan dos símbolos para representar la tensión: U o V.



Algunas de estas fórmulas son muy útiles para calcular la corriente de los cables.

Una fórmula muy usada es:

$$I = P/V$$

Esta fórmula permite calcular cuánta corriente atraviesa un cable cuando la tensión y la potencia son conocidas.

Ejemplo de aplicación:

Pregunta:

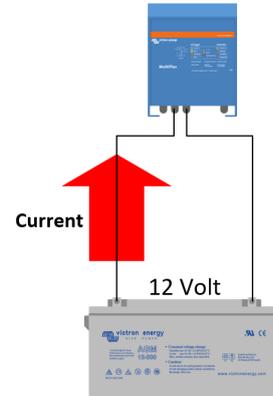
Si se tiene un batería de 12 V conectada a una carga de 2400 W.
¿Qué intensidad de corriente pasa por el cable?

Respuesta:

$$V = 12 \text{ V}$$

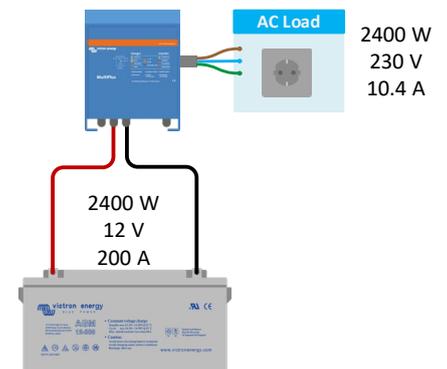
$$P = 2400 \text{ W}$$

$$I = P/V = 2400/12 = 200 \text{ A}$$



Una gran ventaja de usar la potencia en los cálculos o en las mediciones es que la potencia es independiente de la tensión. Esto es útil en sistemas con diferentes tensiones. Un ejemplo de esto sería un sistema con una batería, alimentación de la red eléctrica y quizá un panel solar.

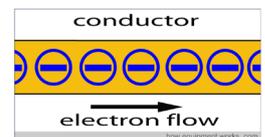
La potencia sigue siendo la misma a las diferentes tensiones. Por ejemplo, si activa una carga CA de 2400 W a través de un inversor desde una batería de 12 V, extraería 2400 W de la batería (sin considerar las ineficiencias del inversor).



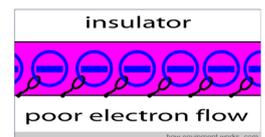
2.3 Conductividad y resistencia

Algunos materiales conducen la electricidad mejor que otros. Los materiales con poca resistencia conducen bien la electricidad, mientras que los materiales con una alta resistencia conducen mal la electricidad, o ni siquiera la conducen.

Los metales presentan una baja resistencia y conducen bien la electricidad. Estos materiales se denominan conductores. Por esta razón se emplean en los cables eléctricos.



El plástico y la cerámica presentan una resistencia muy alta y no conducen la electricidad en absoluto. Se les llama aislantes. Por esto es por lo que se usan materiales no conductores, como plástico o goma, en el exterior de los cables. El contacto con el cable no provoca una descarga eléctrica porque la electricidad no puede trasladarse a través de estos materiales. Los aislantes también se usan para evitar cortocircuitos cuando dos cables se tocan.



Cada material tiene una resistencia específica (o resistividad). Se mide en $\Omega \cdot m$. y se representa con la letra griega ρ (rho).

La tabla de la derecha muestra diferentes materiales conductores, su conductividad eléctrica y su resistividad. Como se puede ver en la tabla, el cobre conduce bien la electricidad y tiene una baja resistividad, y por eso los cables eléctricos se hacen con cobre. Pero, por ejemplo, el titanio no conduce bien la electricidad y, por lo tanto, tiene una mayor resistividad, de modo que no es muy adecuado como conductor eléctrico.

 TIBTECH	Electrical conductivity (10.E6 Siemens/m)	Electrical resistivity (10.E-8 Ohm.m)
Silver	62,1	1,6
copper	58,5	1,7
Gold	44,2	2,3
Aluminium	36,9	2,7
Molybden	18,7	5,34
Zinc	16,6	6,0
Lithium	10,8	9,3
Tungsten	8,9	11,2
Brass	15,9	6,3
Carbon (ex PAN)	5,9	16,9
Nickel	14,3	7,0
Iron	10,1	9,9
Palladium	9,5	10,5
Platinum	9,3	10,8
Tin	8,7	11,5
Bronze 67Cu33Sn	7,4	13,5
Carbon steel	5,9	16,9
Lead	4,7	21,3
Titanium	2,4	41,7

Hay otros dos factores que determinan la resistencia del cable. Se trata de la longitud y el grosor del conductor (el cable):

- Un cable fino tiene más resistencia que un cable grueso de la misma longitud.
- Un cable largo tiene más resistencia que un cable corto del mismo grosor.

Se puede calcular la resistencia de una determinada longitud de cable con la fórmula:

$$\text{Resistencia} = \rho \times \text{longitud} / \text{área}$$

$$R = \rho \times l / A$$

Como se puede ver, hay tres factores que determinan la resistencia del cable. A saber:

- La resistividad eléctrica del material usado.
- La longitud del cable (cable más largo = mayor resistencia).
- El diámetro del cable (cable más fino = mayor resistencia).

Es importante conocer la resistencia del cable. Cuando pasa corriente por un cable, su resistencia provoca estos dos efectos:

- Caída de tensión (pérdida) a lo largo del cable.
- Calentamiento del cable.

Si la corriente aumenta, estos efectos se intensifican. Un aumento de la corriente incrementará la caída de tensión y hará que el cable se caliente aún más.

La resistencia del cable se calcula del siguiente modo:

Pregunta:

¿Cuál es la resistencia de un cable de 1,5 m de longitud y 16 mm² de sección?

Siendo:

ρ cobre = $1,7 \times 10^{-8} \Omega/m$
 $l = 1,5 \text{ m}$
 $A = 16 \text{ mm}^2 = 16 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Respuesta:

$R = \rho \times l / A$
 $R = 1,7 \times 10^{-8} \times 1,5 / (16 \times 10^{-6})$
 $R = 1,7 \times 10^{-2} \times 1,5 / 16$
 $R = 0,16 \times 10^{-2} = 1,6 \times 10^{-3}$
 $R = 1,6 \text{ m}\Omega$

Efecto de la longitud del cable:

Vamos a usar el ejemplo anterior para hacer el cálculo para un cable de 5 m de longitud. El resultado es que la resistencia es de 5,3 mΩ. Si el cable es más largo, la resistencia aumenta.

Efecto del grosor del cable:

Vamos a usar el ejemplo anterior para hacer el cálculo para un cable de 2,5 m² de sección. El resultado es que la resistencia es de 10,2 mΩ. Si el cable es más fino, la resistencia aumenta.

Conclusión:

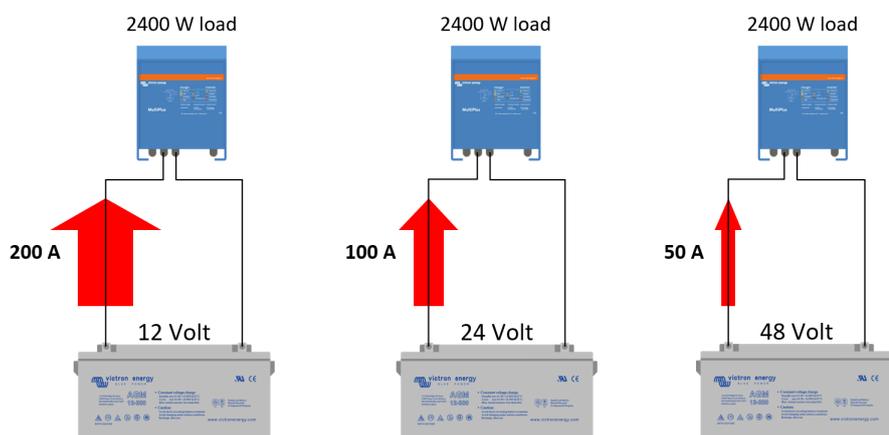
Tanto el grosor como la longitud del cable tienen un efecto considerable en la resistencia del cable.

2.4 Corriente, resistencia del cable y caída de tensión

Como ya se ha explicado, la corriente que pasa por un circuito eléctrico para una carga fija es diferente según la tensión del circuito. Cuanto mayor sea la tensión, menor será la corriente.

$$I = P/V$$

A continuación se incluye un resumen de la cantidad de corriente que pasa por tres circuitos diferentes en los que la carga es la misma, pero la tensión de la batería cambia:



Además, como ya hemos visto, un cable tiene una resistencia determinada. El cable forma parte del circuito eléctrico y puede considerarse como una resistencia.

Cuando la corriente pasa por una resistencia, ésta se calienta. Lo mismo pasa con los cables, cuando la corriente pasa por ellos, se calientan. Se pierde potencia en forma de calor. Estas pérdidas reciben el nombre de pérdidas del cable. La potencia perdida se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia} = \text{Resistencia} \times \text{Corriente}^2$$

$$P = R \times I^2$$

Otra consecuencia de las pérdidas del cable es que se generará una caída de tensión a lo largo del cable. La caída de tensión se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Tensión} = \text{Resistencia} \times \text{Corriente}$$

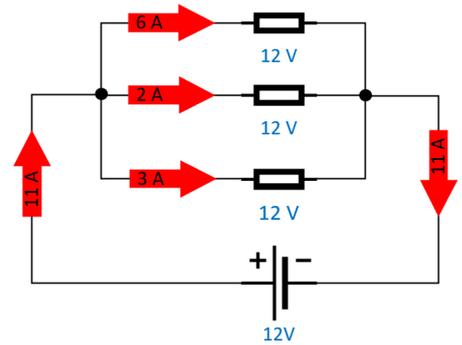
$$V = R \times I$$

Para poder calcular el efecto de la caída de tensión del cable, es necesario conocer otras dos leyes eléctricas, la primera y la segunda ley de Kirchhoff:

Ley de las corrientes de Kirchhoff (1ª ley)

La corriente que entra en un nodo debe ser igual a la corriente que sale de él.

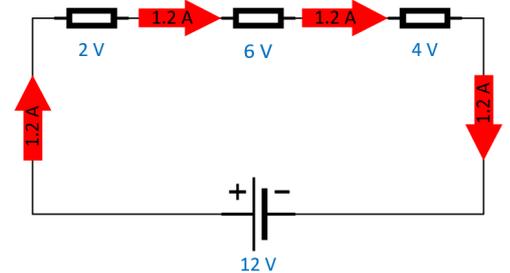
Un ejemplo de esto es un circuito en paralelo. La tensión de cada resistencia es la misma mientras que la suma de las corrientes que atraviesan cada resistencia es igual a la corriente global.



Ley de las tensiones de Kirchhoff (2ª ley)

La suma de todas las tensiones de una malla cerrada de un circuito debe ser igual a cero.

Aquí ocurre justo lo contrario. En un circuito en serie, la corriente que atraviesa cada resistencia es la misma, mientras que la suma de las tensiones de cada resistencia es igual a la tensión global.

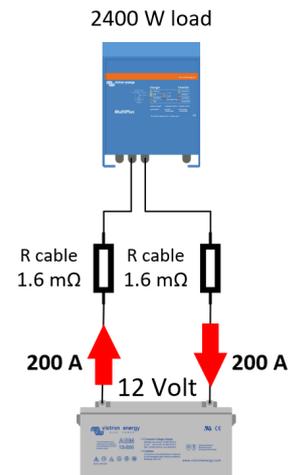


Ahora vamos a usar en ejemplo práctico en el que un inversor está conectado a una batería de 12 V para calcular las pérdidas del cable. En el diagrama del circuito de la derecha se puede ver un inversor de 2400 W conectado a una batería de 12 V con dos cables de 1,5 m de longitud y 16 mm² de sección.

Como hemos calculado antes, cada cable tiene una resistencia de 1,6 mΩ.

Con estos datos, se puede calcular la caída de tensión de un cable:

- Una carga de 2400 W a 12 V crea una corriente de 200 A.
- La caída de tensión de un cable es: $V = I \times R = 200 \times 0,0016 = 0,32 \text{ V}$.
- Como tenemos dos cables, la caída de tensión total del sistema es de 0,64 V.

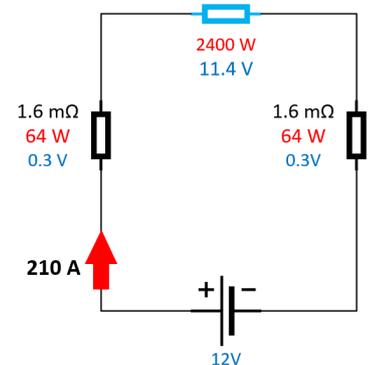


Debido a la caída de tensión de 0,6 V, el inversor ya no recibe 12 V, sino $12 - 0,6 = 11,4 \text{ V}$.

La potencia del inversor es una constante en este circuito. De modo que cuando cae la tensión en el inversor, la corriente aumenta. Recordemos que $I = P/V$.

Ahora la batería suministrará más corriente para compensar las pérdidas. En este ejemplo, esto significa que la corriente subirá hasta 210 A.

Esto hace que el sistema sea ineficiente porque hemos perdido el 5% ($0,64 / 12$) de la energía total. Esta energía perdida se ha transformado en calor.



Es importante que esta caída de tensión sea lo más baja posible. La forma obvia de reducirla es aumentar el grosor del cable o acortarlo tanto como sea posible. Pero se puede hacer algo más, que es aumentar la tensión

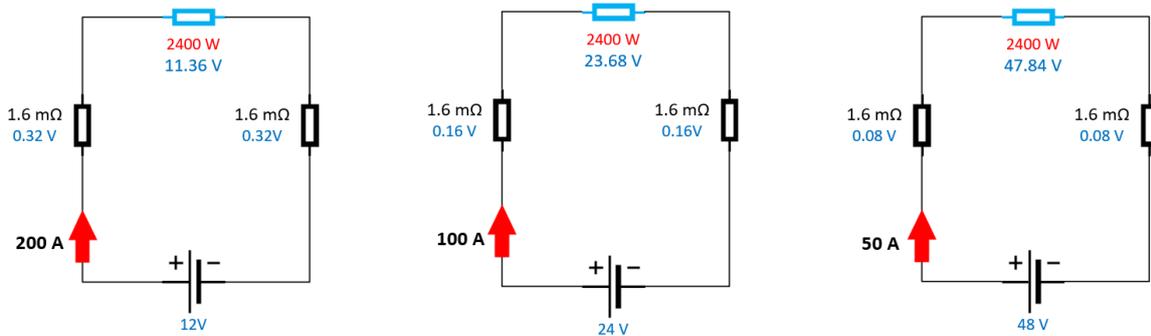
del circuito. La caída de tensión del cable varía según la tensión de la batería (sistema). En general, cuanto mayor sea la tensión del circuito menor será la caída de tensión.

Ejemplo:

Consideremos la misma carga de 2400 W, pero ahora la tensión del circuito es de 24 V:

- Una carga de 2400 W a 24 V crea una corriente de $2400/24 = 100$ A.
- La caída de tensión total será de $2 \times 100 \times 0,0016 = 0,32$ V (= 1,3%).

Y a 48 V la corriente es de 50 A. La caída de tensión es de 0,16 V (= 0,3%).



Esto nos lleva a la siguiente cuestión: ¿cuál es la caída de tensión que se puede permitir?

Hay diferentes opiniones, pero recomendamos plantearse como objetivo que la caída de tensión no supere el 2,5%. Esto se indica en la siguiente tabla para las distintas tensiones:

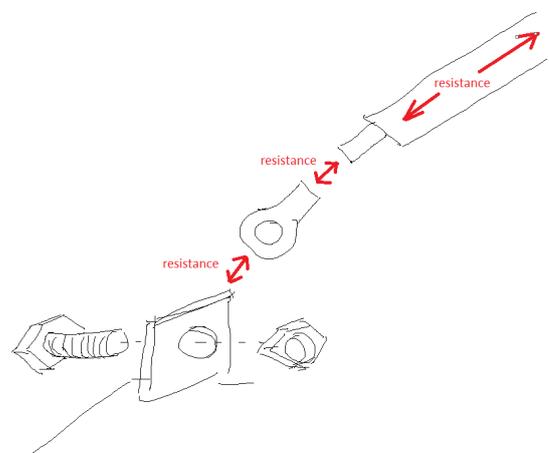
Tensión de la batería	Porcentaje	Caída de tensión
12 V	2,5 %	0,3 V
24 V	2,5 %	0,6 V
48 V	2,5 %	1,2 V

Es importante tener en cuenta que no solo el cable presenta resistencia. Cualquier otro elemento que la corriente tenga que atravesar en su camino creará una resistencia adicional. En esta lista se incluyen elementos que pueden contribuir a incrementar la resistencia total:

- Grosor y longitud del cable
- Fusibles
- Derivadores
- Interruptores
- Montaje de terminales de cables
- Conexiones

Y preste especial atención a:

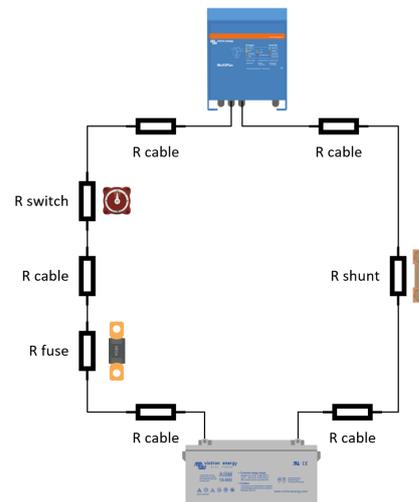
- Conexiones flojas
- Contactos sucios o con corrosión.
- Terminales de cables mal montados.



Se añadirá resistencia al circuito eléctrico con cada conexión que se haga, o con cada cosa que se coloque en el camino entre la batería y el inversor.

Para hacerse una idea de qué pueden suponer estas resistencias:

- Cada conexión de cable: 0,06 mΩ.
- Derivador de 500 A. 0,10 mΩ.
- Fusible de 150 A: 0,35 mΩ.
- Cable de 2 m y 35mm²: 1,08 mΩ.



2.5 Efectos negativos de la caída de tensión del cable

Ya sabemos que es necesario limitar la resistencia de in circuito para evitar caídas de tensión. Pero ¿qué efectos tiene una caída de tensión fuerte en un sistema? Estos son algunos de ellos:

- Se pierde energía y el sistema es menos eficiente. Las baterías se descargarán más rápido.
- Aumentará la corriente del sistema. Esto puede hacer que los fusibles CC se fundan.
- La presencia de corrientes altas en el sistema pueden provocar sobrecargas prematuras del inversor.
- Si se produce una caída de tensión durante la carga, las baterías no se cargarán del todo.
- El inversor recibe una tensión de la batería más baja. Esto puede activar alarmas de baja tensión.
- Los cables de la batería se calientan. Esto puede hacer que el aislante de los cables se derrita o causar daños en los conductos de los cables o en el equipo que forma parte del sistema. En casos extremos, el calentamiento de los cables puede ocasionar un incendio.
- Todos los dispositivos conectados al sistema tendrán una vida más corta debido a la ondulación CC.

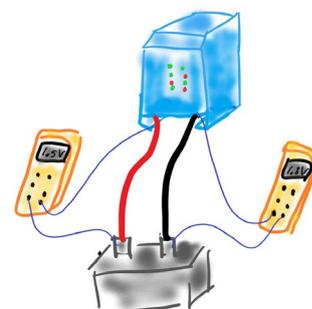
Para evitar las caídas de tensión:

- Use cables de la menor longitud posible.
- Use cables con suficiente grosor.
- Apriete las conexiones (pero no demasiado, siga las recomendaciones de torsión del manual).
- Compruebe que los contactos están limpios y no presentan corrosión.
- Use terminales de cable de calidad y móntelos con la herramienta adecuada (crimpadora).
- Use interruptores de aislamiento de baterías de calidad.
- Limite el número de conexiones de cada tramo de cable.
- Utilice puntos de distribución o barras de conexiones CC.
- Respete la legislación sobre conexiones.

Es aconsejable medir la caída de tensión del sistema una vez que se haya terminado una instalación eléctrica con baterías. Recuerde que las caídas de tensión se suelen producir en situaciones de corriente alta. La caída de tensión es mayor cuando la corriente aumenta. Esto ocurre cuando un inversor tiene conectada una carga máxima o cuando el cargador de la batería está cargando a plena corriente.

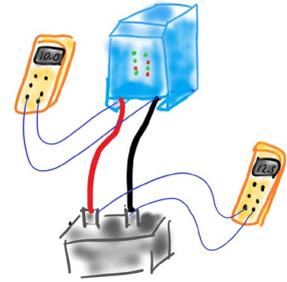
Así se mide la caída de tensión, por ejemplo, en un sistema con un inversor:

- Cargue el inversor con potencia máxima.
- Mida la tensión en el cable negativo que está entre la conexión del inversor y el polo de la batería.
- Haga lo mismo con el cable positivo.



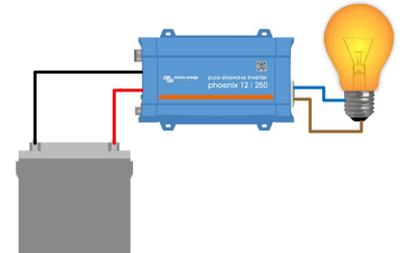
Si la batería y el inversor están muy alejados, o si la batería está en otra sala:

- Cargue el inversor con potencia máxima.
- Mida la tensión de las conexiones CC dentro del inversor.
- Mida la tensión en los polos de la batería.
- Compare las lecturas. La diferencia entre ellas es la caída de tensión.



2.6 Ondulación

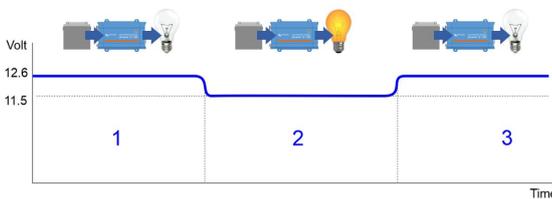
Una de las consecuencias negativas de una caída de tensión fuerte en un sistema es la ondulación. La ondulación se produce en un sistema en el que la fuente de alimentación es una batería (CC) y la carga es un dispositivo de CA. Este es el caso de los sistemas que tienen un inversor. El inversor se conecta a las baterías pero alimenta una carga CA.



El mecanismo que provoca la ondulación está directamente relacionado con la caída de tensión que se produce en los cables CC cuando un sistema tiene una carga y la corriente de la batería es alta. Una corriente alta provoca una caída de tensión importante, que es aún más pronunciada si se han empleado cables finos.

La caída de tensión del sistema en su totalidad puede ser aún mayor, sobre todo si se usan baterías de ácido y plomo demasiado pequeñas, viejas o dañadas. La caída de tensión no solo se producirá en los cables, sino también en la propia batería.

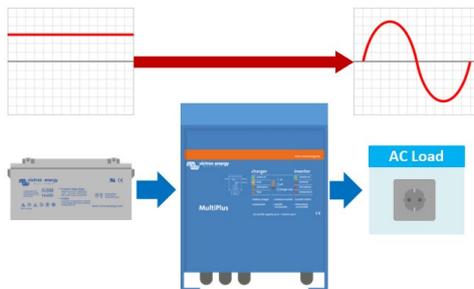
La ondulación está relacionada con el fenómeno por el que cuando un inversor alimenta una carga grande, la tensión CC del sistema se cae. Pero la tensión del sistema se recupera una vez que la carga se apaga. Este proceso se representa a continuación de forma gráfica.



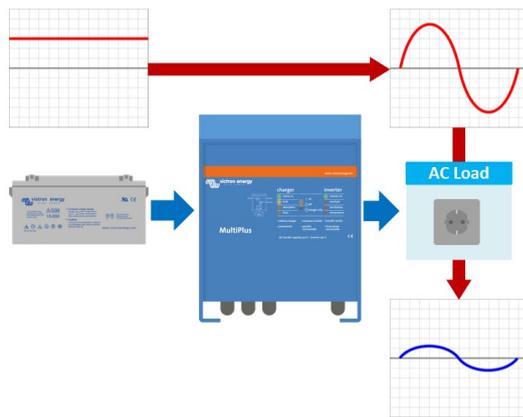
1. La tensión medida en el inversor es normal. En este ejemplo es de 12,6 V.
2. Cuando se enciende una carga grande, la tensión de la batería cae e 11,5 V.
3. Cuando se apaga la carga, la tensión de la batería suele volver a 12,6 V.

¿Cómo se genera la ondulación?

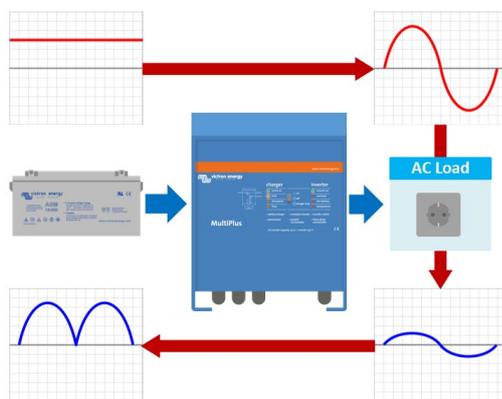
1. El inversor convierte una tensión CC en una tensión CA.



2. La carga conectada al inversor genera una corriente CA en el inversor.

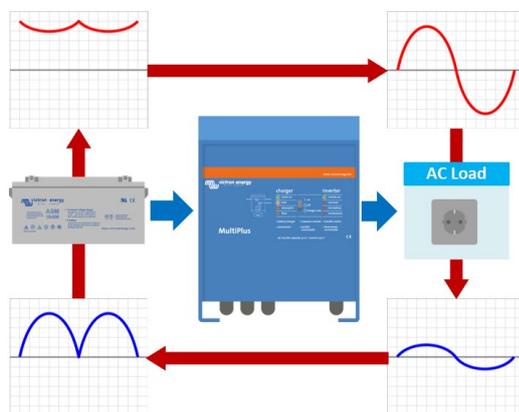


3. Esta corriente CA produce (a través del inversor) una corriente CC fluctuante en la batería.



4. El resultado de esta corriente CC fluctuante es el siguiente:

- Cuando la corriente CC alcance su pico, la tensión de la batería se caerá.
- Cuando la corriente CC caiga, la tensión de la batería se recuperará.
- Cuando la corriente CC alcance su pico, la tensión de la batería se caerá otra vez.
- Y así una y otra vez.

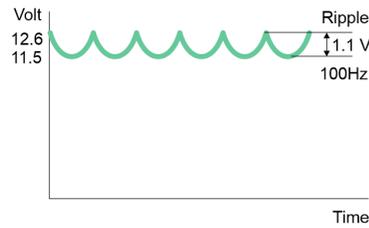


La tensión CC seguirá subiendo y bajando y ya no será constante. Ahora es fluctuante. Subirá y bajará unas 100 veces por segundo (100 Hz). La medida de la fluctuación de la tensión CC se llama tensión de ondulación.

La CC normal DC es así:



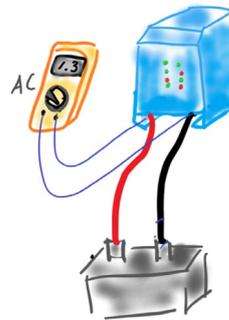
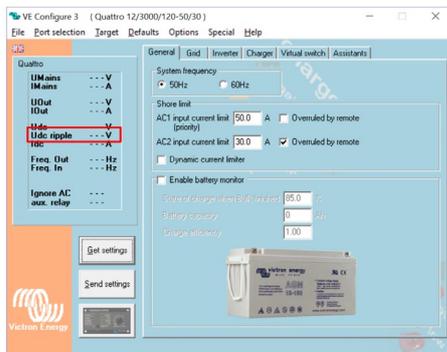
La tensión CC con ondulación es así:



Es posible medir la ondulación. Hay dos opciones:

- Con un multímetro. Seleccione el modo CA en el multímetro. Mida en las conexiones CC del inversor. Ahora está midiendo la componente de CA de la tensión CC. Esta tensión CA es la tensión de ondulación.
- Puede usar VEConfigure para hacer un seguimiento de la ondulación.

Al medir la ondulación, recuerde que solo aparece cuando el sistema tiene carga completa. Lo mismo ocurre con la caída de tensión. Solo se puede detectar la ondulación cuando el inversor está alimentando una carga completa o cuando hay un cargador cargando con una corriente alta.



Puede haber una pequeña cantidad de ondulación sin un efecto medible. Sin embargo, una ondulación excesiva puede tener un impacto negativo:

- La vida del inversor se verá reducida. Los condensadores del inversor intentarán nivelar la ondulación todo lo posible y como consecuencia, envejecerán más rápido.
- La vida de otros equipos CC del sistema también se verá reducida. Ellos también sufren la ondulación.
- Las baterías envejecerán antes de tiempo, ya que cada ondulación es como un mini ciclo para la batería y debido al aumento de los ciclos, su vida se acortará.
- La ondulación durante el proceso de carga reducirá la potencia de carga.

Los inversores o inversores/cargadores tienen una alarma de ondulación integrada. Hay dos niveles de alarma de ondulación:

- Prealarma de ondulación. Los LED de sobrecarga y de batería baja parpadean y la unidad se apagará transcurridos 20 minutos.
- Alarma de ondulación completa: Los LED de sobrecarga y de batería baja se encienden y la unidad se apaga.

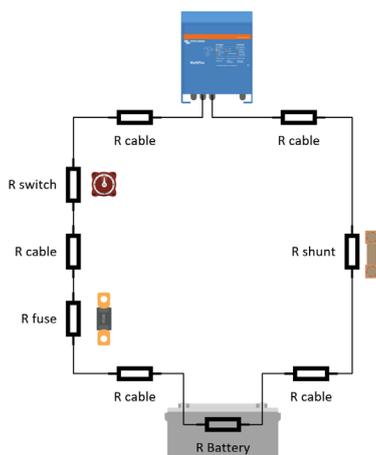
Estos son los niveles de alarma de ondulación para las diferentes tensiones:

	12 V	24 V	48 V
Prealarma de ondulación	1,5 V	2,25	3 V
Alarma de ondulación completa	2,5 V	3,75	5 V

La ondulación solo aparecerá cuando haya una caída de tensión en el sistema. Para arreglar la ondulación, será necesario reducir la caída de tensión. Esto significa que habrá que reducir la resistencia en el camino de la batería al inversor y de vuelta a la batería. Para más información, véase el apartado 2.5.

Para arreglar una ondulación elevada en un sistema será necesario hacer lo siguiente:

- Acortar los cables de batería que sean muy largos.
- Usar cables más gruesos.
- Comprobar la conectividad de fusibles, derivadores e interruptores de aislamiento de baterías.
- Consultar las especificaciones de fusibles, derivadores e interruptores de aislamiento de baterías.
- Comprobar que no haya terminales ni conexiones de cables sueltas.
- Comprobar que no haya conexiones sucias o corroídas.
- Comprobar que no haya baterías en malas condiciones, viejas o demasiado pequeñas.
- Usar siempre componentes de buena calidad.



3. Cableado de la bancada de baterías

3.1 Bancada de baterías

En el núcleo de cualquier sistema de Victron está la batería. Puede tratarse de una sola batería o de un grupo de baterías conectadas entre sí.

Las baterías se conectan entre sí para aumentar la tensión o la capacidad de la batería o las dos cosas. Un grupo de baterías conectadas entre sí recibe el nombre de bancada de baterías.

Lo siguiente es de aplicación a las bancadas de baterías:

- Cuando se conectan dos baterías en serie la tensión aumenta.
- Cuando se conectan dos baterías en paralelo la capacidad aumenta.
- Cuando se conectan baterías en serie/paralelo la tensión y la capacidad aumentan.

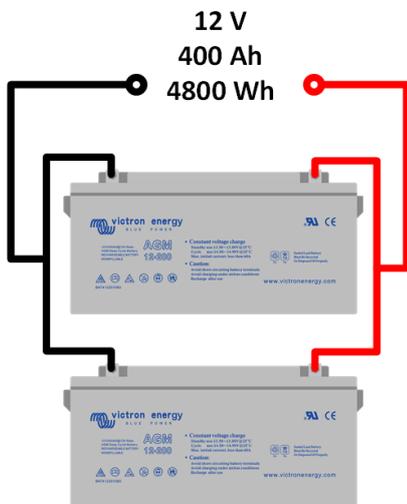
Algunos ejemplos:



Una sola batería



Dos baterías en serie



Dos baterías en paralelo



Cuatro baterías en serie/paralelo



3.2 Bancadas grandes de baterías

Si necesita una bancada grande de baterías, no recomendamos que conforme la bancada de baterías con muchas baterías de ácido y plomo de 12 V en serie/paralelo. El máximo es de unas 3 (o 4) cadenas en paralelo. Esto se debe a que es difícil conseguir que una bancada de baterías grande como esta esté equilibrada. En una bancada de baterías en serie/paralelo grande, se crea desequilibrio por las conexiones de cables y por las pequeñas diferencias en las resistencias internas de las baterías.

Si necesita una bancada de baterías grande, considere utilizar baterías de litio o de ácido y plomo de 2 V .

Baterías de ácido y plomo de 2 V

Existen baterías OPzV o OPzS de 2 V con diferentes capacidades grandes. Solo tiene que elegir la capacidad que desea y conectarlas en serie. Se suministran con enlaces de conexión especiales precisamente para ese fin.



Baterías de litio básicas

Con equilibrado de celdas y sistema de gestión de la batería interno o externo (BMS).



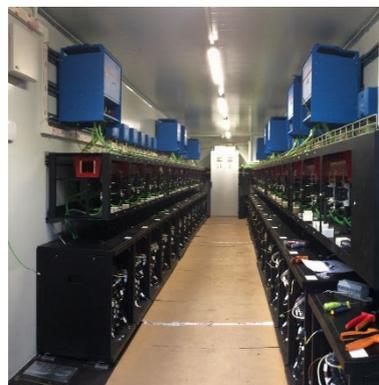
Baterías de litio Smart

Con equilibrado de celdas y sistema de gestión de la batería interno o externo (BMS).

Cada batería puede comunicarse con las otras, y a su vez con un sistema de seguimiento. En el caso de Victron esto lo hace un dispositivo GX.

Las baterías generarán un valor de estado de carga total para toda la bancada de baterías y lo enviarán al dispositivo GX.

Puede consultar más información sobre las marcas que funcionan con Victron y cómo configurarlas [aquí](#).



Baterías con otros sistemas químicos

Baterías de flujo y otros sistemas químicos. Normalmente están disponibles en 48 V. Se pueden conectar varias baterías en paralelo sin problemas. Cada batería tiene su propio sistema de gestión. Las baterías en conjunto generarán un valor de estado de carga total para toda la bancada de baterías. Se necesita un dispositivo de seguimiento GX en el sistema.



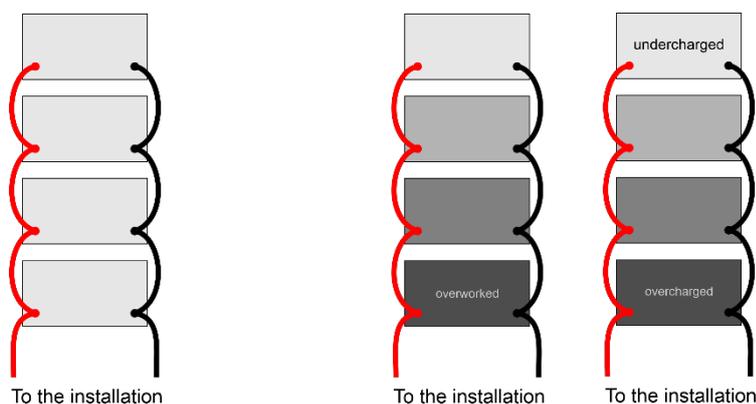
Puede consultar más información sobre las marcas que funcionan con Victron y cómo configurarlas [aquí](#).

3.3 Cableado de bancadas de baterías en paralelo

La forma en que se conecta la bancada de baterías al sistema es importante. Es fácil cometer algún error al hacer las conexiones de la bancada de baterías. Uno de los errores más frecuentes es conectar todas las baterías juntas en paralelo y luego conectar un lado de la bancada de baterías en paralelo a la instalación eléctrica, tal y como se indica en la siguiente imagen.

¿Qué pasa cuando se conecta una carga? La energía procedente de la batería de abajo solo pasará a través de los cables de la conexión principal. La energía de la siguiente batería tiene que ir por la conexión principal y atravesar los dos cables de interconexión hasta la siguiente batería. La siguiente batería tiene que atravesar 4 grupos de cables de interconexión. La de más arriba tiene que atravesar 6 grupos de cables de interconexión. Cada grupo de cables tiene su propia resistencia, que se va sumando. La batería de la parte superior proporciona mucha menos corriente que la de abajo.

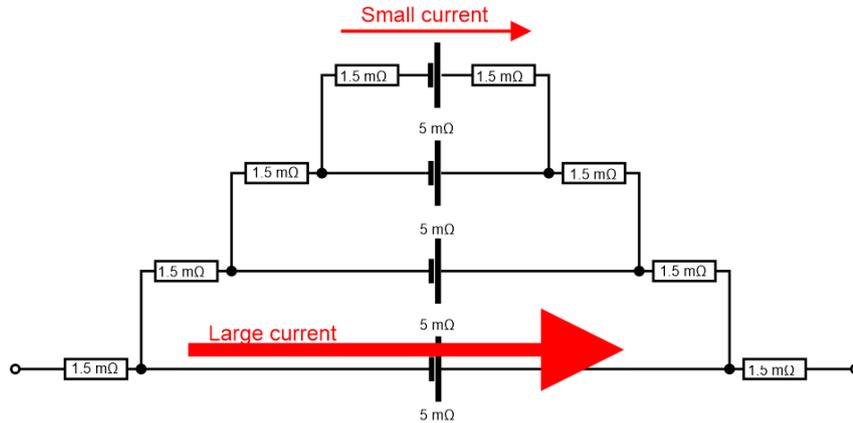
¿Qué ocurre cuándo la bancada de baterías se está cargando? La batería de la parte inferior se carga con una corriente más alta que la de la parte superior. La batería de la parte superior se carga con una corriente más baja que la de la parte inferior. El resultado es que la batería de abajo trabaja, se descarga y se carga en unas condiciones más exigentes, de modo que fallará prematuramente.



¿Por qué la resistencia del cable es importante en la conexión de bancadas de baterías? Recuerde que un cable es como una resistencia. Cuanto más largo es el cable, más resistencia presenta. Además, los terminales de los cables y las conexiones de la batería también aportarán resistencia.

Para hacerse una idea: la resistencia total de un cable de 20 cm y 35 mm², junto con la de los terminales que tenga montados, es de aproximadamente 1,5 mΩ. Se podría decir que 1,5 mΩ no es tanto, pero recuerde que la resistencia interna de una batería también es baja. Por lo tanto, es muy importante. La resistencia interna de una batería suele estar entre 10 y 3 mΩ.

En un diagrama eléctrico se vería así:

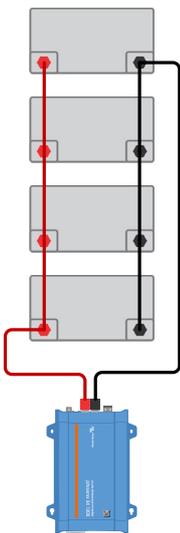


La corriente siempre elegirá el camino de menor resistencia. Por lo que la mayor parte de la corriente irá por la batería de abajo. Solo una pequeña parte de la corriente irá por la batería de arriba.

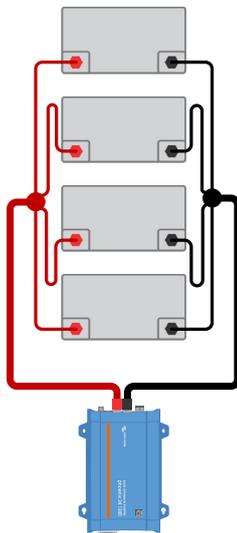
Para conectar varias baterías en paralelo de forma correcta hay que asegurarse de que todo el recorrido que hace la corriente para entrar y salir de cada batería es igual.

Hay cuatro formas de hacerlo:

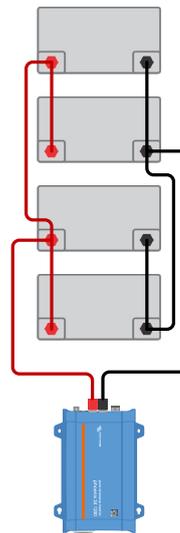
- Conectarlas en diagonal.
- Usar un borne positivo y uno negativo Las longitudes de los cables que van del borne a cada batería han de ser iguales.
- Conectarlas a medio camino. Asegúrese de que todos los cables tienen el mismo grosor.
- Usar barras de conexiones.



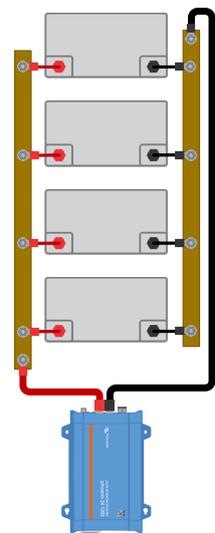
Diagonalmente



Bornes



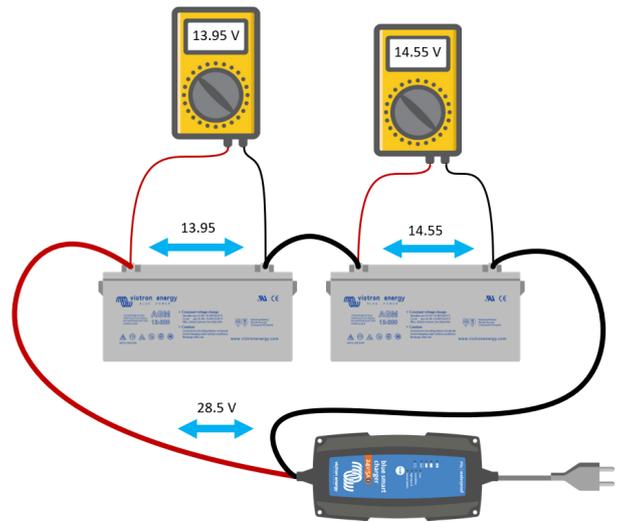
Medio camino



Barras de conexiones

3.4 Equilibrado de la bancada de baterías

Cuando se crea una bancada de baterías con una tensión más alta, como 24 V o 48 V, es necesario conectar varias series de baterías de 12 V. Pero hay un problema con la conexión en serie de las baterías, y es que las baterías no son idénticas en términos eléctricos. Tienen pequeñas diferencias en la resistencia interna. De modo que, cuando se cargue una cadena de baterías en serie, esta diferencia de resistencia ocasionará una variación en las tensiones de los terminales de cada batería. Sus tensiones pasan a estar “desequilibradas”. Este “desequilibrio” aumentará con el tiempo y hará que una de las baterías esté continuamente sobrecargada y que otra tenga siempre una carga inferior. Por lo que una de las baterías de la cadena en serie fallará prematuramente.



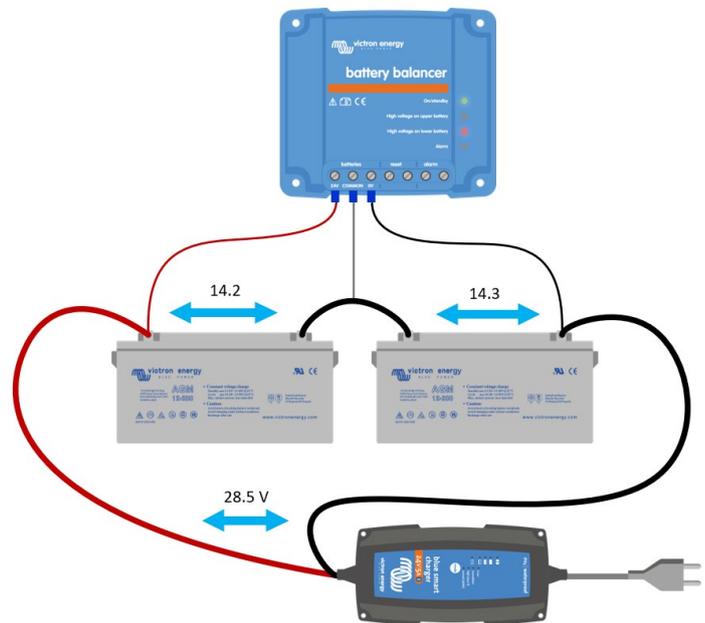
Para comprobar si hay desequilibrio en su sistema:

- Cargue la bancada de baterías.
- Mida hacia el final de la fase de carga inicial, que es cuando el cargador está cargando a plena corriente.
- Mida la tensión individual de una de las baterías.
- Mida la tensión individual de la otra batería.
- Compare las tensiones.
- Si hay una diferencia detectable entre ellas es que la bancada de baterías no está equilibrada.

Para evitar el desequilibrio inicial de las baterías, asegúrese de cargar por completo cada una de las baterías antes de conectarlas en serie (y/o en paralelo).

Para evitar el desequilibrio más adelante, según envejecen las baterías, use un equilibrador de baterías.

El equilibrador de baterías se conecta al sistema como se indica en la imagen de la derecha. Mide la tensión de la bancada de baterías y la tensión de cada una de las baterías. El equilibrador de baterías se activa en cuanto se empieza a cargar la bancada de baterías y la tensión de carga ha alcanzado más de 27,3 V. En ese momento, empezará a medir y comparar las tensiones de las dos baterías. Tan pronto como detecte una diferencia de tensión de más de 0,1 V entre las dos baterías, se encenderá una luz de aviso y empezará a equilibrarlas. Para ello, descarga la batería más alta extrayendo una corriente de hasta 0,7 A hasta que las tensiones de las dos baterías son iguales.



Si el equilibrado de la batería no logra el efecto deseado y la diferencia de tensión supera los 0,2 V, quiere decir que el desequilibrio es superior a lo que el equilibrador puede corregir. Probablemente esto se deba a que una de las baterías tiene un fallo. En ese caso, el equilibrador hará saltar una alarma y activará su relé de alarma.

Para un sistema de 24 V solo se necesita un equilibrador de baterías. Y para uno de 48 V se necesitan tres equilibradores, uno entre cada dos baterías.

Para más información, consulte la ficha técnica del equilibrador de baterías [Battery Balancer](#).

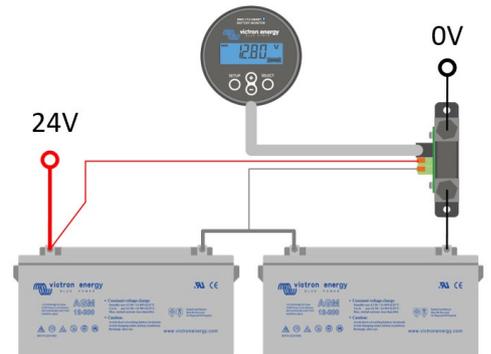
3.5 Punto medio de la bancada de baterías

Se puede detectar el desequilibrio de baterías observando el punto medio de la bancada. Puede controlarse el punto medio para generar una alarma.

Una alarma del punto medio puede significar lo siguiente:

- Fallo de una sola batería. Por ejemplo, hay una celda abierta o cortocircuitada.
- Fin del ciclo de vida de una batería por sulfatación o reblandecimiento del material activo.
- Se necesita ecualización (solo en celdas húmedas).

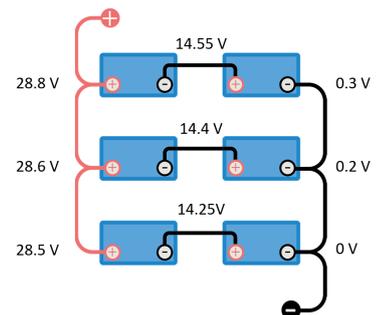
Tanto el equilibrador de baterías como los monitores de baterías BMV 702 y BMV 712 pueden generar una alarma de punto medio.



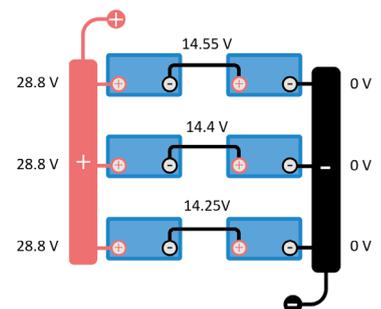
Los monitores de baterías BMV 702 y BMV 712 tienen una segunda entrada de tensión que puede utilizarse para el control del punto medio. Puede conectarse al punto medio de la bancada de baterías. El BMV mostrará la diferencia entre las dos tensiones o un porcentaje. Para más información, consulte la [página de productos](#) correspondiente a los monitores de baterías.

En una bancada de baterías en serie/paralelo puede ser útil conectar los puntos medios de cada cadena en paralelo serie. Esto se hace para eliminar el desequilibrio en la bancada de baterías.

Si se conectan baterías en serie/paralelo, como en la imagen de la derecha, se puede ver que las tensiones individuales son distintas en cada cadena en serie y también dentro de cada cadena.

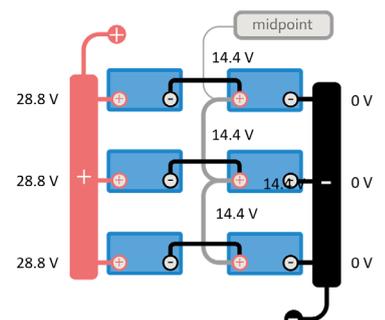


En primer lugar, compruebe que cada cadena tiene la misma tensión con una barra de conexiones o punto de conexión común positivo y negativo.

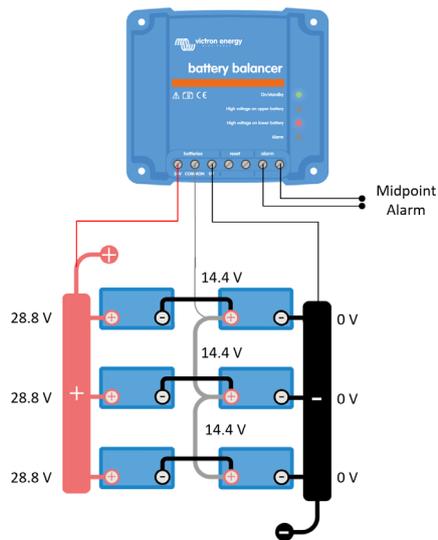


Cuando la tensión de cada cadena sea igual, pueden conectarse los puntos medios.

Asegúrese de que el cableado del punto medio puede llevar toda la corriente entre las baterías.

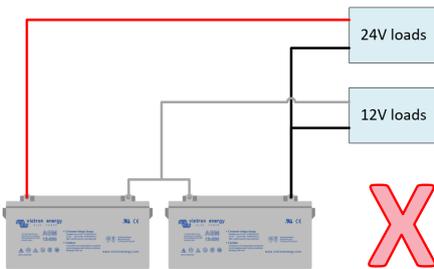


Una vez que el punto medio de la bancada está conectado, se puede usar un solo equilibrador de baterías en vez de tres (uno para cada cadena). Además, se puede utilizar un solo BMV para controlar el punto medio de toda la bancada de baterías.

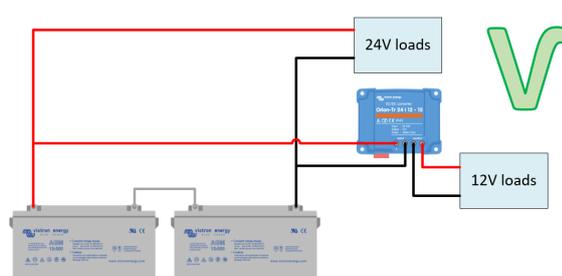


Pero tenga en cuenta que la única razón para usar el punto medio de la bancada de baterías es el equilibrado o el seguimiento. No está permitido conectar cargas al punto medio de la bancada de baterías para poder utilizar cargas que precisan una tensión menor. Esto crearía un desequilibrio aún mayor en la bancada de baterías. Este desequilibrio es mucho mayor de lo que un equilibrador de baterías puede corregir (más de 0,7 A) y la batería que se use para proporcionar esa tensión menor fallará antes de tiempo.

Por ejemplo, no haga esto:



Use en su lugar un convertidor CC/CC Orion:

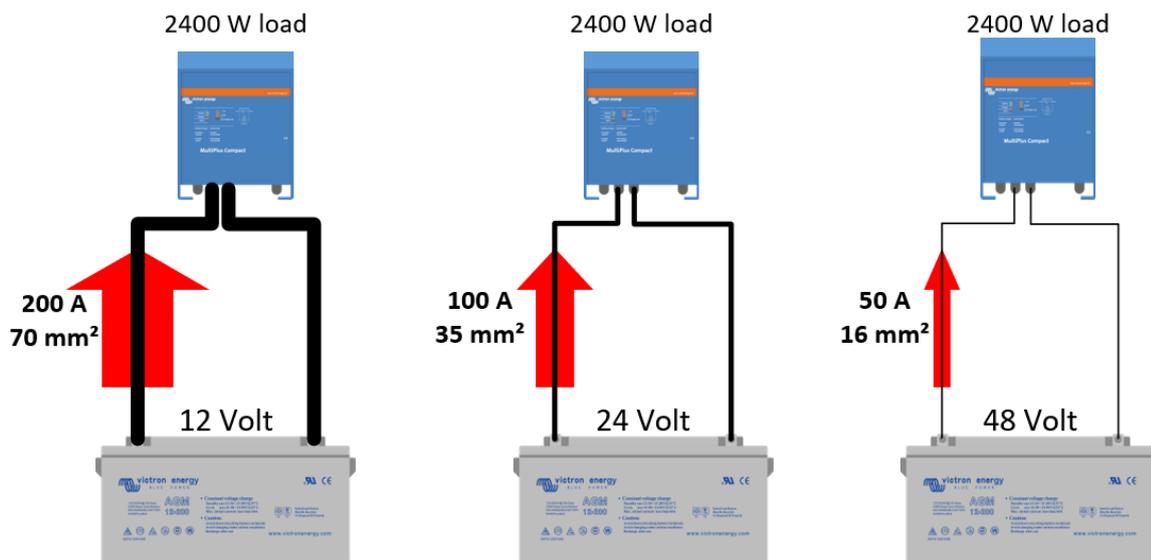


4. Cableado CC

4.1 Selección del cable adecuado

En un sistema, es importante usar el grosor de cable adecuado. Para seleccionar el cable correcto, es necesario conocer las corrientes que hay en un sistema.

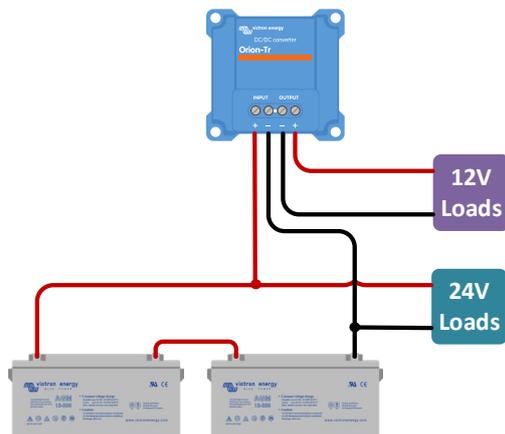
Este es un ejemplo del tamaño de cable que corresponde a estas corrientes. Considerando que la longitud del cable es inferior a 5 metros.



Para evitar el uso de cables muy gruesos, lo primero que debe considerar es aumentar la tensión del sistema. Un sistema con un inversor grande generará corrientes CC importantes. Si se aumenta la tensión del sistema CC, la corriente CC disminuirá y los cables podrán ser más finos. Los límites superiores de potencia del inversor más adecuados según la tensión del sistema son:

- 12 V: hasta 3000 VA.
- 24 V: hasta 5000 VA
- 48 V: a partir de 5000 VA.

Si desea incrementar la tensión del sistema, pero hay cargas CC o fuentes de alimentación CC que solo admiten 12 V, puede considerar usar un convertidor CC/CC en vez de seleccionar una tensión baja para todo el sistema.



Como hemos explicado antes, es muy importante usar el grosor de cable correcto. Puede encontrar el grosor de cable adecuado en el manual del producto. El uso de un cable demasiado fino tiene un efecto negativo directo en el rendimiento del sistema.

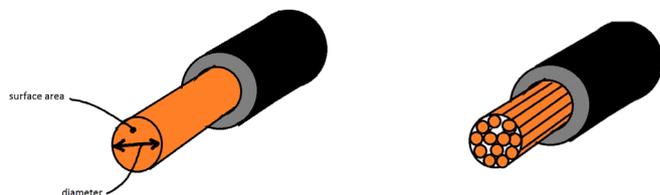
Generalmente, el grosor del conductor del cable se indica en mm². Esto se refiere al área de la sección del conductor del cable. Pero también se usan otras unidades, como la galga americana para hilos (AWG o *American wire gauge*) En ese caso, puede consultar [aquí](#) una tabla de conversión.

Para averiguar el diámetro del conductor de un cable multifilamento, mire en el aislamiento del cable. Habrá alguna marca en el cable que indique el grosor del conductor.



Tenga en cuenta que algunos cables tienen un aislamiento muy grueso y pueden parecer más gruesos de lo que realmente son. Se puede averiguar el diámetro mirando en las inscripciones del propio cable o en sus especificaciones. También se puede hacer una comprobación física. Pele un poco del aislamiento del cable y estime el diámetro del núcleo de cobre.

En un cable rígido se puede calcular el área de la superficie midiendo el diámetro del conductor del cable, pero en un cable flexible con varios hilos este método no es muy preciso. (Tenga en cuenta que no recomendamos el uso de cables flexibles).



$$\text{Área} = \pi \times \text{radio}^2$$

$$\text{Área} = \pi \times r(\text{diámetro}/2)^2$$

$$A = \pi \times (d/2)^2$$

Si no puede encontrar un cable lo suficientemente grueso, póngalo doble. Use dos cables por conexión en vez de uno solo muy grueso. Si hace esto, compruebe que la suma de las secciones de los dos cables es igual a la sección recomendada. Por ejemplo, dos cables de 35 mm² equivalen a un cable de 70 mm². Los inversores/cargadores más grandes de Victron disponen de dos conexiones positivas y dos conexiones negativas de batería precisamente para este fin.



Al seleccionar los cables, evite cometer estos errores:

- No use cables de hilos gruesos.
- No use cables que no sean flexibles.
- No use cables de CA.
- En entornos marinos o condiciones de humedad, use “cables marinos”. Son cables con hilos de cobre estañados.



Cables marinos

Calcular el grosor de los cables puede ser difícil. Para elegir el grosor de cable correcto, puede utilizar:

- el manual del producto
- la aplicación Toolkit de Victron
- La regla general.
- el documento sobre cables recomendados para baterías.

Manuales de productos

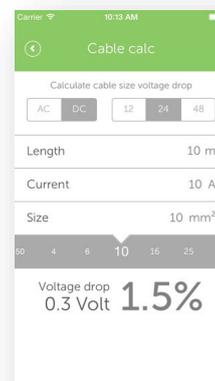
Todos nuestros manuales indican las medidas del cable de la batería (y el tipo de fusibles) apropiadas para ese producto.

	12/3000/120	24/3000/70	48/3000/35
Recommended battery capacity (Ah)	400–1200	200–700	100–400
Recommended DC fuse	400A	300A	125A
Recommended cross section (mm ²) per + and - connection terminal			
0 – 5 m	2x 50 mm ²	50 mm ²	35 mm ²
5 – 10 m	2x 70 mm ²	2x 50 mm ²	2x 35 mm ²

La aplicación Toolkit de Victron

Esta aplicación le ayuda a calcular las medidas del cable y la caída de tensión. Puede seleccionar:

- Tensión.
- Longitud del cable.
- Corriente.
- Sección transversal del cable.



Y la [aplicación Toolkit](#) calculará la caída de tensión en los dos cables.

Documento sobre cables recomendados para baterías

Este [documento](#) contiene una tabla que muestra la corriente máxima de varios cables estándar en los que la caída de tensión es de 0,259 voltios.

cable diam mm	cable section mm ²	L(+) + L(-) tot 5 meters	L(+) + L(-) tot 10 meters	L(+) + L(-) tot 15 meters	L(+) + L(-) tot 20 meters
		I max A	I max A	I max A	I max A
0.98	0.75	2.3	1.1	0.8	0.6
1.38	1.5	4.5	2.3	1.5	1.1
1.78	2.5	7.5	3.8	2.5	1.9
2.26	4	12	6	4	3
2.76	6	18	9	6	5
3.57	10	30	15	10	8
4.51	16	48	24	16	12
5.64	25	75	38	25	19
6.68	35	105	53	35	26
7.98	50	150	75	50	38
9.44	70	210	105	70	53
11.00	95	285	143	95	71
12.36	120	360	180	120	90

Regla general

Para un cálculo rápido y general para cables de hasta 5 metros, puede usar esta fórmula:

Corriente / 3 = tamaño del cable en mm²

Ejemplo:

La corriente es de 200 A.

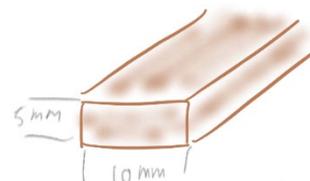
Entonces el cable ha de ser de: $200/3 = 66 \text{ mm}^2$

4.2 Barras de conexiones

Son como cables, pero son barras rígidas de metal. Están hechas de cobre o cobre estañado. Se usan en sistemas grandes con corrientes elevadas. Proporcionan un punto positivo y un punto negativo comunes entre las baterías y varios inversores. También se usan en sistemas más pequeños, especialmente cuando hay muchos equipos CC. En este caso son una ubicación adecuada a la que conectar los diferentes cables CC.

Para calcular el grosor de la barra de conexiones, solo tiene que usar el área de la sección de cable recomendada y aplicarla al área de la sección transversal de la barra de conexiones.

Área de la sección = ancho x profundidad



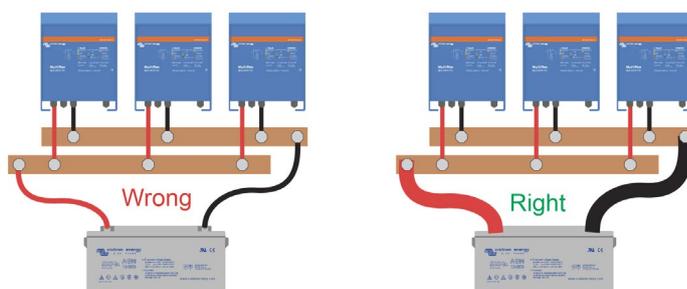
Por ejemplo:

Una barra de conexiones de 10 mm x 5 mm.

El área de la sección transversal es de $5 \times 10 = 50 \text{ mm}^2$.

Esto debería ser adecuado para 150 A para distancias de hasta 5 metros.

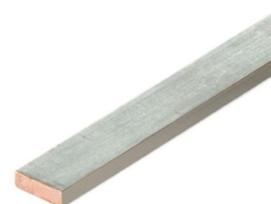
Al hacer las conexiones del sistema, asegúrese de que la sección transversal de la conexión entre las baterías y el punto de distribución CC es igual a la suma de las secciones transversales necesarias para las conexiones entre el punto de distribución y los equipos CC.



Casi siempre es necesario proteger las barras de conexiones, especialmente si están en el exterior. Esto se hace para evitar que alguien toque la barra de conexiones, y para impedir que se produzca un cortocircuito si un objeto de metal cayera por accidente entre la barra de conexiones positiva y la negativa y cortocircuitase las dos barras de conexiones. Una forma sencilla de hacer esto es colocar una lámina de metacrilato encima o enfrente de la barra de conexiones. Véase la imagen de la derecha.



Es fácil fabricar su propia barra de conexiones, solo necesita una barra de cobre en la que se taladran agujeros para poder conectar los cables eléctricos. Para aplicaciones marinas, utilice barras de conexiones de cobre estañado. Las barras de conexiones se pueden adquirir en almacenes mayoristas de distribuidores de productos de metal.



Victron tiene dos líneas de productos que incluyen barras de conexiones.

El primer producto es el [sistema modular de fusibles y barra de conexiones](#). La barra de conexiones tiene una corriente nominal de hasta 500 A.



La segunda línea de productos es el [sistema Lynx](#). Consiste en unidades independientes que pueden conectarse entre sí para formar una barra de conexiones. La barra de conexiones admite una corriente de hasta 1000 A. El Lynx puede usarse en sistemas de 12, 24 o 48 V.

- Lynx Power in - para conectar baterías (también puede usarse un distribuidor Lynx).
- Derivador Lynx - Esta unidad aloja el fusible principal, el derivador y el sistema electrónico del monitor de la batería (se necesita un dispositivo GX para leer el monitor de la batería).
- Distribuidor Lynx - para conectar cuatro cargas CC y sus fusibles y una luz de indicación por fusible (se pueden conectar varios).



4.3 Conexiones con cables

Hay varias formas de conectar cables a las baterías o a los productos de Victron:

Pernos, tuercas y tornillos

Normalmente disponibles en distintos tamaños: M5, M6, M8 o M10. Los pernos para electricidad normalmente están hechos de latón estañado. De modo que, al apretarlos, use siempre la torsión adecuada. Si aprieta demasiado, podría romperse la tuerca o el perno. Puede consultar en el manual del producto cuál es la torsión correcta.



Para conectar el cable a un perno se utilizan terminales de cable redondos. El terminal del cable debe ajustarse al grosor del cable.

Se necesita una herramienta especial de crimpado para fijar el terminal al cable. Si el terminal del cable no tiene aislamiento, tendrá que ponerlo.



Al conectar el terminal redondo del cable al perno, coloque una arandela y una arandela elástica y luego la tuerca.

Asegúrese de que el terminal redondo queda plano sobre la superficie inferior. No coloque nada entre el terminal y la superficie de montaje, como arandelas o fusibles. Esto reduciría la capacidad de portar corriente de la conexión.



Use herramientas aisladas para apretar la tuerca. Un cortocircuito accidental de una batería puede ser muy peligroso, y las corrientes pueden derretir su llave inglesa sin aislar o las chispas pueden hacer que la batería explote.

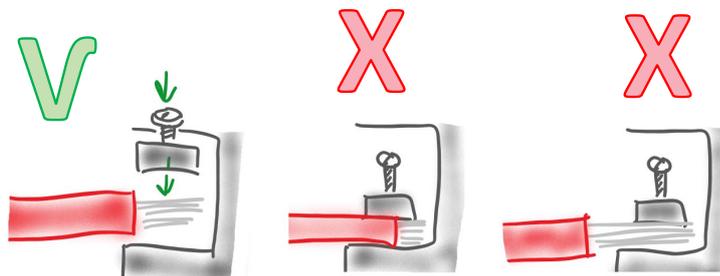


Conectores de tornillo

Hay conectores de tornillo de distintas formas y tamaños, adecuados para cables finos y gruesos.



Pele una longitud suficiente del aislante del cable antes de meter el extremo desnudo en la cavidad del conector. Evite que el aislamiento del cable entre en el conector. Esto puede producir una resistencia demasiado alta y el conector se calentará y podría llegar a derretirse. No deje que se vea cable sin aislamiento (cable pelado) en la parte exterior del conector. Esto es peligroso ya que puede causar electrocución o un cortocircuito.

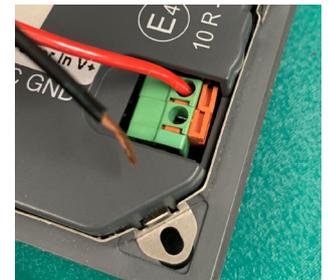


Los tornillos de los conectores eléctricos normalmente están hechos de latón estañado.

Al apretar, use siempre la torsión adecuada. Si aprieta demasiado, podría romperse el tornillo. Consulte el manual del producto.

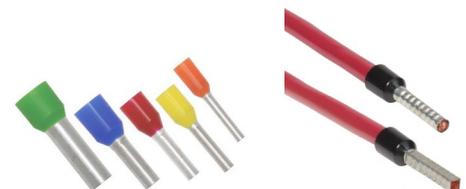
Conectores rápidos (de presión)

- Pele un tramo suficiente del aislamiento del cable.
- Empuje hacia abajo la parte naranja con un destornillador plano.
- Introduzca el cable pelado.
- Evite que el aislamiento del cable entre en el conector. Esto puede producir una resistencia demasiado alta y el conector se calentará y podría llegar a derretirse.
- No deje que se vea cable sin aislamiento (cable pelado) en la parte exterior del conector. Esto es peligroso ya que puede causar electrocución o un cortocircuito.
- Suelte la parte naranja.
- Ahora el cable está asegurado en su sitio. Tire suavemente del cable para comprobar que está sujeto con seguridad.



Punteras

- Son piezas cilíndricas que se colocan en el extremo pelado de un cable.
- Se necesita una herramienta especial para crimpar.
- Se usan para enderezar los hilos de un cable pelado y para evitar que se abran al introducir el cable en un conector de tornillo o de presión.
- Se recomienda su uso si quiere obtener un trabajo de cableado con un buen acabado.



Terminales faston

- Los terminales faston (o de lengüeta) tienen que montarse en el cable.
- Se necesita una herramienta especial para crimpar.
- Dentro de la gama de estos terminales los hay con aislamiento en los extremos y otros con características especiales como los mixtos.



Conectores MC

Estos conectores se usan exclusivamente para conectar paneles solares a MPPT. El más común es el MC4, pero también hay MC, MC2 y MC3, aunque ya no se usan. Las letras 'MC' son las siglas de MultiContact, que es el nombre de uno de los fabricantes originales. Los dígitos 1 a 4 indican la sección transversal de la arandela de contacto en mm².

Algunos datos:

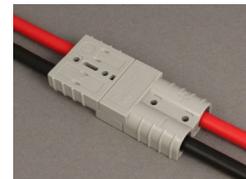
- Son resistentes al agua (IP67) y pueden usarse en exteriores.
- Hay conectores macho y hembra.
- Admiten 20 A y 600 V (las versiones más recientes hasta 1500 V).
- Se necesita una herramienta especial para crimpar.
- Se pueden comprar como cables ya montados.
- Los piezas MC4 Y (o cables Y) se usan para conectar paneles solares en paralelo.



Para más información, véase el apartado 4.10 sobre paneles solares.

Conectores Anderson

- Se usan a menudo en automoción o aplicaciones móviles en las que es frecuente que se produzcan conexiones y desconexiones rápidas.
- Están disponibles con diferentes corrientes nominales y grosores de cable.
- Asegúrese de que la corriente nominal se ajusta a las corrientes presentes en su sistema cuando está a plena carga.
- Incrementarán la resistencia del cable si están situados entre la batería y el inversor. En ese caso, limite o evite su uso.



Conectores tipo encendedor

- Se usan en aplicaciones de automoción sencillas.
- No tienen capacidad para llevar corrientes elevadas.
- Tenga en cuenta que es posible que el circuito del coche solo tenga un fusible de clasificación baja.
- Tenga cuidado de insertar el enchufe correctamente, y con la profundidad suficiente, ya que si no el conector puede calentarse y derretirse.
- Limite o evite su uso.



Pinzas de baterías

- Son solo para conexiones temporales.
- No suelen tener una corriente nominal lo suficientemente alta.
- Nunca deben usarse de forma permanente en un sistema eléctrico.
- Limite su uso o evítelo por completo.



4.4 Fusibles y disyuntores

Un fusible es un dispositivo eléctrico de seguridad. Protege un circuito eléctrico de las corrientes elevadas.

El fusible se coloca en el cable de alimentación de un dispositivo eléctrico. Cuando pasa por el fusible una corriente superior a su corriente nominal durante un determinado periodo de tiempo, el fusible se funde. Una vez que el fusible se ha fundido, ya no pasa corriente por el circuito.

Pueden producirse situaciones en las que la corriente es mayor de lo esperado cuando un dispositivo eléctrico tiene un fallo o cuando hay un cortocircuito en el circuito eléctrico.

El fusible protege de:

- Sobrecarga grave - cuando pasa por el sistema más corriente de la nominal.
- Cortocircuito - cuando un conductor entra en contacto con otro conductor por accidente.

¿Cómo funciona un fusible?

Hay tres tipos de mecanismos de fusible, que son:

- Fusible de hilo.
- Fusible térmico.
- Fusible magnético.

Tradicionalmente, el fusible contiene un hilo o una tira de metal que se funde en cuanto es atravesado por una corriente inaceptablemente alta. Cuando el hilo del fusible se derrite, el circuito eléctrico se rompe y ya no puede pasar más corriente por él.

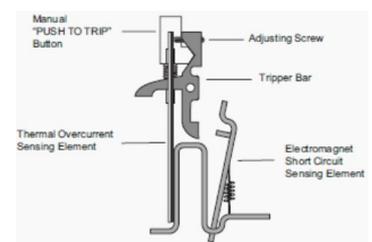
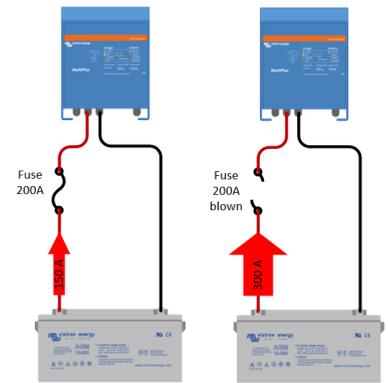
Una vez que el fusible se ha fundido tendrá que sustituirse por uno nuevo para que el circuito vuelva a funcionar. Estos fusibles son de un solo uso. Una vez que se han fundido no se pueden restablecer. Tienen que sustituirse por uno nuevo.

Otro tipo de fusibles son los automáticos, a menudo llamados disyuntores o disyuntores en miniatura (CB o MCB, por sus siglas en inglés). Estos dispositivos interrumpen el flujo de corriente cuando se detecta una corriente elevada. A veces se vuelven a conectar cuando ha pasado la situación de corriente elevada, o tienen que restablecerse manualmente. A diferencia de los fusibles tradicionales, no hace falta reemplazarlos.

Estos fusibles funcionan de dos formas: térmica o magnética o una combinación de las dos.

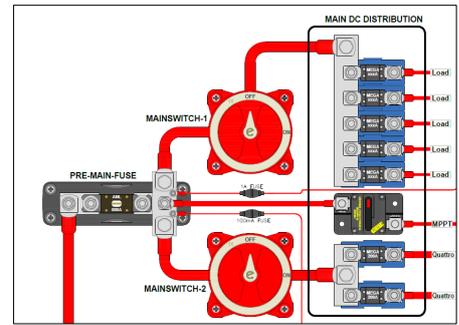
El disyuntor térmico contiene una tira bimetálica que se calienta cuando pasa la corriente. Al calentarse se dobla y así interrumpe la trayectoria de la corriente.

El disyuntor magnético contiene un electroimán sensible a las corrientes elevadas. Cuando pasa una corriente elevada, el electroimán crea un campo magnético lo suficientemente fuerte como para interrumpir el paso de la corriente.



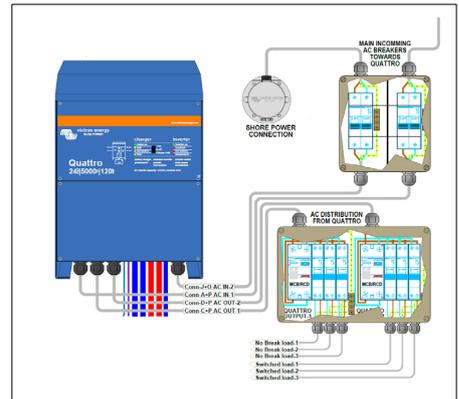
Ubicación de los fusibles CC:

Cada consumidor eléctrico que se conecte a una batería ha de tener un fusible. El fusible se coloca en el cable positivo. Cada consumidor eléctrico necesita su propio fusible. Independientemente de la potencia nominal del equipo. Las baterías pueden producir corrientes muy elevadas que pueden causar un incendio. Si el consumidor eléctrico desarrolla un fallo y se cortocircuita a nivel interno, pasará una corriente muy alta, que podría crear riesgo de incendio. Un circuito CC suele contar con un fusible principal de batería, y después se ramifica a cada uno de los consumidores eléctricos. Cada consumidor eléctrico tiene un fusible independiente.



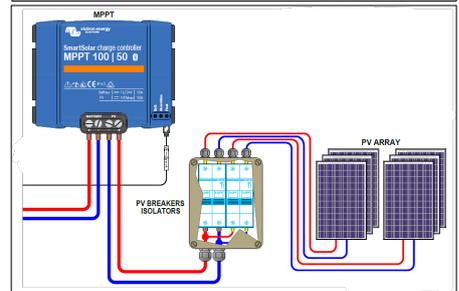
Ubicación de los disyuntores de CA:

Los disyuntores están situados cerca del punto de entrada de la red pública o del generador en el panel eléctrico. El disyuntor de CA se sitúa en el conductor que lleva la corriente o en el conductor que lleva la corriente y en el neutro. Se usan disyuntores de uno o dos polos. Normalmente hay un disyuntor principal por cada fuente de CA, y tras él, el suministro se ramifica en varios grupos. Cada grupo tienen un disyuntor, que protege a un grupo de consumidores eléctricos de CA.



Ubicación de los disyuntores del grupo FV:

Es necesario poner un fusible entre el grupo FV y el cargador solar. Consulte a las autoridades locales, ya que la normativa puede ser diferente según el tipo de aplicación y el país.



Portafusibles

Los fusibles han de colocarse en portafusibles. El portafusible mantiene el fusible en su sitio de forma segura. Y en algunos casos, también proporcionan aislamiento eléctrico. Los disyuntores normalmente se montan en un carril DIN. Los fusibles y los disyuntores se suelen colocar en un panel eléctrico, preferentemente en una caja cerrada.

Clasificación de fusibles y selección del fusible correcto:

Hay cuatro criterios para la selección de un fusible:

- Corriente nominal
- Tensión nominal
- Velocidad
- Tipo

Es importante elegir el fusible correcto, que se ajuste al circuito y que se ajuste al consumo de energía de los equipos de ese circuito.

La clasificación del fusible aparece en el propio fusible o puede encontrarse en su ficha técnica o en sus especificaciones.

Corriente nominal

Si solo hay un consumidor eléctrico en ese circuito, el fusible tendrá que ajustarse a la corriente nominal de ese aparato o a la corriente nominal del cable, la que sea menor de las dos.

Si hay varios consumidores eléctricos en el circuito, el fusible tendrá que ajustarse a la corriente nominal del cableado del circuito.

Tensión nominal

La tensión nominal del fusible debe ser igual o superior a la máxima tensión esperada en el sistema.

El fusible ha de estar específicamente clasificado para el tipo correspondiente, CC y/o CA.

La mayoría de los fusibles CC son adecuados para 12 y 24 V, pero no necesariamente sirven para 48 V o más.

Tenga en cuenta que no todos los fusibles o disyuntores pueden usarse en los dos tipos de circuitos: CA y CC. Si el fusible se puede usar en CA y CC, la tensión nominal de CA suele ser mayor que la de CC.

Tenga en cuenta que es importante cómo se conectan los disyuntores en el circuito de CC ya que es posible que no sean unidireccionales.

Velocidad

La velocidad de un fusible es el tiempo que necesita para abrirse cuando se produce un fallo de la corriente. Esto depende del material del fusible, su mecanismo, la corriente y la temperatura.

Hay fusibles de fusión rápida y lenta:

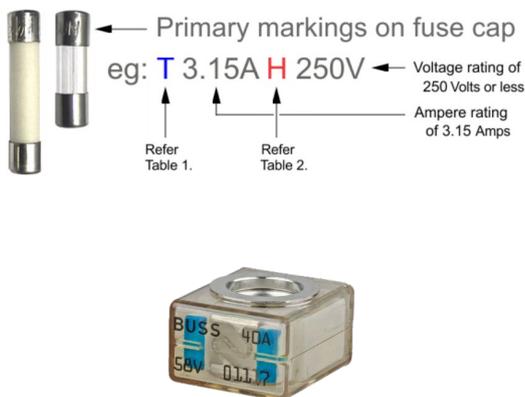
- Los fusibles lentos se usan normalmente en aplicaciones CC que pueden encontrarse en circuitos de automoción y marinos. Estos circuitos contienen consumidores eléctricos con una alta corriente de arranque, como motores, o dispositivos con condensadores, como un inversor. El fusible de fusión lenta soportará una corriente inicial alta y de corta duración, lo que permitirá arrancar un motor.
- Los fusibles de fusión rápida usan en aplicaciones de CA. Los aparatos que consumen CA suelen ser sensibles a los cambios en el flujo de electricidad, de modo que necesitan un fusible que reaccione rápido para protegerlos. Pero en algunos casos, un aparato de CA puede tener una alta corriente de arranque. Esto es lo que sucede con electromotores, como neveras, equipos de aire acondicionado y compresores. En estas situaciones se necesitará un fusible más lento.

Clasificación de velocidades de los fusibles:

- FF Actuación muy rápida (*Flink Flink*).
- F Actuación rápida (*Flink*).
- M Actuación de velocidad media (*Mitteltrage*).
- T Actuación lenta (*Trage*).
- TT Actuación muy lenta (*Trage Trage*).

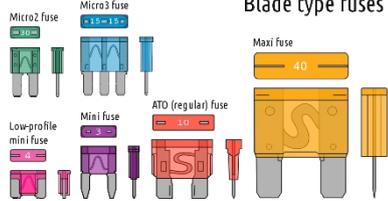
Indicaciones de los fusibles

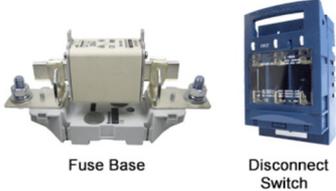
Los fusibles tienen sus valores nominales escritos. Pero es posible que falte información. Un buen lugar para buscar más datos son las especificaciones del fusible, que puede encontrar fácilmente en Internet o se las puede pedir al proveedor.



Catalog Number	Marine Rated Battery Fuses
Application	Full range circuit protection for automotive and marine applications. Break in capacity meets the requirements of conventional vehicle batteries and 42V electrical networks
Voltage Rating	58Vdc Maximum
Amperage Rating	30A - 300A
Ingress Protection	IP66
Ignition Protected	Per SAEJ1117
Interrupt Rating	10000 AMP @ 14Vdc 5000 AMP @ 32Vdc 2000 AMP @ 58Vdc
Torque Rating	Maximum 12 N•m (106 in-lbs)
Material	Body - Ceramic Housing & Cover: UL-rated 94V0 Thermoplastic Ring Terminals - Tin Plated

Resumen de tipos de fusibles

Fusibles de cristal o de cerámica	Fusible	Portafusibles
<p>Fusible de hilo</p> <p>Hasta aproximadamente 60 A</p> <p>Hasta 250 V</p> <p>CA o CC</p> <p>Rápido o lento</p>		
De láminas (automoción)	Fusible	Portafusible
<p>Fusible de hilo</p> <p>Hasta 120 A</p> <p>32 V</p> <p>CC</p> <p>Lento</p>		
Midi	Fusible	Portafusible
<p>Fusible de hilo</p> <p>23 - 200 A</p> <p>32 Vcc</p> <p>Lento</p>		
Cooper Bussmann MRBF	Fusible	Portafusible
<p>Fusible de hilo</p> <p>30 - 300 A</p> <p>58 Vcc</p> <p>Apto para usos marinos</p> <p>Se puede montar directamente en la barra de conexiones positiva</p>		
Fusible CNN	Fusible	Portafusible
<p>Fusible de hilo</p> <p>10 - 800 A</p> <p>48 Vcc, 125 Vca</p> <p>Rápido</p>		
Fusible Mega	Fusible	Portafusible
<p>Fusible de hilo</p> <p>40 - 500 A</p> <p>32 Vcc</p> <p>Lento</p>		

Fusible ANL	Fusible	Portafusible
Fusible de hilo 35 - 750 A 32V cc Rápido		
Fusible NH	Fusible	Portafusible
Fusible de hilo Hasta 1000 A 500 - 690 Vca 440 – 550 Vcc Diferentes velocidades disponibles		
Disyuntor (CB o MCB)	Fusible	Portafusible
CA o CC Diferentes corrientes nominales Diferentes tensiones Diferentes velocidades Se monta sobre un carril DIN		

4.5 Interruptores de aislamiento

Se puede usar un interruptor de aislamiento de batería para aislar la batería (o la bancada de baterías) del resto del circuito eléctrico. O para aislar una fuente o un consumidor eléctrico de CC de un circuito eléctrico. Poder aislar la batería o los consumidores eléctricos de CC es útil si el sistema no va a usarse durante un tiempo o para realizar labores de mantenimiento.

Cuando seleccione un interruptor de aislamiento asegúrese de que la corriente nominal del interruptor sea adecuada para las corrientes que se pueden esperar en el sistema a plena carga.

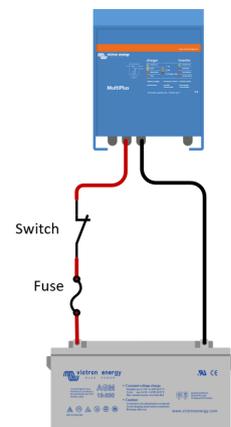
Las normas y orientaciones sobre aislamiento de baterías varían según el país, pero se recomienda que, si se necesita aislamiento, solo se aisle el cable positivo de la batería.

Puede que ni siquiera sea necesario añadir un interruptor de aislamiento. Un sistema CC siempre cuenta con un fusible principal. Si se retira el fusible, también se romperá el circuito. De modo que cuando sea necesario hacer trabajos de mantenimiento en el sistema, o si hay que cambiar la batería, será suficiente con retirar el fusible principal para aislar la batería del resto del sistema.

Use siempre interruptores de aislamiento de calidad. El interruptor de aislamiento añadirá resistencia al sistema. Un interruptor de mala calidad tendrá más resistencia, lo que puede aumentar la caída de tensión y causar problemas en el sistema.

Tipos de interruptores de aislamiento:

- Interruptor de aislamiento de baterías para sistemas móviles (normalmente 12 y 24 V).
- Disyuntores montados en carril DIN para sistemas terrestres para baterías y FV (normalmente de 48 V y más).
- Interruptor de portafusibles NH para sistemas terrestres de alta corriente para baterías y FV (normalmente de 48 V y más).





Interruptor de aislamiento de baterías



MCB alta corriente CC



Los portafusibles NH pueden usarse como disyuntores

Conmutación del negativo en sistemas de múltiples unidades

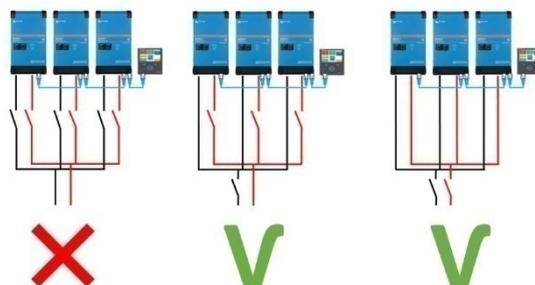
En un sistema inversor/cargador el interruptor de aislamiento de la batería solo se sitúa en el cable positivo de la misma. Pero en algunas instalaciones, podría ser necesario conmutar tanto el positivo como el negativo. Esta puede ser una exigencia de las normativas locales.

Conmutar tanto el cable positivo como el negativo de la batería no es un problema en un sistema con un solo inversor/cargador Victron. No obstante, puede presentar problemas en sistemas con varias unidades de inversor/cargador conectadas en un sistema en paralelo y/o trifásico.

En un sistema en paralelo y/o trifásico cada una de las unidades del sistema necesita comunicarse con las otras a través de un cable de comunicación que interconecta los conectores VE.Bus. Algunos de nuestros modelos de inversor/cargador no tienen aislamiento galvánico entre la batería y el VE.Bus. La ausencia de aislamiento significa que en ciertas situaciones, si la conexión del negativo de la batería se rompe, aparecería una corriente en la señal negativa del cable de datos, que puede dañar el chip de comunicación del inversor/cargador.

En un sistema con más de un inversor/cargador, si el negativo ha de conmutarse, siga esta recomendación:

- La conexión del negativo de la batería de cada unidad tiene que conectarse a las conexiones negativas de las otras unidades.
- Solo cuando el negativo común está en su sitio, se pueden conectar los cables RJ45 VE.Bus a las unidades.
- Cuando se saca una unidad del sistema, todos los cables RJ45 tienen que estar desconectados antes de quitarla.



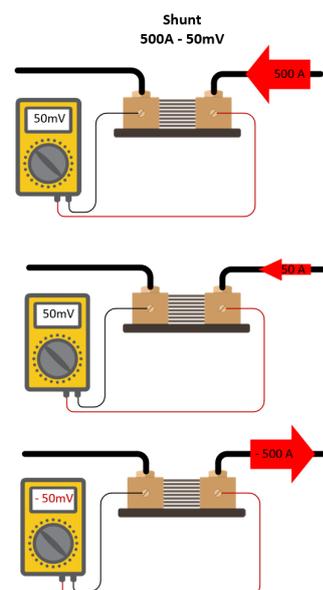
4.6 Derivador

Un derivador se añade al sistema para medir el flujo de corriente. Esto es necesario para controlar el sistema o para calcular el estado de carga de la batería.

Un derivador es un elemento resistivo. Cuando la corriente lo atraviesa, se produce una pequeña caída de tensión. Si la corriente es pequeña la tensión será baja, pero si la corriente es elevada, la tensión será mayor. Si el flujo de corriente se invierte, la caída de tensión cambiará la polaridad. La tensión del derivador es un indicador de la cantidad de corriente y de su dirección. Esta información puede usarse para averiguar cuánta corriente pasa por un sistema o para calcular el estado de carga de la batería.

Los derivadores tienen una corriente y una tensión nominales, por ejemplo 500 A y 50 mV. Esto significa que si pasa una corriente de 500 A por el derivador, habrá una caída de tensión de 50 mV (= 0,05 V) en el mismo.

El derivador ha de tener una corriente nominal que se ajuste a las máxima corriente CC que pasará por todos los consumidores eléctricos del sistema juntos.



Ejemplo:

Hay un inversor conectado a una batería. La corriente máxima será la corriente nominal pico del inversor. Un inversor de 3000 VA tiene una corriente pico de 6000 W, es decir, a 12 V una corriente de 500 A.

Un monitor de batería BMV viene con un derivador de 500 A, 50 mV. En caso de que este derivador no sea suficiente, será necesario añadir uno más grande. Los derivadores de Victron están disponibles en: 500, 1000, 2000 y 6000 A. Y son de 50 mV. Cuando use un derivador más grande, asegúrese de cambiar los parámetros del derivador en el monitor de la batería.



Derivador BMV 500A



Derivador 1000 A

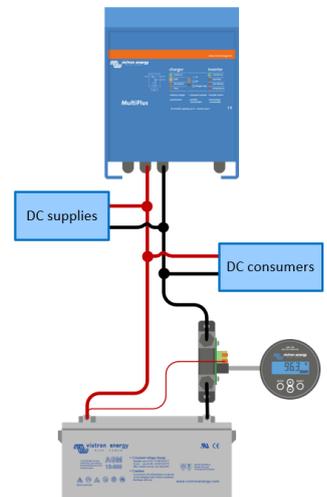


Derivador 6000 A

Normalmente el derivador se coloca en el cable negativo. Se elige el negativo porque es más seguro.

El derivador tiene que ser el último elemento antes de la bancada de baterías o de la barra de conexiones de la bancada de baterías. Todos los consumidores eléctricos y las fuentes de CC tienen que conectarse después del derivador. A la derecha se puede ver cómo conectar el derivador al sistema.

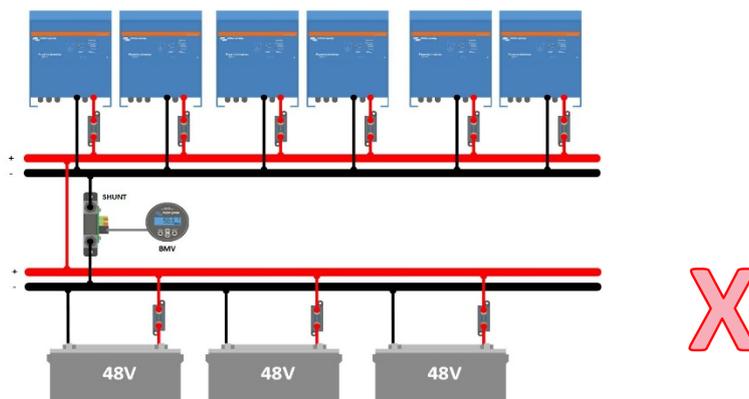
También pueden colocarse en otros sitios del sistema, por ejemplo: para medir un consumidor eléctrico o una fuente de CC. Normalmente se conectan a un amperímetro.



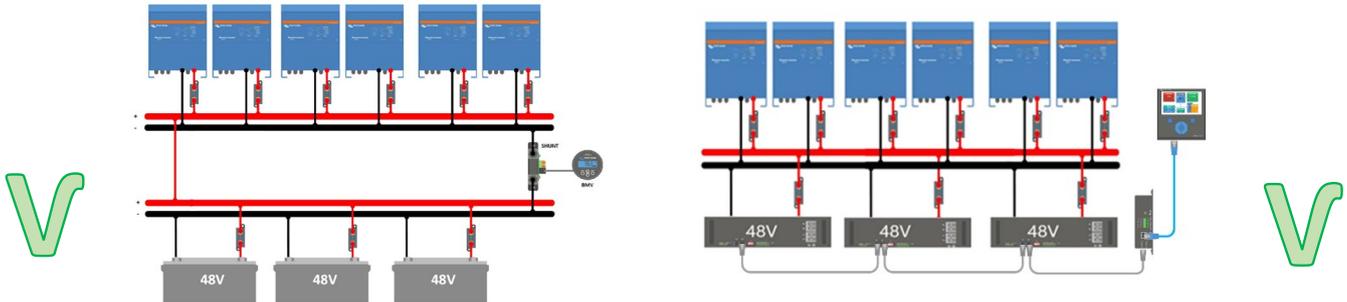
Tenga en cuenta que la colocación incorrecta de derivador puede causar problemas en el sistema dependiendo de cómo esté conectado. Este es el caso especialmente en sistemas muy grandes en los que hay una gran distancia entre las baterías y los inversores/cargadores.

Al invertir, el inversor/cargador próximo al derivador “verá” una menor tensión de entrada CC que las unidades más alejadas del derivador.

Al cargar, las baterías próximas al derivador “verán” una menor tensión de entrada CC que las baterías más alejadas del derivador. Véase la siguiente imagen:



Para arreglar esto, aleje el derivador del cable positivo (no ideal). O considere el uso de baterías inteligentes que generan su propio estado de carga, en lugar de un derivador.



4.7 Cableado CC de un sistema en paralelo y/o trifásico

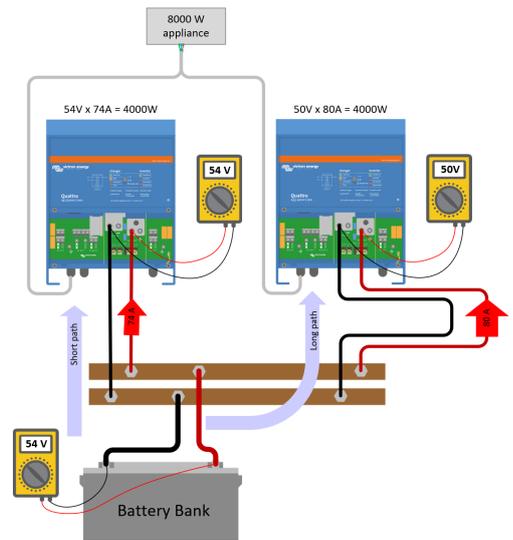
Se puede crear un gran inversor/cargador o un inversor/cargador trifásico conectando varios inversores/cargadores. Estas unidades se comunican entre sí y juntas conforman un gran inversor/cargador. Todas han de estar conectados a la misma bancada de baterías.

Al hacer el cableado de una instalación como esta, hay algunas consideraciones importantes con respecto a los cables de la batería.

Para un funcionamiento correcto, es fundamental que cada unidad reciba exactamente las mismas tensiones. Para garantizar esto, el recorrido de la CC desde la bancada de baterías a cada unidad, o desde la barra de conexiones a cada unidad, debe ser exactamente el mismo.

Si hay alguna diferencia en el grosor o en la longitud de los cables entre las unidades, habrá una diferencia en las tensiones de estas unidades.

Diferentes tensiones implican diferentes corrientes. La unidad con la tensión más baja tendrá una mayor corriente pasando por su sistema electrónico. La sobrecarga del inversor/cargador se dispara por la intensidad de esta corriente. De modo que aunque la potencia proporcionada por cada inversor sea la misma, la unidad con la menor tensión tendrá una corriente más elevada pasando por ella y entrará en sobrecarga antes que las otras unidades. La potencia total de inversor del sistema será entonces inferior porque cuando una unidad entra en sobrecarga, todo el sistema deja de funcionar. La unidad con el cableado inadecuado determinará el rendimiento de todo el sistema.



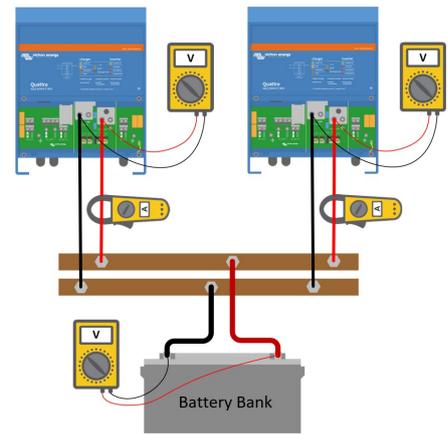
Para lograr un sistema equilibrado, tendrá que usar el mismo tipo de cable, con la misma sección y la misma longitud, desde la bancada de baterías o desde las barras de conexiones hasta cada unidad. Asegúrese también de que los terminales de todos los cables son idénticos y que todas las conexiones están apretadas con el mismo valor de torsión. Considere el uso de barras de conexiones o bornes de potencia entre la bancada de baterías y los inversores/cargadores.

Cuando coloque fusibles en la instalación, considere usar un solo fusible CC por fase. Si no puede disponer de un solo fusible grande, use un fusible por unidad, pero asegúrese de que son todos exactamente iguales.

Para comprobar si el cableado de un sistema es correcto o para solucionar problemas del cableado, siga los siguientes pasos:

- Cargue el sistema hasta la carga máxima.
- Coloque la pinza amperimétrica en los cables CC de cada unidad.
- Compare las lecturas de corriente, todas las unidades deberían tener corrientes CC similares.

También puede medir la tensión de la barra de conexiones o de la bancada de baterías y compararla con las tensiones que ha medido en los terminales de la batería de cada unidad. Todas estas lecturas de tensión deberían ser idénticas.



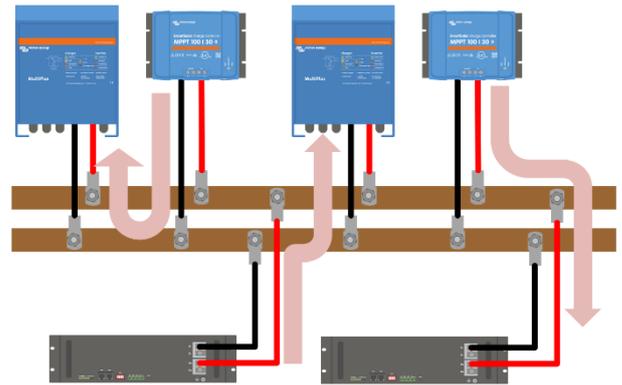
Para más información sobre sistemas en paralelo y trifásicos consulte este [manual](#).

4.8 Barras de conexiones de sistemas grandes

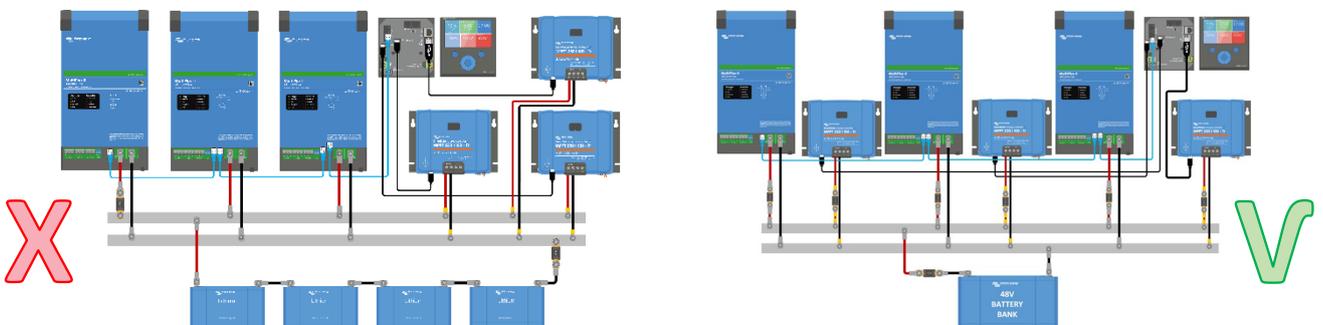
Las instalaciones grandes suelen estar formadas por varios consumidores eléctricos y varias fuentes de CC, como varias baterías, varios inversores/cargadores y varios MPPT. Todos ellos se conectan a una barra de conexiones central. Al hacer las conexiones de estas instalaciones, es necesario considerar varias cosas.

En estos sistemas tendrá que usar barras de conexiones pero, aún así, es importante cómo se conecta cada equipo a la barra de conexiones y en qué orden. Es importante conectar los inversores/cargadores y los MPPT a la barra de conexiones alternativamente.

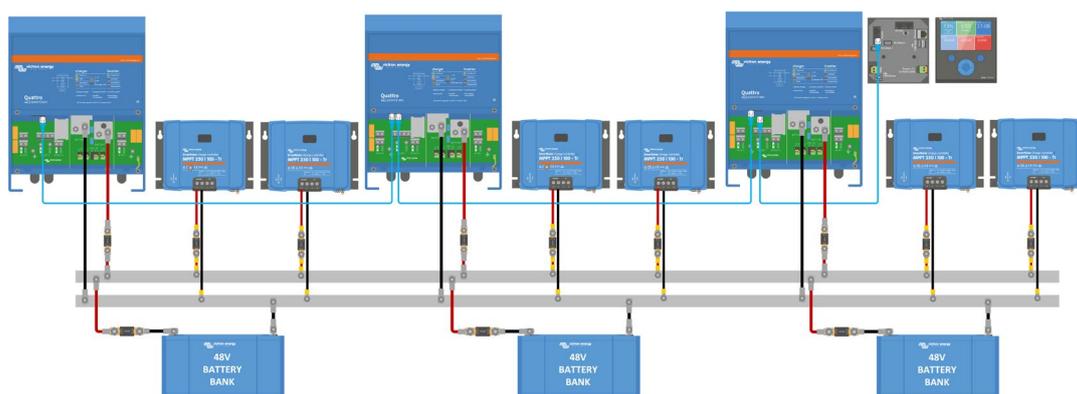
De esta forma se reducirá la corriente que pasa por las barras de conexiones. Sencillamente, la corriente que entra en la barra de conexiones desde un MPPT puede llegar por un camino más corto directamente al inversor o a la batería. Esta corriente no necesita pasar por toda la barra de conexiones. Así se mantiene un “tráfico” local reducido.



Al hacer las conexiones, asegúrese de que todos los inversores/cargadores tienen la misma longitud de cable. También los MPPT han de tener cables de longitudes aproximadamente iguales. Y lo mismo para las baterías.



Si el sistema tiene una sola bancada de baterías, debería conectar la bancada de baterías en la mitad de las barras de conexiones. Pero si hay varias bancadas de baterías en paralelo o baterías inteligentes Smart, también deben distribuirse de forma uniforme a lo largo de las barras de conexiones.



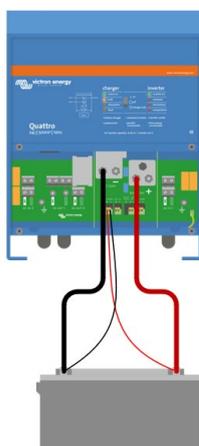
4.9 Detección y compensación de tensión

La detección de tensión es una característica del cargador de baterías. Funciona midiendo la diferencia entre la tensión de la unidad y la tensión en los terminales de la batería. Tan pronto como se detecta una diferencia, la tensión de carga se incrementa para compensar las pérdidas del cable durante la carga. Esto garantiza que las baterías siempre se cargan con la tensión correcta. Esta característica normalmente solo compensará caídas de tensión de hasta 1 V. Si las pérdidas del sistema son superiores a 1 V (por ejemplo, 1 V en la conexión positiva y 1 V en la negativa), el cargador de la batería, el controlador de carga solar MPPT o el inversor/cargador reducirán su tensión de carga de tal forma que la caída de tensión permanezca limitada a 1 V. La razón de que esto sea así es que si las pérdidas son superiores a 1 V, como los cables de la batería son demasiado finos, no pueden llevar una corriente grande y por lo tanto la corriente ha de reducirse.

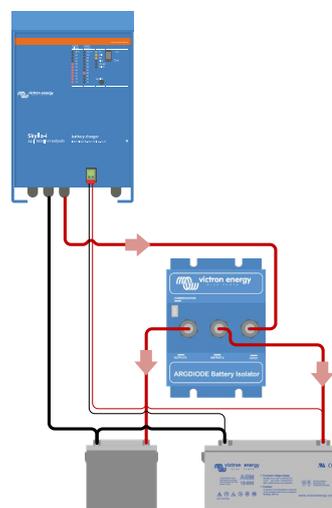
También se puede usar la detección de tensión para compensar las caídas de tensión cuando se usen separadores de diodos. Un separador de diodos tiene una caída de tensión de 0,3 V en el diodo.

Algunos productos de Victron, como los inversores/cargadores o los cargadores grandes, tienen detección de tensión integrada. Para otros productos, como MPPT y cargadores grandes de baterías inteligentes Smart, será necesario añadir un sensor Smart Battery Sense.

Si el producto tiene un terminal de detector de tensión (V-sense), se pueden conectar directamente dos cables de detección desde el terminal V-sense hasta el polo positivo de la batería y el terminal negativo de la distribución. Utilice un cable con una sección de 0,75 mm².



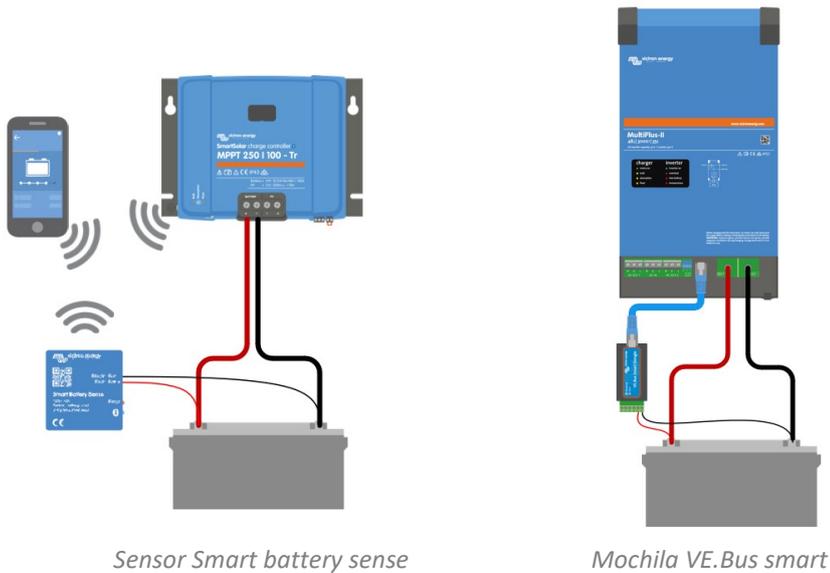
Inversor/cargador con detección de tensión



Cargador grande con detección de tensión y separador de diodos

Si el inversor/cargador está equipado con la mochila VE.Bus smart, no son necesarios los cables de detección de tensión. La mochila Smart *dongle* se ocupa de la detección de tensión.

Si se trata de un cargador MPPT, conecte un sensor Smart Battery Sense a la batería y emparejelo con un MPPT a través de la aplicación VictronConnect.



Detección de tensión en un sistema de almacenamiento de energía (ESS) con CC solar

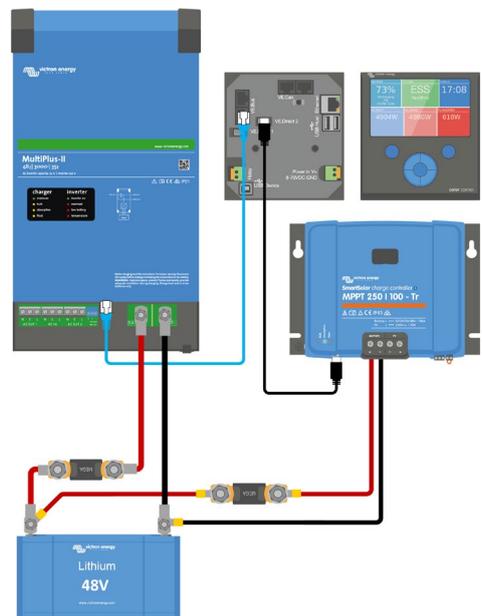
En un sistema ESS con un MPPT, el cargador del inversor/cargador está desactivado. Esto es porque el MPPT carga la batería y la energía solar sobrante se devuelve a la red. El CCGX controla este proceso. Para que esto funcione, el CCGX configurará el MPPT a una tensión CC superior a la del inversor/cargador.

Cuando la batería esté casi llena, la tensión en la misma será ligeramente mayor que la tensión CC del inversor/cargador. Esta es la “señal” que el inversor/cargador emplea para reducir esta “sobretensión”. Para ello, devuelve energía a la red.

En un sistema de 48 V, esta sobretensión se fija en 0,4 V y en uno de 24 V en 0,2 V.

Para que este proceso funcione adecuadamente, es fundamental que la batería reciba la tensión correcta del MPPT. Hay que prestar especial atención al diseño y colocación del cableado CC, fusibles y conexiones, ya que podrían causar una caída de tensión en el sistema.

Una caída de tensión puede reducir la “sobretensión” que el inversor/cargador necesita antes de devolver energía a la red.



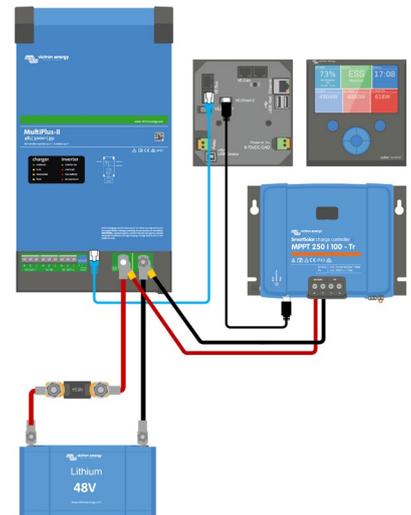
Ejemplo:

En un sistema ESS con un MPPT de 100 A con dos cables de 1 m de longitud y 35 mm² de sección y un fusible de 150 A, la resistencia es:

- Conexiones: 0,35 mΩ.
- Fusible de 150 A 0,35 mΩ.
- Cable de 2 m 1,08 mΩ.

La resistencia total es 1,78 mΩ y la caída de tensión a 100 A es de 178 mV

La solución es usar un MPPT con compensación automática de la caída de tensión. Como resultado, la tensión de salida del MPPT subirá ligeramente con el aumento de la corriente. Pero si el MPPT no tiene detección de tensión, es mejor conectar el MPPT directamente al MultiPlus.



4.10 Paneles solares

Los paneles solares no pueden conectarse directamente a una batería. Es necesario colocar un cargador solar entre los paneles solares y las baterías. El cargador solar convierte la tensión del panel solar, que es más alta, en una tensión adecuada para cargar baterías. Si se conecta un panel solar directamente a una batería, esta resultará dañada.

Para conectar paneles solares a un cargador solar, en la mayoría de los casos el panel solar cuenta con conectores especiales resistentes al agua, normalmente conectores MC4. Hay dos tipos de estos conectores: machos y hembras.

El conector macho se conecta al cable positivo que viene del panel solar y el conector hembra se conecta al cable negativo.

Si los cables del panel solar no tienen la longitud suficiente, será necesario usar un alargador. El alargador suele tener conectores MC4 ya montados. Los cables solares tienen un conector macho en un extremo y una hembra en el otro. Así:



Se pueden unir conectores MC4 a un cable solar de 4 mm² o de 6 mm².

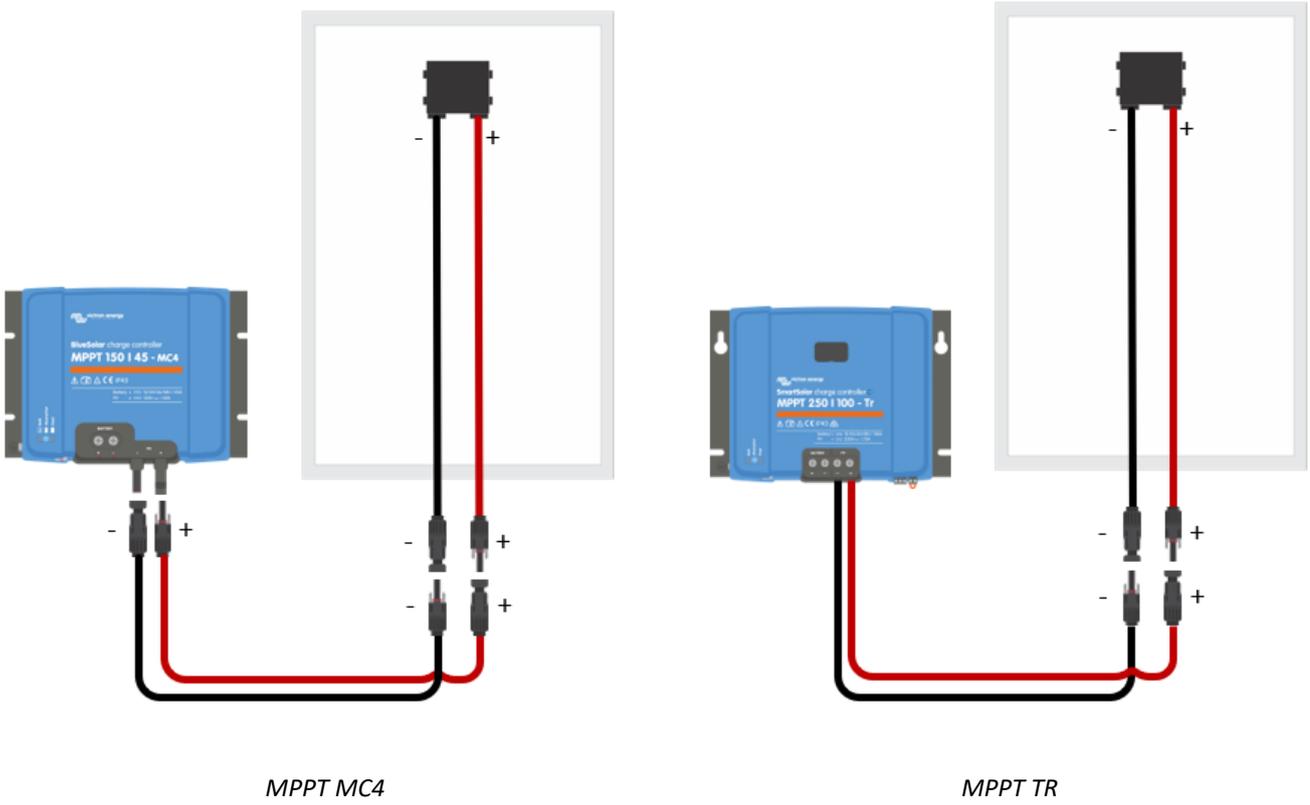
Un cable solar es un cable especial. Es un cable muy resistente diseñado para su uso en exteriores en instalaciones de paneles solares. Es resistente al polvo, al paso del tiempo y a la radiación UV y tiene hilos de cobre estañado.

Los cables solares para pequeños conjuntos FV, como los de aplicaciones de automoción o marinas, suelen ser de doble núcleo. En estas aplicaciones, los cables también tienen que ser resistentes a la radiación UV y tener hilos de cobre estañado.

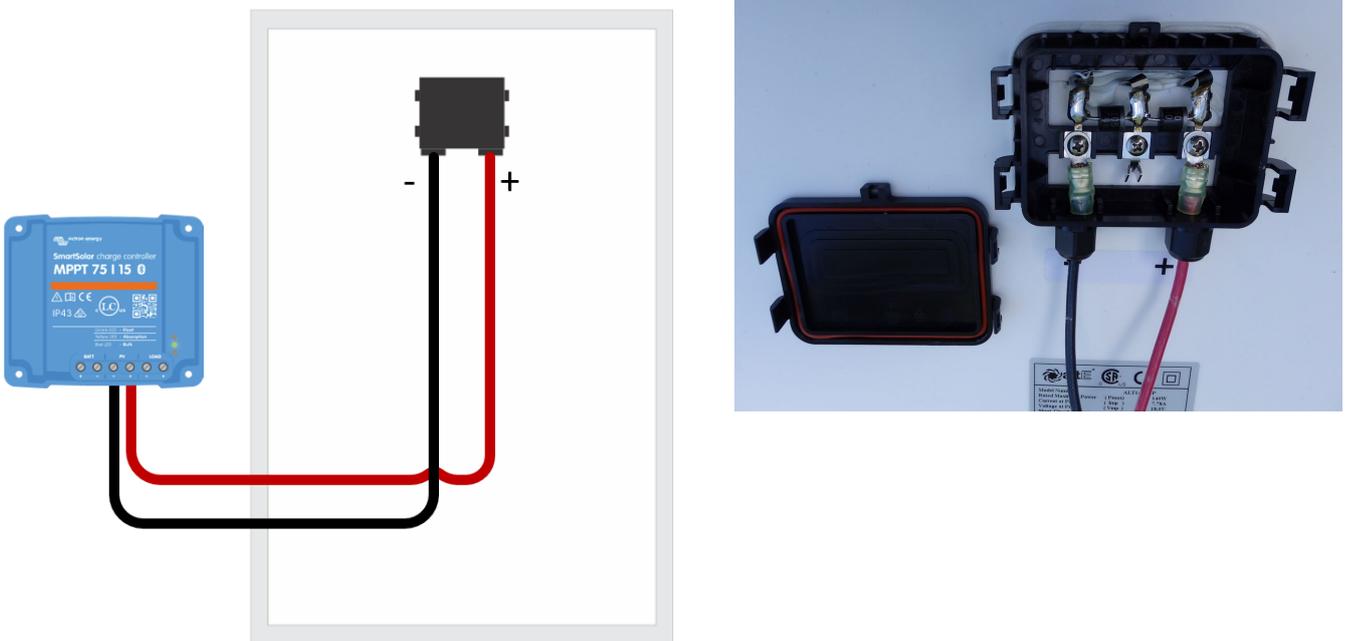
El grosor del cable necesario dependerá del tamaño del conjunto solar y de su tensión. Esto determinará la corriente y el grosor del cable. Se puede consultar más información sobre esto en el apartado 4.1.



Se venden dos modelos de cargadores solares MPPT, con conectores MC4 o con conectores de tornillo en la cara FV. Así es cómo se conectan a un panel solar visto desde la parte de atrás del panel solar.



En algunas ocasiones el panel solar no tiene cables. De modo que tendrá que ponerlos usted mismo. Para ello, abra la caja de conexiones de la parte posterior del panel y conecte allí los cables. Puede usar cables solares con o sin conectores MC4. Si está conectando el panel solar directamente al MPPT, la instalación será así:

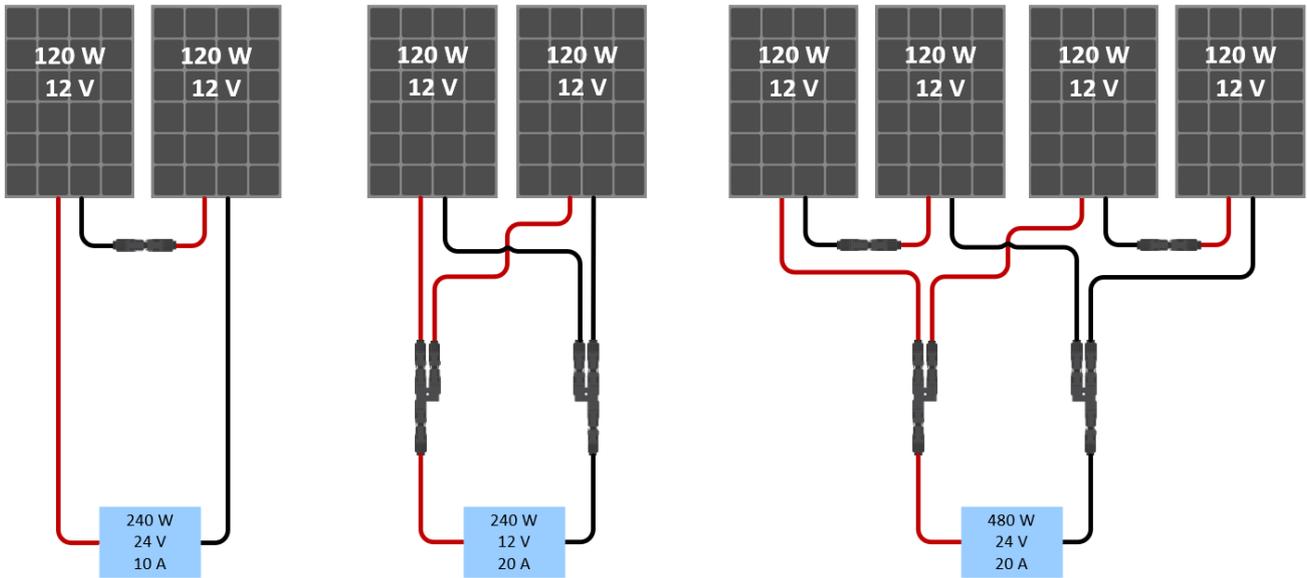


En muchas instalaciones solares, un solo panel solar no es suficiente. En este caso, es necesario montar un conjunto solar o fotovoltaico (FV). Un conjunto solar está formado por varios paneles solares conectados entre sí.

Si se conectan los paneles solares en serie, la tensión aumenta y si se conectan en paralelo, disminuye. Lo mismo sucede cuando se construye una bancada de baterías con baterías independientes.

Para facilitar las conexiones en paralelo, se pueden usar conectores MC4 Y. Hay dos tipos:

Ejemplos de conjuntos solares en serie y en paralelo:

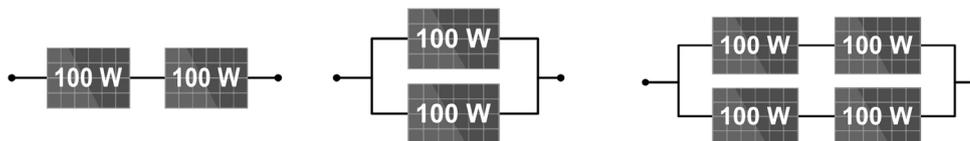


Conjunto solar en serie

Conjunto solar en paralelo

Conjunto solar en serie/paralelo

Para determinar la energía total del conjunto solar, solo tendrá que sumar la energía de cada módulo independientemente de que estén conectadas en serie o en paralelo.



Conjunto de 200 W

Conjunto de 200 W

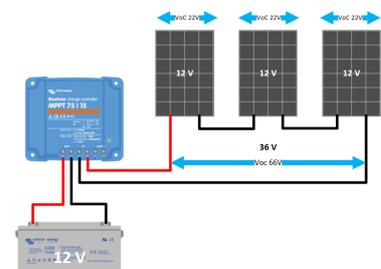
Conjunto de 400 W

Al diseñar un conjunto solar, asegúrese de que la tensión del circuito abierto del conjunto (V_{oc}) no supera la tensión nominal del MPPT.

Un ejemplo de panel en serie:

Si mira las especificaciones de un panel solar de 12 V, verá que la V_{oc} está en torno a 22 V.

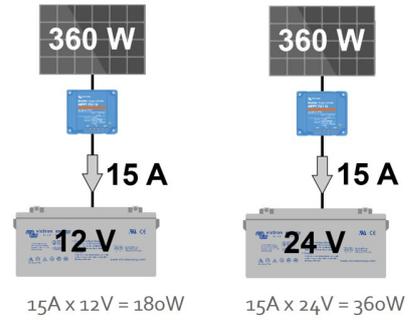
Para un MPPT 75/15 la tensión solar puede ser de hasta 75 V. Esto le permitirá conectar hasta tres paneles de 12 V en serie.



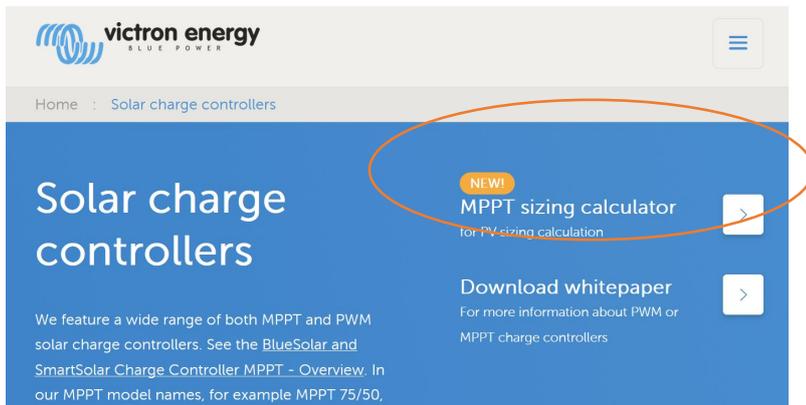
Observación sobre la corriente de carga a distintas tensiones de la batería:

Para un MPPT 75/15 la corriente nominal es de 15 A. Esta es la corriente que entra en la batería.

Esto significa que con una batería de 12 V entrará menos energía en la batería que con una de 24 V.



Para ayudarle a diseñar un conjunto solar y elegir el cargador solar adecuado, puede consultar la calculador de tamaños de MPPT [aquí](#).



5. Cableado de comunicación

Los equipos de los sistemas modernos necesitan poder comunicarse, ya sea entre sí o con un dispositivo de control o seguimiento. Para que la comunicación pueda tener lugar, se necesitan cables de comunicación. Mandan información de un equipo a otro. Muy a menudo estas comunicaciones son fundamentales para la misión. Si el cable falla, la comunicación se detiene y el sistema puede dejar de funcionar.

Algunos ejemplos de cables de comunicación en sistemas inversor/cargador:

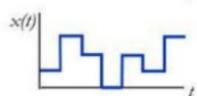
- Comunicación entre unidades de inversor/cargador para crear un sistema en paralelo o trifásico.
- Comunicación para controlar equipos, p. ej.: entre un cargador solar y el Color Control GX u otro dispositivo GX.
- Cables desde un dispositivo de medida a un dispositivo de seguimiento, como entre el derivador BMV y la unidad principal del BMV, o entre un sensor de temperatura y un inversor/cargador.
- Cables de Internet o de red.
- Dos cables de señal o de control, p. ej.: entre un relé de alarma y un generador con autoarranque, o el interruptor de ignición de un coche y un convertidor CC/CC o entre un BMS de una batería y un BatteryProtect.

5.1 Señales de datos

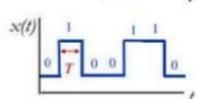
Una señal de datos es una señal que cambia constantemente de acuerdo con la información que manda. Puede ser analógica o digital. Las señales de los cables de comunicación pueden ser de cualquiera de estos tipos. Estas señales tienen una tensión y una corriente bajas. A menudo no más de 5 V.



Señal analógica - la tensión puede tener cualquier valor y hay una correlación directa entre tensión y valor.



Señal digital - la tensión de la señal se limita a un cierto número de tensiones.



Señal binaria - tiene solo dos valores que representan encendido o apagado (uno o cero). Puede representar encendido/apagado o transmitir datos mandando secuencias de ceros y unos.

5.2 Interferencia

Como con todos los cables, es importante que los cables de comunicación sean de buena calidad. También los conectores deben ser de buena calidad y deben estar correctamente montados en el cable. También es importante que estén bien conectados a la toma receptora.

Los cables de comunicación llevan señales de baja tensión de baja corriente. Si estas señales viajan una distancia, por supuesto que se puede producir una caída de tensión, pero no es muy frecuente, ya que estas señales llevan una corriente muy baja. La caída de tensión normalmente no será un problema a no ser que los cables sean muy largos.

Sin embargo, hay otro aspecto que es crítico en los cables de comunicación cuando se mandan señales de baja tensión a larga distancia: la interferencia.

Distintos tipos de interferencias y sus causas:

- Electromagnética - de generadores, transformadores, electromotores e interruptores de palanca o guillotina.
- Por radiofrecuencia - desde fuentes de transmisión de radio, radares y equipos mal protegidos.
- Electrostática - por electricidad estática.
- Por diafonía - interferencia de cables cercanos.
- Común - provocada por el flujo de la corriente entre campos con diferente potencial de un sistema.

En los cuatro primeros casos, el cable actúa como una antena y recibe la interferencia. La interferencia induce más electricidad en los cables de comunicación. Esto cambia la tensión de la señal y altera los datos que se mandan. Esto producirá una comunicación confusa o con interrupciones.

En casos extremos, en los que hay muchas interferencias o un problema con la conexión a tierra, las tensiones del cable pueden ser tan altas que el circuito de comunicación del equipo conectado al cable de comunicación resulte dañado.

Hay formas de limitar o evitar la aparición de interferencias, que son:

- Usar cables cortos.
- Usar cables de par trenzado.
- Usar cables apantallados.

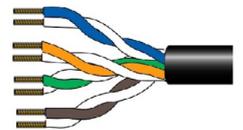
Cables sin apantallamiento y sin trenzar

Estos cables son muy sensibles a las interferencias. Y por esto tienen un límite de longitud de aproximadamente 10 metros. Por esto es por lo que no se venden cables VE.Direct de más de 10 metros. El cable VE.Direct no tiene apantallamiento y no está trenzado.



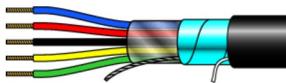
Cables de par trenzado

Dos conductores de un solo circuito trenzados. Esto mejora el rechazo de la interferencia electromagnética y también hará que el cable sea menos sensible a la diafonía de cables próximos.



Apantallamiento de cables

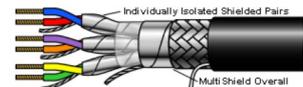
Una lámina o malla metálica cubre un grupo de cables o incluso puede cubrir pares trenzados.



Apantallamiento de lámina



Apantallamiento de malla



Apantallamiento Multi

5.3 Cables de comunicación y tipos de conectores

En este apartado se incluye una pequeña selección de los cables de comunicación usados con más frecuencia en sistemas de inversor/cargador.

Cable UTP RJ45 directo

Este cable se usa en redes informáticas, Internet y Ethernet, pero también para la comunicación de inversores/cargadores entre sí y con un dispositivo de control como el panel Multi Control o el Color Control. Se trata de un cable con ocho conductores.



En un cable directo, el pin 1 de un extremo se conecta al pin 1 del otro, el pin2 con el pin2 y así sucesivamente. Para ver si el cable está correctamente conectado, utilice un comprobador de cables. Victron usa este cable para las aplicaciones VE.Bus y VE.Can. También se usaba en las aplicaciones VE.Net, actualmente obsoletas.

Antiguamente estos cables solían ser de color azul, pero ahora los hay de más colores.

Victron, al igual que otros fabricantes, hace cables de distintas longitudes. No es recomendable que haga estos cables usted mismo. Un conector mal crimpado puede ser la causa de fallos del sistema difíciles de diagnosticar.

Para probar un cable RJ45, sustitúyalo y compruebe si el problema ha desaparecido.

También se producen fallos cuando el conector RJ45 macho no está correctamente metido en el RJ45 hembra o cuando los contactos de los RJ45 han perdido elasticidad y ya no hacen buen contacto.



Terminador RJ45

Usado para terminar una red de CANbus conectada en cadena. Se coloca un terminador en el primer elemento de la cadena y otro en el último.



Cables RJ45 con conexiones especiales

Tienen el mismo aspecto que los cables RJ45 UTP “directos” normales, pero se han recableado para un fin determinado. Este tipo de cable se usa en aplicaciones especiales. A menudo tienen una sola aplicación. En el caso de Victron se usan entre una batería Smart y un Color Control GX u otro dispositivo GX. El etiquetado de los cables es muy importante, ha de indicar cómo está configurado el cable por dentro, de modo que estos cables no terminen en un sistema normal, donde podrían causar fallos en la comunicación.



Cable RJ45 cruzado

Tienen el mismo aspecto que los cables RJ45 UTP “directos” normales. Se usaban en redes informáticas antiguas o por otros fabricantes de inversores. Usar uno de estos cables donde debería usarse un cable directo puede ser un problema. Estos cables no pueden usarse con el equipo de Victron.

Cable RJ12 UTP

Se usa entre el derivador BMV y la unidad principal BMV. Es un cable con seis conductores. Normalmente estos cables se usan para mandar datos digitales pero el BMV lo usa para mandar datos analógicos. El BMV viene con uno de estos cables. Victron fabrica cables de distintas longitudes, puede elegir uno de estos si se necesita un cable específico. Al igual que con los RJ45, use solo cables ya fabricados. No le recomendamos que los haga usted mismo. Con demasiada frecuencia, un conector mal crimpado es la causa de comportamientos extraños en el sistema difíciles de diagnosticar.



También se usan habitualmente cables con conectores RJ12 en telefonía. Pero en el caso de los cables telefónicos no están los 6 cables. Además, los cables telefónicos no son de par trenzado. No pueden usarse para un BMV.

Cable VE.Direct

Este es un cable de datos de cuatro hilos. Se trata de un cable especial para seguimiento o control de ciertos productos de Victron como un BMV o un MPPT.



Cable de señal

Este es un cable “normal”. Suele ser un cable fino, de no más de 1,5 mm² de grosor. Vienen con uno, dos o varios conectores. Normalmente portan señales analógicas y de encendido/apagado.



Cables y conectores NMEA2000

Se usan en redes marinas de datos CAN-bus. El cableado consiste en cables de datos marinos especiales y conectores, piezas T y terminadores resistentes al agua. Para más información, consulte [Wikipedia](https://es.wikipedia.org/wiki/NMEA2000).



RS485

Se usa para comunicaciones en serie. En el caso de Victron se usa para la comunicación entre contadores de energía y un dispositivo GX. Para más información sobre RS485, consulte [Wikipedia](https://es.wikipedia.org/wiki/RS485).

Cables USB

Existen distintos tipos. Victron usa sobre todo el de conector tipo A. Para más información sobre USB, consulte [Wikipedia](https://es.wikipedia.org/wiki/USB).

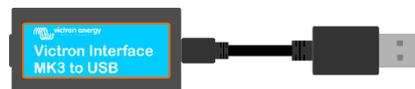
5.4 Interfaces

Se trata de pequeños dispositivos que traducen un protocolo de datos en otro. Normalmente están conectados a un cable o están situados en un extremo de un cable.

Estas son las principales interfaces de Victron:

Interfaz MK3 a USB

Se usa para conectar un ordenador a un producto VE.Bus.
La MK3 reemplazó a la interfaz MK2. La MK2 aún puede usarse.



Interfaz VE.Direct a USB

Se usa para conectar un ordenador a un producto VE.Direct o para conectar un producto VE.Direct al puerto USB de un dispositivo GX.



Interfaz RS485 a USB

Se usa para conectar un contador de energía a un dispositivo GX.



Interfaz VE.Bus a NMEA2000

Se usa para conectar un producto VE.Bus a una red NMEA2000.



Interfaz VE.Direct a NMEA

Se usa para conectar un producto VE.Direct a una red NMEA2000.

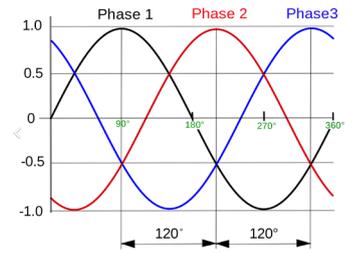


Para ver toda la línea de interfaces de Victron, consulte la página de [accesorios](#) de Victron.

6. Cableado CA

6.1 Generación de energía

El generador de una estación eléctrica genera electricidad trifásica. Cada una de estas fases tiene una tensión alterna de 230 voltios (o una tensión diferente, según el país). La tensión alterna con una frecuencia de 50 (o 60) Hz. Y debido a la rotación de las bobinas del generador, hay un desplazamiento de fase de 120° entre cada fase.



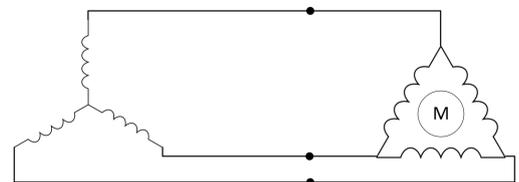
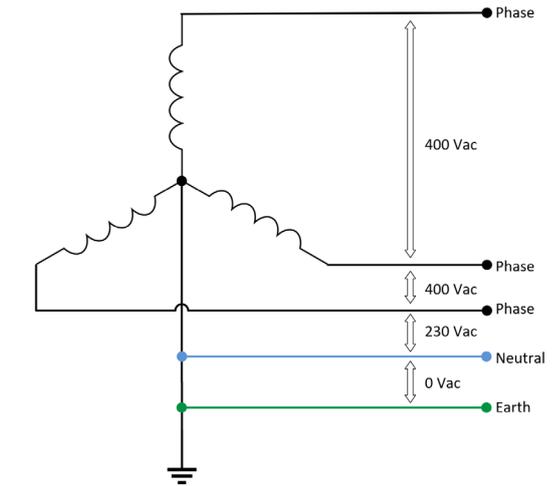
Las tres bobinas están conectadas entre sí y crean un circuito triple, denominado configuración en estrella. Una sola bobina (fase) tiene un potencial de 230 Vac. Y se crea un segundo nivel de potencial entre las dos bobinas. Debido al desplazamiento de fase de 120° el potencial es de 400 Vac.

Para poder usar estas fases por separado, se conecta el punto común (el punto estrella) a un conductor llamado "neutro". Entre el neutro y una de las fases hay una tensión de 230 Vac. El conductor neutro es un conductor que pueden usar las tres fases y que puede usarse en tres circuitos eléctricos diferentes.

El punto de la estrella actúa como neutro en la instalación eléctrica de una casa. La función del conductor neutro es permitir el uso por separado de cada fase y cada fase puede usarse como un suministro independiente de 230 Vac.

El neutro también se conecta a un piqueta metálica dirigida hacia el suelo, la llamada pica de tierra. De esta forma el potencial de la tierra es igual a 0 voltios. Esta conexión se llama puesta a tierra o toma de tierra.

Una carga trifásica, como un motor eléctrico trifásico, usa electricidad de las tres fases. El neutro no tiene una función porque los tres circuitos eléctricos se mantienen equilibrados entre sí. Solo si una de las fases consume más carga que las otras, el neutro empezará a conducir corriente. Esta corriente se llama "corriente de compensación o de eculización".



Cuando configure inversores/cargadores trifásicos tendrá que usar una configuración de estrella. Han de tener un neutro común. No se permite la configuración delta. Pero el sistema trifásico de inversor/cargador puede alimentar una carga con configuración delta.

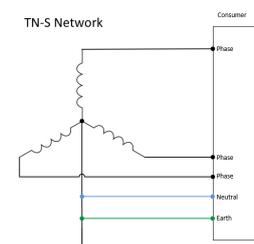
Cuando los inversores/cargadores trabajan en modo inversor, las cargas desiguales no son un problema, pero sí pueden serlo si están trabajando en un modo de paso a través y están conectadas a un generador que no puede aceptar una carga desequilibrada.

6.2 Redes de distribución

Hay diferentes formas de distribuir la energía al consumidor eléctrico. Y distintas formas de conectar el sistema del consumidor eléctrico. Todas las redes suministran tres fases, pero el enlace entre el neutro y la toma de tierra cambia según el tipo de red.

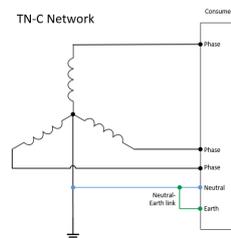
Red TN-S

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases, el neutro y la tierra.
- El consumidor eléctrico usa las fases, el neutro y la tierra suministrados.
- El neutro y la tierra no están conectados entre sí.



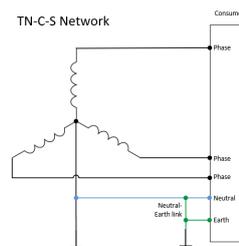
Red TN-C

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases y un neutro-tierra combinado.
- El consumidor eléctrico reparte el neutro y la tierra entrantes (enlace MEN).
- El consumidor eléctrico usa las fases suministradas y el neutro y la tierra de nueva creación.



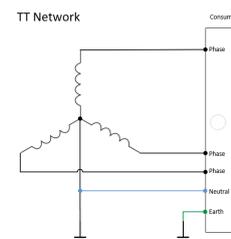
Red TN-C-S

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases y un neutro-tierra combinado.
- El consumidor eléctrico reparte el neutro y la tierra entrantes (enlace MEN).
- El consumidor eléctrico conecta la tierra a una estaca de tierra.
- El consumidor eléctrico usa las fases suministradas y el neutro y la tierra de nueva creación.



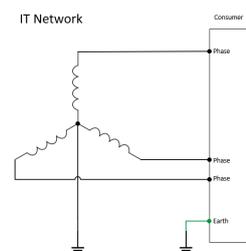
Red TT

- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases y el neutro.
- El consumidor usa las fases suministradas y el neutro.
- El consumidor eléctrico crea una toma de tierra local con una estaca de tierra.



Red IT

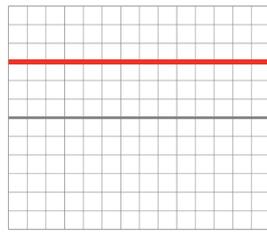
- El punto estrella del generador está conectado al neutro y a tierra.
- Se distribuyen las fases.
- El consumidor eléctrico usa las fases suministradas.
- El consumidor eléctrico crea una conexión a tierra local.



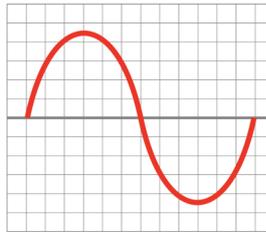
6.3 VA y vatios de la corriente del sistema

Para poder calcular correctamente el tipo de fusibles y las dimensiones de los cables o del inversor, será necesario saber el valor de la corriente del circuito. Para poder calcular la corriente correctamente, hay un aspecto de la energía CA que que hay que explicar: vatios y VA.

Como hemos explicado antes, la energía CA es alterna. Ni la tensión ni la corriente tienen un valor constante como la CC, sino que se alternan entre positivo y negativo. Hacen esto unas 50 veces por segundo en un sistema de 50 Hz y unas 60 veces por segundo en un sistema de 60 Hz. La forma de la onda es sinusoidal.



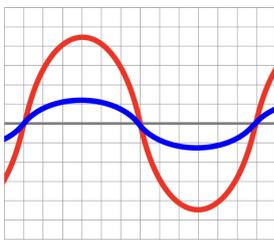
Tensión CC



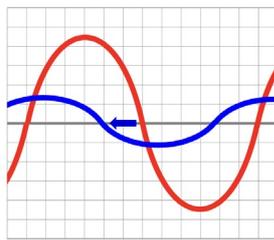
Tensión CA

No solo la tensión es alterna en un circuito CA, la corriente también. En un sistema resistivo se alternan al mismo tiempo. Sin embargo, si el circuito contiene cargas no resistivas, la onda sinusoidal de la corriente puede quedarse por detrás o adelantarse con respecto a la de la tensión.

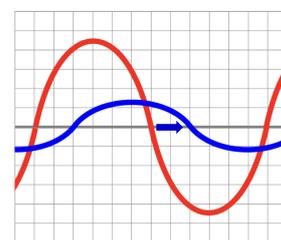
Las siguientes imágenes representan el comportamiento de la tensión (rojo) y el de la corriente (azul) en un circuito CA con distintos tipos de cargas.



Carga resistiva



Carga inductiva - pasiva



Carga capacitiva - reactiva

Las cargas resistivas son cargas con elementos resistivos como: calentadores, bombillas incandescentes, tostadores y secadores de pelo, entre otros.

Las cargas inductivas son cargas con bobinas, como electromotores o transformadores. Por ejemplo: frigoríficos, compresores, aires acondicionados o lámparas fluorescentes.

Las cargas capacitivas son cargas que contienen condensadores, como bancos de condensadores, motores de arranque, cargadores de baterías y dispositivos SAI.

Los vatios son la potencia real extraída por el equipo. La potencia nominal en vatios determina la potencia real que se compra a la compañía eléctrica, el diésel consumido por un generador o la carga de calor generada por el equipo.

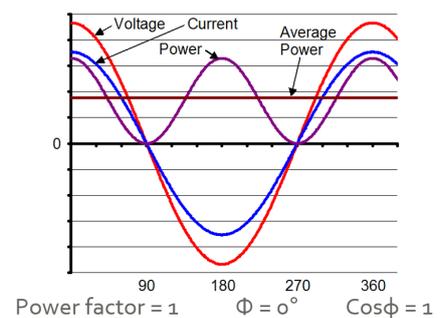
VA es la "potencia aparente" y es el producto de la tensión por la corriente extraída por el equipo. La VA nominal se usa para dimensionar el cableado, los disyuntores, los inversores y los generadores.

En un circuito CA puramente resistivo, las ondas de tensión y de corriente van a la par (o están en fase). Para calcular la corriente se puede usar esta fórmula:

Corriente = Potencia/Tensión

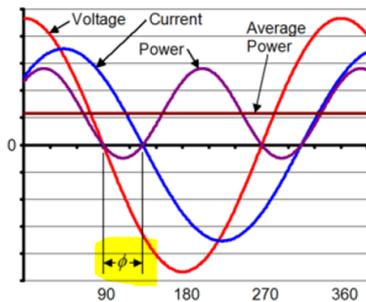
$I = P/V$

En un sistema totalmente resistivo, el factor de potencia es 1.

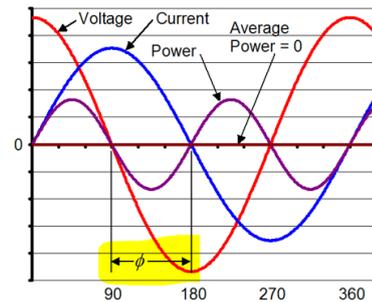


Cuando el circuito CA contiene cargas como inductores o condensadores, se produce un desplazamiento de fase entre las ondas de corriente y de tensión. Estas dos ondas ya no van a la par, ya no están en fase.

Mirando las ondas, si se calcula la potencia se puede ver que la potencia verdadera (W) es inferior a la aparente (VA).



Power factor = 0.7 $\Phi = 45^\circ$ $\text{Cos}\phi = 0.71$



Power factor = 0 $\phi = 90^\circ$ $\text{Cos}\phi = 1$

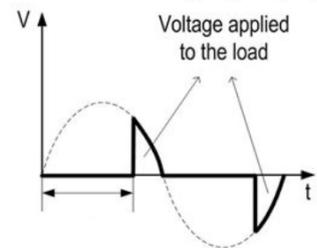
Si se conoce el factor de potencia se puede calcular la potencia aparente.

$$W = V \times A \times \text{Factor de potencia}$$

$$\text{Potencia verdadera} = \text{Potencia aparente} \times \text{factor de potencia}$$

En general, un circuito de CA doméstico tiene un factor de potencia medio de 0,8. De modo que para cálculos generales, se puede usar 0,8 como factor de potencia.

Luego hay otro tipo de carga: la carga no lineal. Estas son cargas que no cargan toda la onda sinusoidal por igual o que puede que solo usen una parte de la onda. La corriente extraída por una carga no lineal no tendrá forma de onda sinusoidal, aunque la carga esté conectada a una tensión de onda sinusoidal.



A menudo estas son cargas que contienen semiconductores, como diodos o LED. Por ejemplo, iluminación LED, reguladores de la intensidad de la luz, pistolas de calor y algunos dispositivos de arranque suave de CA. Cuando un inversor alimenta una carga no lineal, llegará a la sobrecarga antes que la potencia nominal de la carga.

6.4 Cableado CA

En una instalación doméstica, la electricidad entrante se divide en grupos, normalmente en un panel de distribución.

El diámetro de los cables eléctricos de cada circuito CA (grupo) debe ajustarse al valor de la máxima corriente que se puede esperar en el circuito. Esto es para proteger las cargas conectadas y los cables eléctricos.

En circuitos CA también se pueden producir caídas de tensión y calentamiento de cables. Las caídas de tensión pueden producir daños en los aparatos conectados y pueden hacer que los cables se calienten y en casos extremos pueden provocar incendios domésticos.

También es importante conectar bien los cables. Unos cables mal conectados también pueden producir caídas de tensión y calentamiento. Utilice las orientaciones que se han descrito anteriormente.

Para los cálculos del cableado puede usar los mismos cálculos que se han explicado para el cableado CC. Pero tenga en cuenta que la regla general mencionada antes ya no sirve. Para cableados con tensiones de entre 100 y 400 Vac aplique esta regla general:

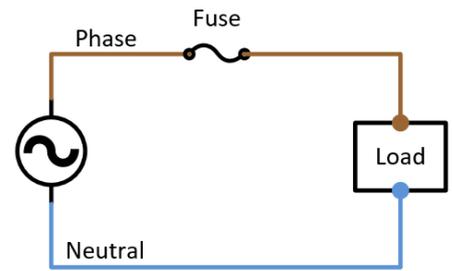
Corriente nominal / 8 = diámetro del conductor en mm
 Suma 1 mm² por cada 5 metros de longitud del cable.

6.5 Fusibles y disyuntores

Los fusibles se suelen colocar en el panel de distribución. Cada circuito (grupo) CA tiene su propio fusible. El fusible se ajusta a las dimensiones de la carga esperada y al grosor del cable.

El fusible protege de:

- Sobrecarga - cuando hay más corriente en el sistema de la que se puede esperar en condiciones normales.
- Cortocircuito - cuando un conductor de fase entra en contacto con el neutro o con la toma de tierra por accidente.

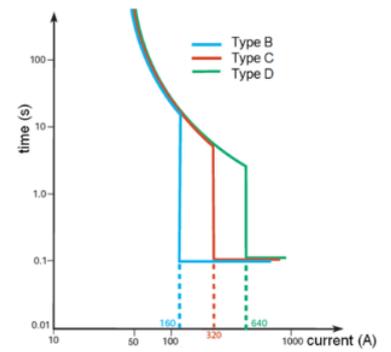


Tradicionalmente, un fusible tiene un hilo que se funde cuando lo atraviesa una corriente excesiva. Cuando el hilo del fusible se derrite, el circuito eléctrico se rompe y ya no puede pasar más corriente por él.

Es más frecuente usar disyuntores automáticos para proteger de un exceso de corriente. Estos dispositivos se llaman: "Disyuntores en miniatura" (Miniature Circuit Breaker o MCB). Este dispositivo tiene dos umbrales que activan su mecanismo de apagado. Un umbral térmico para corrientes de sobrecarga pequeña de larga duración, y un umbral magnético para corrientes elevadas de corta duración como las de los cortocircuitos.

Hay MCB de tres tipos: B, C y D. Todos tienen las mismas características térmicas. Pero tienen diferentes niveles de corriente de cortocircuito.

- El tipo B se desconecta a $5 I_n$ (5 corrientes nominales) y se usa normalmente como MCB doméstico.
- El tipo C se desconecta a $10 I_n$ y se usa para transformadores y lámparas fluorescentes.
- El tipo D se desconecta a $20 I_n$ y se usa para motores grandes, transformadores y lámparas de mercurio.



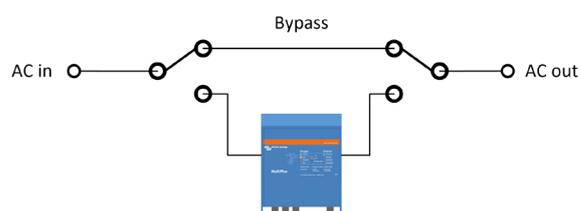
Cuando se produce una corriente de cortocircuito, con suficiente corriente, el MCB (B, C o D) se apaga en menos de 100 ms.

6.6 Conmutador de entrada CA

Se recomienda añadir un conmutador de entrada manual a los sistemas de inversor/cargador. Esto es especialmente útil en sistemas que sean críticos para la misión. Este conmutador permite puentear el inversor/cargador y conecta la entrada de CA (red o generador) directamente a las cargas.

Un conmutador como este resultará de gran utilidad en caso de que el inversor/cargador necesite un cambio de configuración o si algo falla con el inversor/cargador y es necesario retirarlo del servicio.

El conmutador de entrada tendrá que romper el camino de entrada y salida de CA desde y hacia el inversor/cargador y luego tendrá que hacer el circuito de puente. El conmutador necesita ajustarse a la carga de CA completa del sistema.



6.7 Consideraciones especiales para el cableado CA de inversores/cargadores en paralelo o trifásicos

Cableado CA

Se pueden conectar varios inversores/cargadores en paralelo para tener un inversor/cargador más grande. Cuando se conecta un sistema en paralelo a una fuente de CA la longitud y el grosor de los cables de CA es importante. A diferencia del cableado CC, para el cableado CA es importante que los cables no sean muy cortos ni muy gruesos. No es aconsejable sobredimensionar los cables de CA. Usar cables demasiado gruesos tiene efectos negativos.

En un sistema en paralelo todos los inversores/cargadores deberían ser idénticos. Pero esto no siempre es así. Cada inversor/cargador tiene un contactor de entrada de CA interno. Estos contactores no son siempre exactamente iguales, pueden tener una pequeña diferencia en su resistencia interna, en comparación con los otros contactores. La pequeña diferencia de resistencia puede hacer que la corriente CA se desvíe de una unidad a otra

En un sistema en paralelo, la corriente CA debería distribuirse uniformemente entre todas las unidades de inversor/cargador en paralelo.

Cuando la resistencia del cableado es muy baja, la pequeña diferencia en la resistencia de los contactores se convertirá en una diferencia relativamente grande. Y esto resultará en una distribución desigual de la corriente.

Un ejemplo exagerado:

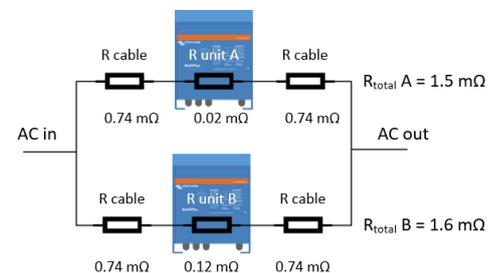
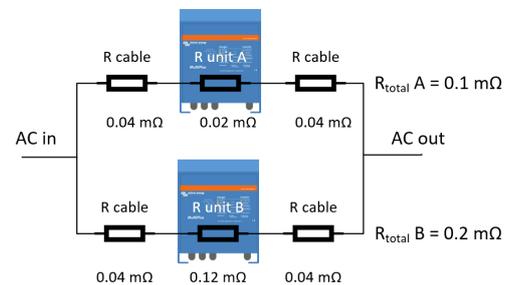
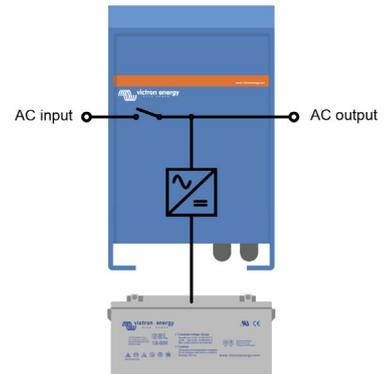
Las unidades A y B están conectadas en paralelo. Se usa un cable muy grueso y corto de modo que la resistencia del cableado es muy baja. Pero las dos unidades tienen una pequeña resistencia interna (contactor CA). Véase la imagen de la derecha.

En este escenario, la resistencia total de la unidad A es de 0,1 mΩ y la resistencia total de la unidad B es 0,2 mΩ.

Esto supone que la unidad A llevará el doble de corriente que la B.

Ahora, usamos las mismas unidades en paralelo, pero con cables más finos y más largos. Véase la imagen de la derecha. La resistencia total de la unidad A es de 1,5 mΩ y la resistencia total de la unidad B es 1,6 mΩ. De este modo la distribución de la corriente es mucho mejor. La unidad A llevará 1,066 veces más corriente que la unidad B.

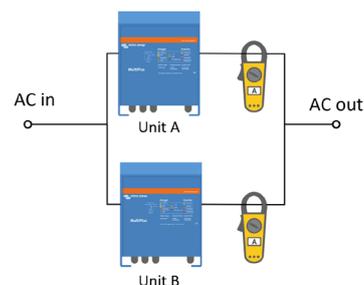
Para evitar este problema, se recomienda usar cables de CA largos y de longitudes similares. Siga siempre las recomendaciones de longitud y grosor de los cables recogidas en el manual del producto. No aumente la sección de los cables de CA por encima de la recomendación del manual.



Por ejemplo: la tolerancia a la caída de tensión de un contactor de retroalimentación de 100 A es de unos 20 mV a 100 A. La resistencia total del cable (entrada + salida) debería ser, por lo tanto, superior a $R = 60 \text{ mV}/100 \text{ A} = 6 \text{ m}\Omega$.

La mejor forma de comprobar si este tipo de problema de cableado está afectando a un sistema en paralelo es la siguiente:

- Cargue el sistema por completo.
- Mida con una pinza amperimétrica las corrientes CA individuales de cada unidad.
- Compare las corrientes.



Las lecturas de corriente deberían ser muy similares. Si hay diferencias muy grandes, es que hay un problema con el cableado (o con una conexión).

Fusibles de CA en cadenas en paralelo

Para unidades en paralelo, se recomienda usar un fusible de CA para todas las unidades de esa fase. Tanto en la entrada como en la salida. Se pueden usar varios fusibles conectados de forma mecánica, esto cuenta como un fusible.

Rotación de fase

Las 3 fases: L1, L2 y L3 de una fuente trifásica deben conectarse por orden numérico. Preste especial atención a la rotación de fase de la fuente de CA de la red o del generador. Si se conecta en la rotación incorrecta, el sistema no aceptará la entrada de la red de suministro y solo funcionará en modo inversor. En este caso, cambie dos fases para corregirlo. Una forma rápida de arreglar la rotación de fase es cambiar dos fases al azar y ver si así el sistema del inversor acepta la CA de entrada.

Si se trata de un sistema móvil, es probable que en algún punto haya una conexión al generador o a la red con una rotación de fase mal conectada y el sistema de inversor/cargador rechazará la entrada y permanecerá en modo inversor, agotando así las baterías.

Montar un interruptor de conmutación sencillo que pueda cambiar dos de las fases es una buena solución que arregla inmediatamente el problema de la rotación de fase, sin dilatar la situación. Además del cambio manual, hay también dispositivos automáticos que hacen esto.

Puede leer más información sobre sistemas en paralelo y trifásicos en el [Manual de paralelo y trifásico](#).

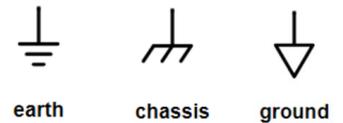
7. Conexión a tierra, tierra y seguridad eléctrica

La conexión a tierra (toma de tierra o puesta a tierra) constituye una vía de retorno común para la corriente eléctrica de un circuito eléctrico. Se crea conectando el punto neutro de una instalación a la masa general de la tierra o a un chasis.

La toma de tierra es necesaria por seguridad eléctrica y también constituye un punto de referencia en un circuito para medir las tensiones.

En general, hay tres tipos de conexión a tierra, que son: tierra (física), tierra de chasis (o masa) y toma de tierra.

- La tierra es una conexión física directa con la tierra. Normalmente se hace poniendo una barra de cobre (pica de tierra) en la tierra del suelo. Pero dependiendo de la edad y la ubicación del sistema, también puede ser una placa o tira de cobre enterrada en la tierra, o la red de suministro de agua o las tuberías del agua de una casa.
- La tierra de chasis o masa es una conexión a una estructura metálica como la de un vehículo o el casco metálico de un barco. También puede ser la carcasa metálica del equipo eléctrico.
- La conexión a tierra es un punto de referencia común para la medición de tensiones en un circuito. Como resultado, una tensión puede estar por encima de tierra (positiva) o por debajo (negativa).



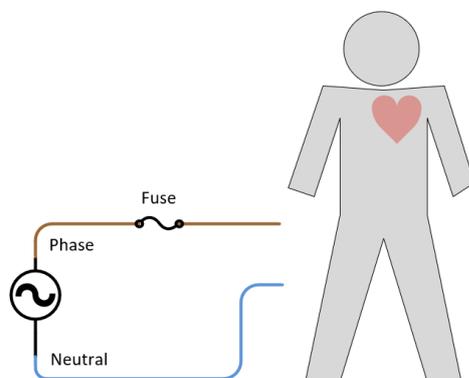
7.1 Seguridad eléctrica

La electricidad es peligrosa, puede matar, herir o quemar a una persona. La parte más peligrosa de la electricidad es la corriente. Una pequeña corriente que pase por una persona ya puede ser muy peligrosa. Véase la tabla de la derecha.

La corriente fluirá en cuando se cierre un circuito eléctrico.

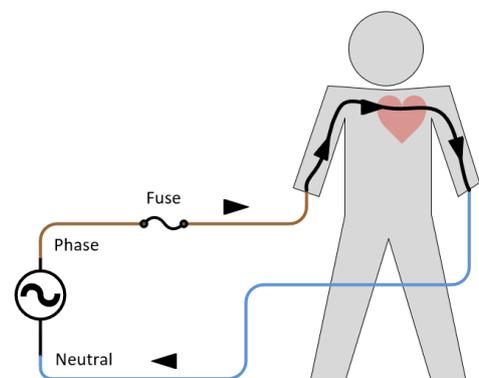
Por ejemplo, imagine dos cables de CA sueltos: uno con corriente y uno neutro. Si los cables solo estén ahí no pasará ninguna corriente porque el circuito no estará cerrado. Pero si toca un cable con corriente con una mano y el neutro con la otra, usted mismo cierra el circuito y la electricidad pasará por el cable con corriente de vuelta al cable neutro a través de su cuerpo y de su corazón. La corriente seguirá fluyendo hasta que el fusible se funda, pero para entonces, probablemente ya esté muerto.

Electric Current (1 second contact)	Physiological Effect
1 mA	Threshold of feeling, tingling sensation.
5 mA	Accepted as maximum harmless current
10-20 mA	Beginning of sustained muscular contraction ("Can't let go" current.)
100-300 mA	Ventricular fibrillation, fatal if continued. Respiratory function continues.
6 A	Sustained ventricular contraction followed by normal heart rhythm. (defibrillation). Temporary respiratory paralysis and possibly burns.



Circuito eléctrico sin cerrar

La electricidad no puede fluir



Circuito eléctrico cerrado

La electricidad fluye

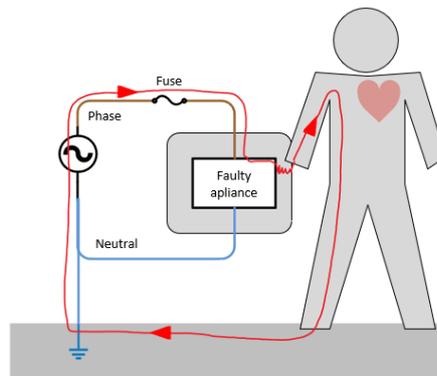
Aparte de tocar un cable neutro y uno con corriente al mismo tiempo, hay otras situaciones peligrosas que pueden producirse, por ejemplo cuando la electricidad pasa por la tierra. Este caso es más habitual que el de que alguien toque un conductor de fase y uno neutro al mismo tiempo.

El conductor neutro está conectado a tierra en algún punto. Esto puede ser en la instalación doméstica, en la red de distribución o en el generador de energía (punto estrella).

Si hay un fallo en el equipo eléctrico, las partes metálicas del exterior de ese equipo pueden pasar a tener corriente. Esto puede pasar si hay un atajo interno entre la electricidad activa y la carcasa metálica del equipo. Piense, por ejemplo, en una lavadora que no funciona bien. Puede que se deba a un fallo eléctrico, a un daño mecánico o a cables eléctricos dañados que estén tocando la carcasa metálica del equipo eléctrico.

En cuanto toque la lavadora averiada, la electricidad pasará de la fase a la carcasa metálica y a la tierra a través de su cuerpo. Desde la tierra la electricidad fluirá hasta el neutro del suministro de la red. El circuito está completo.

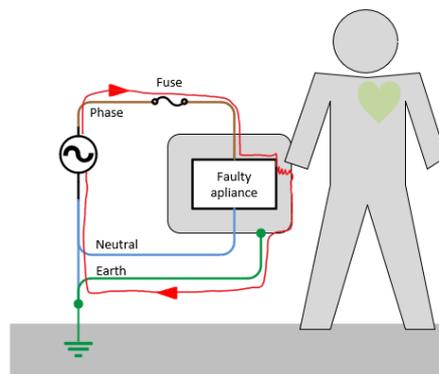
La electricidad seguirá fluyendo hasta que se funda el fusible de suministro de la red. Pero como en la situación anterior, para entonces probablemente ya esté muerto.



Para que las instalaciones eléctricas fueran más seguras, se introdujo el conductor de tierra. El conductor de tierra conecta la carcasa metálica a la tierra.

Ahora. Si usted toca el equipo averiado, la electricidad pasará por el conductor de tierra y no por su cuerpo. Esto es así porque la electricidad elige el camino de menos resistencia. El camino que atraviesa su cuerpo y la tierra es más resistivo que el que va por el conductor de tierra. Pero tenga en cuenta que aún es posible que una pequeña cantidad de corriente pase por una persona. Una corriente de más de 30 mA ya es peligrosa.

Solo un conductor de tierra no es suficiente. También se necesita un interruptor diferencial (ID) en la instalación. Puede consultar más información sobre interruptores diferenciales en el apartado 7.3.

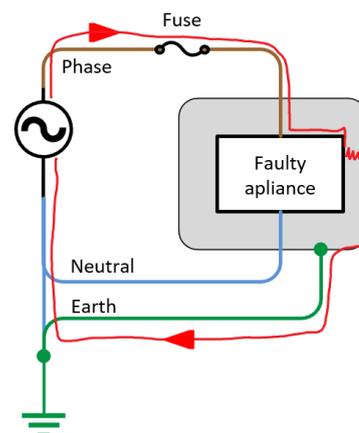


7.2 Cableado a tierra

Los cables de tierra o de toma de tierra son amarillos/verdes. En instalaciones más antiguas y en otros países también puede encontrarse con cable verde.

Un buen cableado de tierra es fundamental para la seguridad eléctrica. Las conexiones de cable y de tierra han de tener baja resistencia eléctrica. Recuerde que la electricidad irá por el camino de menos resistencia. De modo que tiene que asegurarse de que el cable de tierra es lo suficientemente grueso y de que las conexiones están bien apretadas.

El cable de tierra puede tener corrientes elevadas cuando hay equipos defectuosos, y ha de poder llevar esta corriente hasta que se funda el fusible del sistema. Así que es importante que el cable de tierra sea lo suficientemente grueso.



7.3 Interruptor diferencial (ID)

La electricidad puede ser muy peligrosa. Incorporar un conductor de tierra a un sistema hace que sea más seguro, pero las instalaciones pueden ser aún más seguras con un interruptor diferencial (ID).

Su uso es obligatorio en todas las instalaciones de CA.

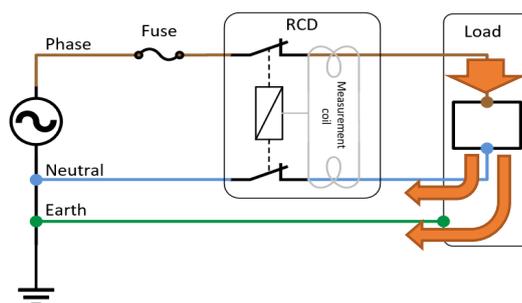
El ID detecta que la electricidad está pasando a la tierra y se desconecta inmediatamente. La electricidad irá a la tierra si hay un fallo en el sistema o, lo que es más importante, cuando la corriente esté pasando por una persona. Los ID están diseñados para desconectarse en cuanto se detecta un flujo de corriente hacia la tierra.

Los interruptores diferenciales se pueden denominar con diferentes siglas, según sus nombres en inglés:

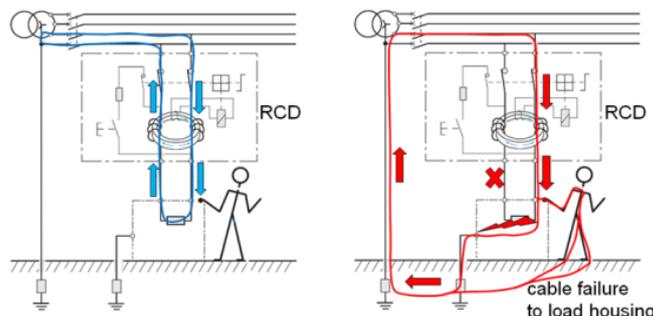
- Dispositivo de corriente residual (RCD) Disyuntor de corriente residual (RCCB).
- Interruptor de circuito por corriente de pérdida a tierra (GFCI).
- Interruptor por corriente de pérdida a tierra (GFI).
- Interruptor de corriente de fuga del aparato (ALCI).
- Interruptor de seguridad.
- Dispositivo de fuga a tierra

Un ID mide el equilibrio de corriente entre el conductor de fase y el neutro. El dispositivo abrirá su contacto cuando detecte una diferencia de corriente entre la fase y el neutro.

En un sistema seguro las corrientes de suministro y de retorno deben sumar cero. Si esto no es así, hay un fallo en el sistema, la corriente se está fugando a algún sitio en la tierra o a otro circuito.



Los ID están diseñados para evitar accidentes por electrocución gracias a la detección de esta fuga de corriente, que puede ser mucho más pequeña (normalmente 5 - 30 miliamperios) que las corrientes necesarias para activar disyuntores o fusibles convencionales (varios amperios). Están pensados para actuar en 20 - 40 milisegundos. Este periodo de tiempo es inferior al necesario para que la descarga eléctrica haga que el corazón llegue a fibrilación ventricular, la causa más frecuente de muerte por descarga eléctrica.



Un sistema seguro protege contra cortocircuitos, sobrecargas y corrientes de fuga de tierra.

La detección de fugas de tierra solo es posible en sistemas en los que el conductor neutro está conectado al conductor de tierra, como un sistema TN o TT. No es posible detectar fugas a tierra en una red IT.

Dónde montar un ID

En una instalación eléctrica, el ID debe montarse antes de las cargas. En realidad, esto significa que el ID tiene que montarse antes de separar la instalación en dos grupos diferentes. Si se usa un inversor o un inversor/cargador, el ID tendría que situarse después, de lo contrario no habría protección de tierra cuando el inversor esté funcionando. Los consumidores eléctricos que solo funcionan cuando están conectados a la toma del puerto, necesitarán su propio ID.

Disparo accidental del ID

En algunas instalaciones, el ID saltará antes de tiempo. Esto puede deberse a lo siguiente:

- El sistema tiene un enlace MEN doble (neutro a tierra) y esto hará que el ID salte debido a una diferencia de potencial en la tierra.
- El sistema tiene equipo que introduce una pequeña cantidad de fuga de tierra neutra 'por debajo del umbral', pero el efecto acumulativo puede ocasionar activaciones impredecibles del ID. Algunos de los aparatos que suelen dar problemas y que es conveniente comprobar y desconectar en primer lugar cuando surjan problemas son: compresores de refrigeradores antiguos y calentadores eléctricos (debido a su propio diferencial de tierra de la pica a tierra principal).

7.4 Enlace neutro a tierra en inversores e inversores/cargadores

Una fuente de alimentación CA ha de tener un neutro a tierra (enlace MEN) para que el ID pueda funcionar. Este es el caso para la red, pero también si la fuente de CA es un generador o un inversor.

- Si la fuente de alimentación de CA es la red, el enlace MEN estará conectado en el panel de control en el punto en el que la red entra en la instalación.
- Si la fuente de alimentación de CA es un generador, el enlace MEN estará conectado en las terminales de conexión de CA del generador.
- Si la fuente de alimentación de CA es un inversor, el enlace MEN estará conectado en la conexión de CA del inversor o en el panel de control de la instalación.

Pero cuando se usan unidades combinadas de inversor/cargador, el enlace MEN no es tan sencillo.

El inversor/cargador tiene dos modos de funcionamiento diferentes:

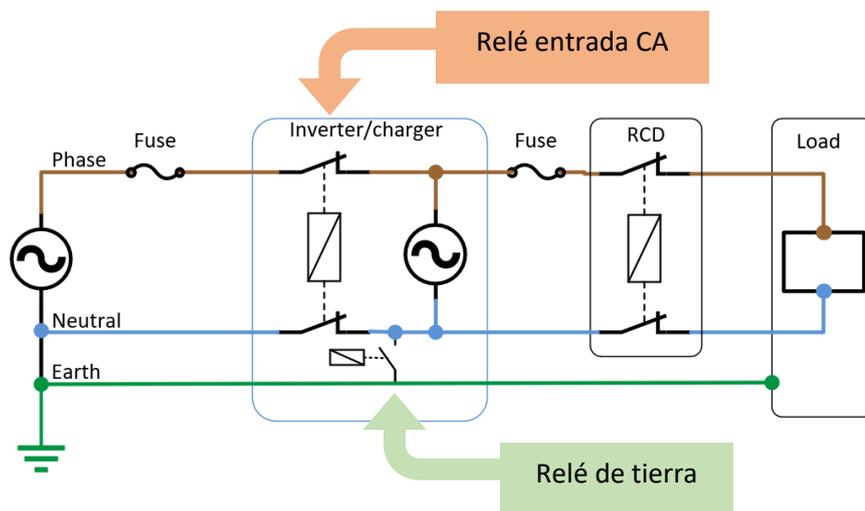
- En modo inversor funciona como un inversor independiente y es la principal fuente de alimentación del sistema.
- En modo cargador se alimentará a través de la energía de la red o del generador en el sistema.

Cuando el inversor/cargador esté invirtiendo y actuando como fuente de alimentación, tendrá que hacer un enlace MEN independiente. Pero cuando esté alimentado a través de un generador o del suministro de la red, el suministro entrante tendrá que tener el enlace MEN en lugar del inversor/cargador.

Los inversores/cargadores de Victron incluyen un relé de tierra interno. Este relé automáticamente hace o rompe la conexión entre tierra y neutro.

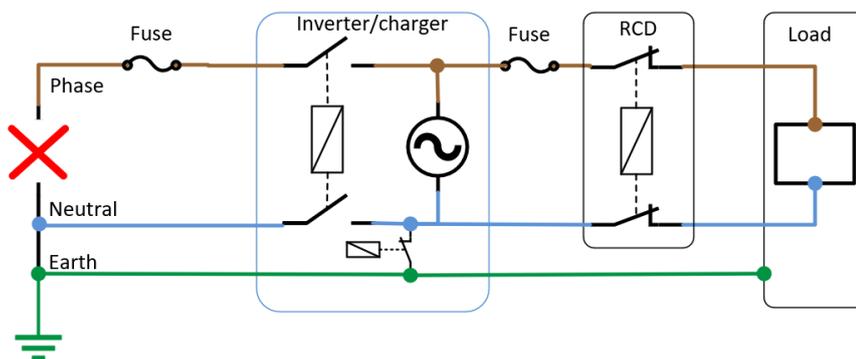
El inversor /cargador está en modo cargador y alimentación

Cuando el inversor está conectado a la fuente CA, el relé de entrada de CA está cerrado y al mismo tiempo el relé de tierra está abierto. El sistema de salida de CA depende del suministro de CA para proporcionar en enlace de neutro a tierra. El enlace es necesario para que el ID del circuito de salida de CA funcione.



El inversor/cargador está en modo inversor

Cuando el suministro de energía CA está desconectado, se ha apagado, o ha fallado, se abre el relé de entrada de CA. Cuando el relé de entrada de CA está abierto, la instalación ya no tiene un enlace de neutro a tierra. Por esto es por lo que al mismo tiempo el relé de tierra está cerrado. En cuanto el relé de tierra se cierra, el inversor/cargador hace un enlace interno de neutro a tierra. El enlace es necesario para que el ID del circuito de salida de CA funcione.



7.5 Instalaciones móviles

Una instalación móvil es una instalación que funciona con independencia de la red. Cuando se conecta a energía CA normalmente lo hace a través de la red en distintas ubicaciones o de generadores. Por ejemplo, barcos, vehículos o sistemas de alimentación auxiliares móviles. En este apartado se usa una instalación de un barco, sin embargo esta información puede aplicarse a cualquier instalación móvil.

Las instalaciones móviles no tienen una pica a tierra. Por lo que se necesita algo en su lugar que cree un potencial de tierra central. Todas las partes metálicas que se puedan tocar del barco o del vehículo deben estar conectadas entre sí para crear una tierra local. Algunos ejemplos de partes metálicas en un barco o vehículo son: el chasis, el casco, las tuberías metálicas de fluidos, las barandillas, el motor, los contactos de tierra del punto de potencia, los conductores de las luces y la placa de tierra (si la hay).

Un sistema móvil normalmente se conecta a diferentes fuentes de alimentación y a menudo no está claro cuál de los cables de suministro del puerto o del pantalán está conectado a tierra o si la toma de tierra está conectada. Por otro lado, la fase y el neutro pueden no estar correctamente conectados. Conectar una fuente como esta a un sistema móvil podría crear un cortocircuito a tierra. O ni siquiera hay tierra.

También es importante considerar si el sistema móvil se conecta a la alimentación o si está desconectado de la alimentación y funciona de forma autónoma.

Algunos ejemplos de distintas situaciones en las que se puede encontrar un sistema móvil:

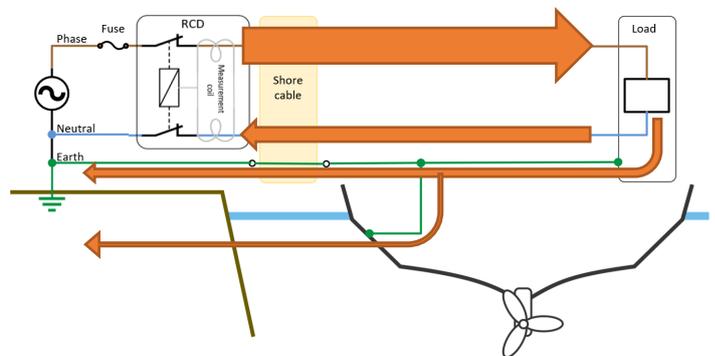
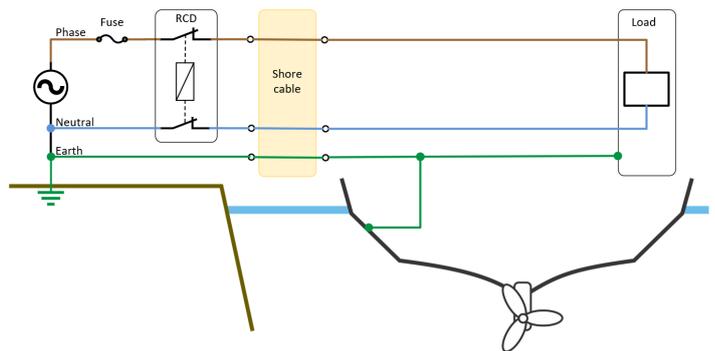
Un barco conectado a la toma del puerto

Cuando un barco está amarrado y conectada a la instalación de suministro del puerto es similar a una instalación doméstica. Solo hay una diferencia, que el barco no tiene su propia conexión a tierra, como la pica de tierra que se puede encontrar en una casa.

La instalación del barco utiliza la toma de tierra proporcionada por la conexión del puerto. Desgraciadamente, esta toma de tierra no siempre es fiable debido a que los cables del pantalán a menudo son muy largos y es posible que no tengan suficiente grosor.

Para que la situación sea segura, las partes metálicas del barco, como el casco, tendrán que conectarse a la tierra entrante desde el cable de alimentación del puerto. La tierra de alimentación del puerto está conectada al neutro.

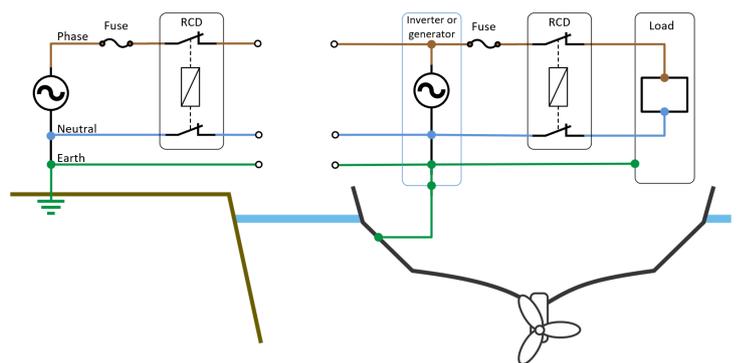
Si se produce una fuga a tierra, la corriente pasará por el conductor de tierra del cable de red, pero también a través del casco y del agua y de vuelta a la tierra del puerto. Los dos circuitos de fuga a tierra tienen el mismo potencial y de alguna forma están conectados en paralelo. Pero pasará más corriente por el conductor de tierra del cable del puerto. El camino que va por el casco y el agua ofrece más resistencia. Aún así, el interruptor diferencial disparará un fallo de tierra porque comparará la corriente de fase que entra con la que sale a través del neutro.



Un barco desconectado de la toma del puerto

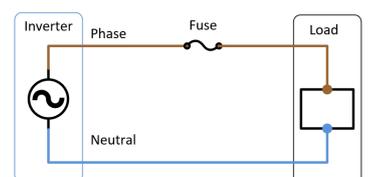
En cuanto el barco se desconecta de la toma del puerto, toda la instalación cambia porque ya no forma parte de la red y la conexión con el neutro y la tierra se pierden.

La instalación es ahora la principal fuente de energía y junto con la carga forma su propio circuito eléctrico autónomo. No pasará ninguna corriente por el casco ni por el agua.



Red flotante en un barco o vehículo (Red IT)

En los sistemas móviles en los que un inversor (o generador) es la única fuente de alimentación, se puede elegir específicamente no usar una red TT y usar una red IT. En una red IT la fase y el neutro no están acoplados a otro potencial como la tierra. Las tensiones creadas por una fuente de alimentación independiente son flotantes. Un sistema así es muy seguro y fácil de instalar.



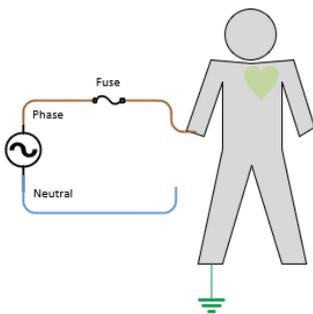
Si una persona toca un conductor o una carcasa de este sistema, ninguna corriente puede fluir a la tierra. Recuerde que para que la corriente fluya hace falta un circuito completo.

En este sistema no hay conductor de tierra y el circuito eléctrico a tierra no está completo. Es una situación similar a la del transformador de seguridad de un baño.

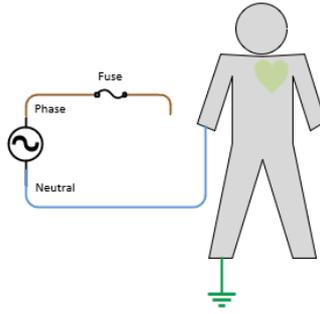
En principio, los inversores y generadores no son nada más que la fuente de dos diferencias de potencial con una diferencia de 230 V. El contacto no producirá un flujo de corriente porque el recorrido no es completo. Es lo mismo que cuando un pájaro está apoyado en un cable de electricidad.



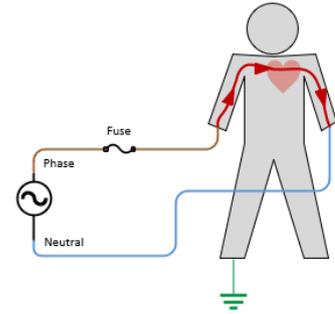
Tenga en cuenta que tocar la fase y el neutro al mismo tiempo siempre es peligroso porque entonces el recorrido sí es completo.



Seguro, no pasará electricidad



Seguro, no pasará electricidad



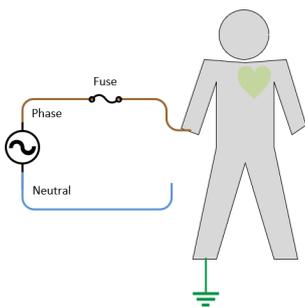
Inseguro, pasará electricidad

Red móvil con toma de tierra y enlace neutro a tierra (red TT)

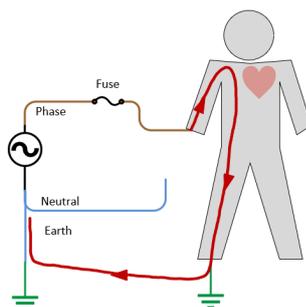
Si el sistema móvil se conecta a la red mediante un interruptor de transferencia o mediante un inversor/cargador, se introduce en el sistema una toma de tierra y un enlace neutro a tierra. Se convierte en una red TT.

Este también es el caso si la normativa local exige que haya una toma de tierra, un enlace neutro a tierra y un ID en los sistemas móviles que contengan un inversor o un generador.

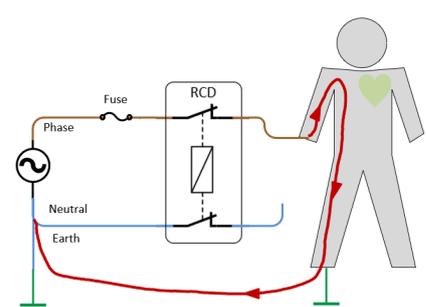
En el momento en que esto sucede, el sistema será más peligroso, de modo que en cuanto se añade la toma de tierra y el enlace de neutro a tierra a un sistema, será necesario instalar un ID para cumplir la normativa de la red TT o TN en la que la red móvil está conectada.



Sin toma de tierra, la electricidad no fluye



Se añade toma de tierra, la electricidad fluye



Seguro, el ID protege en caso de que la electricidad fluya

De red IT a red TT

Con los sistemas móviles es posible crear una red que sea una red TT cuando esté conectada a la red y al mismo tiempo pase a ser una red IT flotante cuando la red esté desconectada, y se esté usando un inversor o un generador. Esto no es deseable y debe evitarse.

Cuando una instalación se desconecta de la red, también se desconecta de la toma de tierra de la red. Si la instalación móvil no tiene ni toma de tierra ni enlace de tierra a neutro, pasará a ser un sistema flotante en cuanto se desconecte la red.

Aunque el sistema tenga un ID, este ya no podrá detectar una fuga de corriente a tierra porque el neutro no está conectado a tierra.

Pulsar el botón de prueba del ID es inútil si falta el enlace de neutro a tierra. Al pulsar el botón de prueba se quedará con la falsa impresión de que el ID funciona, cuando en realidad el ID no funcionará en caso de fallo de tierra ya que falta el enlace de neutro a tierra. Cuando se pulsa el botón de prueba del ID, se activa un puente interno que simula una fuga a tierra, de modo que se pueda probar el ID eléctrica y mecánicamente. El botón de prueba no sirve en absoluto para comprobar toda la instalación. Solo prueba el propio ID.

Esto puede llevar a confusiones y a situaciones de peligro. Por estos motivos, se recomienda seguir siempre los principios de la red TT, también en situaciones en las que la instalación no está conectada a la red de suministro.

El interruptor desde la red IT a la TT ha de acomodarse para que se establezca una conexión entre el neutro y la tierra del sistema móvil en cuanto se desconecte la red. Esto puede hacerse de forma automática, mediante un inversor/cargador con un relé de tierra o debe estar integrado en el interruptor de transferencia.

No todos los inversores y generadores tienen un neutro conectado a tierra. Esto debe comprobarse siempre antes de la instalación. Y si hace falta, debe incorporarse un enlace de neutro a tierra.

7.6 Aislamiento y conexión a tierra de los equipos de Victron

En este apartado se explica el aislamiento de diferentes productos de Victron entre CA y CC, o entre CC y CC. Esta información es necesaria para que un sistema con equipos de Victron pueda conectarse a tierra correctamente.

Aislamiento de todos los inversores e inversores/cargadores de Victron:

- Entre los circuitos CA y el chasis: aislamiento básico. El chasis debe estar conectado a tierra.
- Entre CA y CC: aislamiento reforzado. Una vez que el chasis se ha conectado a tierra, se considera que es seguro tocar la CC si la tensión nominal es de 48 V o menos.
- Entre los circuitos CC y el chasis: aislamiento básico. Por lo tanto, se admite la conexión a tierra CC negativa o positiva.

En caso de conexión a tierra positiva, las conexiones de interfaz no aisladas se referirán al negativo de CC y no a la tierra. Poner a tierra una conexión así dañaría el producto.

La terminal de conexión a tierra de CA de todos los inversores e inversores/cargadores se conecta al chasis.

Puesta a tierra del neutro CA de los inversores Victron

El neutro de todos los inversores de 1600 VA y más y del inversor Phoenix Inverter Compact 1200 VA está conectado al chasis. Al poner a tierra el chasis también se pone a tierra el neutro de CA. Se necesita un neutro a tierra para el correcto funcionamiento de un ID (o RCD, RCCB, RCBO o GFCI).

Si no hay una toma de tierra fiable disponible y/o si no hay instalado un ID (o RCD, RCCB, RCBO o GFCI), la conexión del neutro CA al chasis debería retirarse para mejorar la seguridad. Advertencia: es probable que una instalación así no cumpla la normativa local.

El neutro CA de los inversores de menos potencia generalmente no está conectado al chasis. Sin embargo, se puede establecer una conexión de neutro a tierra: consulte el manual del producto.

Puesta a tierra del neutro CA de los inversores/cargadores Victron

El neutro CA de salida de todos los inversores/cargadores está conectado al neutro CA de entrada cuando los relés de retroalimentación están cerrados (CA disponible en la entrada). Cuando los relés de retroalimentación

están abiertos, un relé de tierra conecta el neutro saliente al chasis. Se necesita un neutro puesto a tierra para el correcto funcionamiento de un ID.

En casi todos los modelos se puede deshabilitar el relé de tierra. Consulte el manual del producto.

Aislamiento de cargadores solares MPPT

Sin aislamiento entre la entrada FV y la salida de CC.

Aislamiento básico entre entrada/salida y chasis.

Aislamiento de otros productos

Cargadores de baterías: aislamiento reforzado entre CA y CC. Aislamiento básico entre CA y el chasis, excepto para los cargadores IP65 Smart, que tienen aislamiento reforzado entre CA y la carcasa de plástico.

Convertidores CC-CC, separadores de diodo y separadores FEC y otros productos CC: la carcasa siempre está aislada de la CC (aislamiento básico).

7.7 Puesta a tierra del sistema

Hasta ahora hemos hablado de tierra o conexión a tierra CA en instalaciones de CA, pero también hace falta en los componentes CC de una instalación. En este apartado se describen algunas instalaciones comunes que contienen no solo un inversor/cargador, sino también una bancada de baterías, un cargador solar y un conjunto FV.

Puesta a tierra de un sistema desconectado de la red

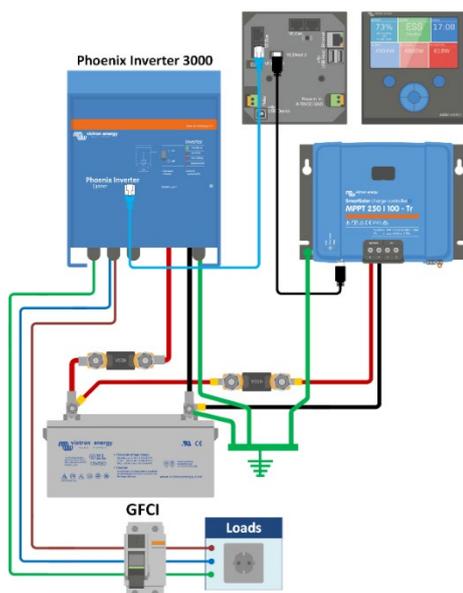
No conecte a tierra ni el positivo ni el negativo del conjunto FV. La entrada negativa FV del MPPT no está aislada de la salida negativa. Por lo que al poner a tierra el FV se producirían corrientes de tierra.

Los marcos FV no obstante pueden conectarse a tierra, ya sea cerca del conjunto FV o (preferentemente) a la tierra central. Esto proporciona cierta protección frente a los rayos.

Ponga la conexión a tierra cerca de la batería. Se supone que tocar los polos de la batería es seguro. Por lo tanto, la toma de tierra de la batería debería ser la conexión a tierra más fiable y visible.

El cableado de tierra CC debería tener el grosor suficiente para transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CC.

El chasis del inversor o Multi/Quattro debe conectarse a tierra. No hay aislamiento básico entre CA y el chasis. El chasis del cargador solar MPPT debe ponerse a tierra. Hay un aislamiento básico entre CA y chasis.



Tenga en cuenta que no se muestra la toma de tierra de la distribución CA con fusibles o MCB, ni la del conjunto y el marco FV.

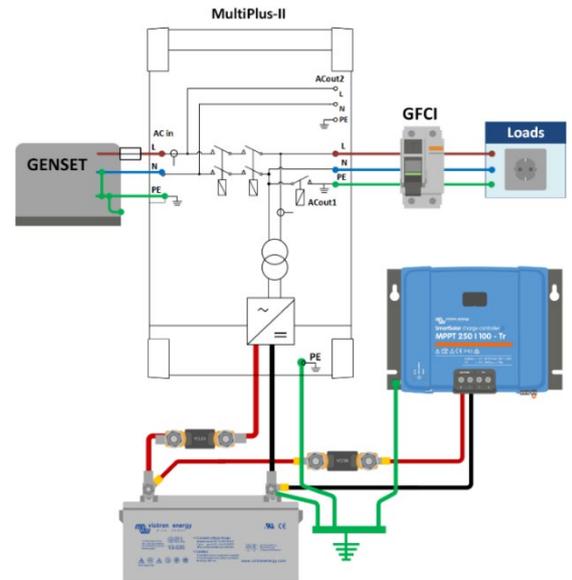
Generador sin conexión a la red

Use una sola toma de tierra, cerca de la batería. Se supone que tocar los polos de la batería es seguro. Por lo tanto, la toma de tierra de la batería debería ser la conexión a tierra más fiable y visible.

El cableado de tierra CC debería tener el grosor suficiente para transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CC.

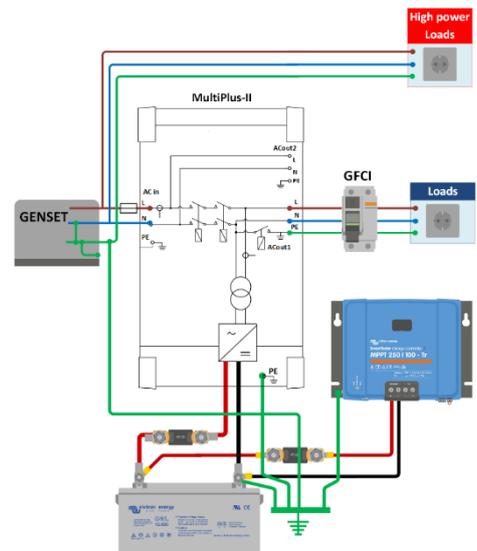
Del mismo modo, el cableado de tierra CA debería poder transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CA.

El ID solo funcionará si el chasis del Multi/Quattro tiene toma de tierra.



Generador de alta potencia sin conexión a la red

Conecte a tierra el generador directamente en la toma de tierra central.

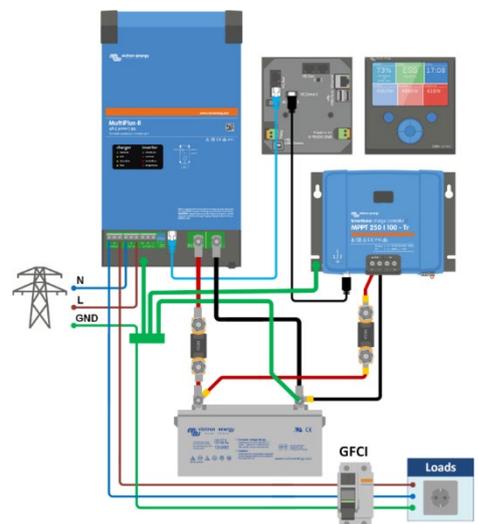


Sistema de almacenamiento de energía (ESS) conectado a la red

El cableado de tierra CC debería poder transportar una corriente de fallo al menos igual a la corriente nominal del fusible CC.

Conecte el chasis del inversor/cargador a la barra de conexiones de la toma de tierra.

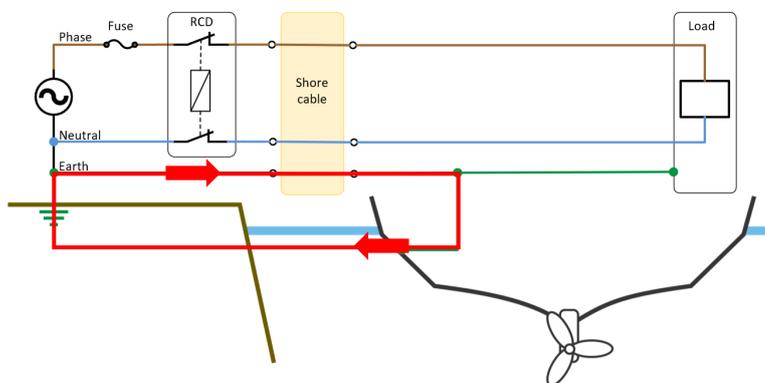
La toma de tierra de CA de salida puede sacarse desde la barra de conexiones central o desde el terminal de salida de CA.



8. Corrosión galvánica

La corrosión galvánica se debe a una corriente eléctrica que entra en un barco a través del conductor de tierra de la alimentación del puerto y vuelve al puerto por el agua. Estas corrientes pueden causar corrosión en los metales del barco que están debajo del agua, como el casco, la hélice, el eje, etc. Esta corriente se llama corriente galvánica.

La corriente galvánica es una corriente CC. La causa la diferencia natural de tensión entre metales. Una corriente galvánica solo puede existir si hay un circuito eléctrico cerrado. Un conductor de otro circuito eléctrico puede formar parte del circuito de corrosión galvánica. Si un barco con un casco de metal está cerca de la orilla, hay una diferencia natural de tensión de 0,1-1 Vdc entre el casco y el agua.



Esta diferencia de potencial no tiene ninguna consecuencia siempre que no se cierre el circuito eléctrico.

En cuanto la alimentación del puerto se conecta al barco, la tierra del puerto se conecta automáticamente al casco del barco y el circuito eléctrico se cierra. Se establece el siguiente circuito: casco - agua - puerto - pica de tierra - cable de tierra - casco. Una corriente galvánica pasará por este circuito. La corriente galvánica pasa en parte por el circuito de CA pero no está relacionada con ese circuito. Seguirá pasando corriente hasta que la diferencia de potencial desaparezca. La intensidad de la corriente depende de la resistencia del circuito eléctrico. La resistencia viene determinada por factores como la longitud del cable de alimentación del puerto y la resistencia de la tierra local.

Hablando en términos químicos, el metal "más débil" del circuito galvánico será el primero en separar sus moléculas para permitir el paso de la corriente. Si el casco del barco es parte del circuito galvánico y el casco contiene el metal más débil, el casco empezará a corroerse con el tiempo. Se puede llegar a una situación muy desfavorable, que puede resultar muy cara y poco segura si no se revisa. Se conocen casos de barcos que se han hundido por la corrosión galvánica. Los cascos de aluminio son especialmente vulnerables a este tipo de corrosión.

También puede haber corrosión galvánica entre las distintas piezas metálicas que están unidas a un barco, como la hélice, el motor y el casco, entre otros. Todas estas piezas están conectadas a tierra y por lo tanto habrá pequeñas corrientes adicionales entre ellas. Por esta razón se montan los ánodos de sacrificio. Un ánodo de sacrificio es una pieza de un metal más débil que los metales que la rodean. De modo que se sacrifica para proteger al resto de los metales. Solo evitan la corrosión retrasándola. El tipo de ánodo de sacrificio que se debe usar depende del tipo de metal que proteja y del tipo de agua en la que se encuentre el barco. Se recomienda revisar estos ánodos regularmente.

8.1 Prevención de la corrosión galvánica

La respuesta es bastante sencilla. Para evitar la corrosión el circuito eléctrico debe romperse. Aunque esto es casi imposible de conseguir con los pequeños circuitos que se establecen entre las diferentes piezas metálicas adheridas al barco, sí se puede hacer con la conexión a la alimentación del puerto.

La forma más sencilla de romper el circuito es no conectar la tierra del puerto al casco. Sin embargo, esto no es ni seguro ni recomendable, porque hace que el casco no esté suficientemente protegido y por lo tanto ya no se puede garantizar que el ID vaya a funcionar bien, produciéndose situaciones inseguras a bordo.

Hay formas seguras de evitar la corrosión galvánica sin poner en juego la seguridad. Esto puede lograrse usando un aislamiento galvánico o usando un transformador de aislamiento.

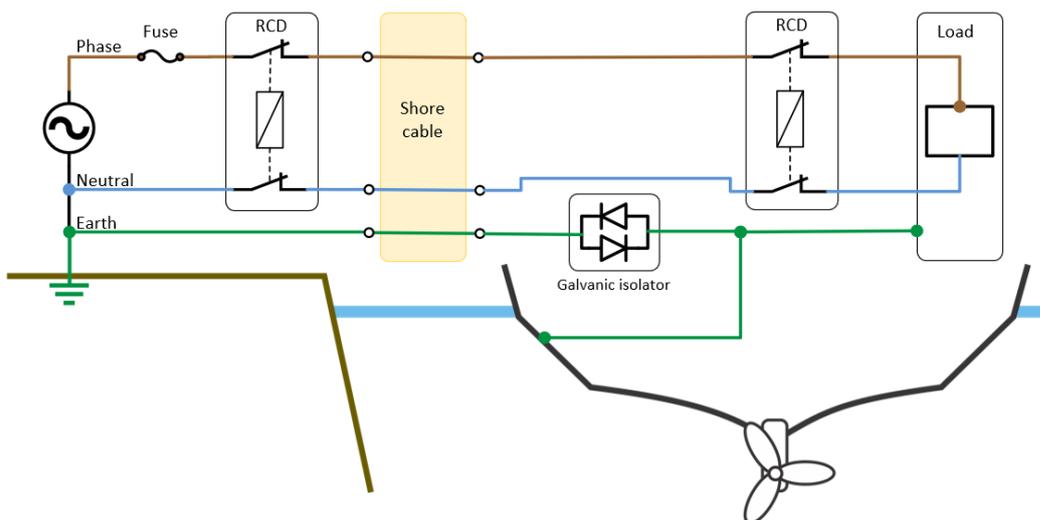
8.2 El aislamiento galvánico

El aislamiento galvánico evita la corrosión galvánica. Bloquea las corrientes CC de baja tensión que entran en el barco a través del conductor de tierra del puerto. Estas corrientes pueden causar corrosión en los metales del barco que están debajo del agua, como el casco, la hélice, el eje, etc.

El aislamiento galvánico está formado por dos diodos conectados en antiparalelo. El aislamiento galvánico se conecta entre la conexión de tierra del puerto y el punto central de tierra del barco.

Los diodos de esta configuración conducen electricidad en las dos direcciones solo cuando se alcanza una determinada tensión umbral. La tensión umbral es de aproximadamente 1,4 Vdc. La tensión umbral es mayor que la diferencia de potencial galvánico entre distintos metales. De este modo, la corriente galvánica no puede pasar. Por otro lado, se permitirá el paso de una tensión de fallo de tierra mayor en el circuito de CA, permitiendo el correcto funcionamiento del ID conectado.

La ventaja del aislamiento galvánico es su pequeño peso y tamaño, la desventaja es que esta unidad necesita un buen conductor de tierra. Otra consideración es que la corrosión galvánica también puede aparecer a través del conductor neutro. Esto en los casos en los que el conductor neutro se ha conectado a tierra a través de uno de los aparatos eléctricos de a bordo, como un filtro de supresión.

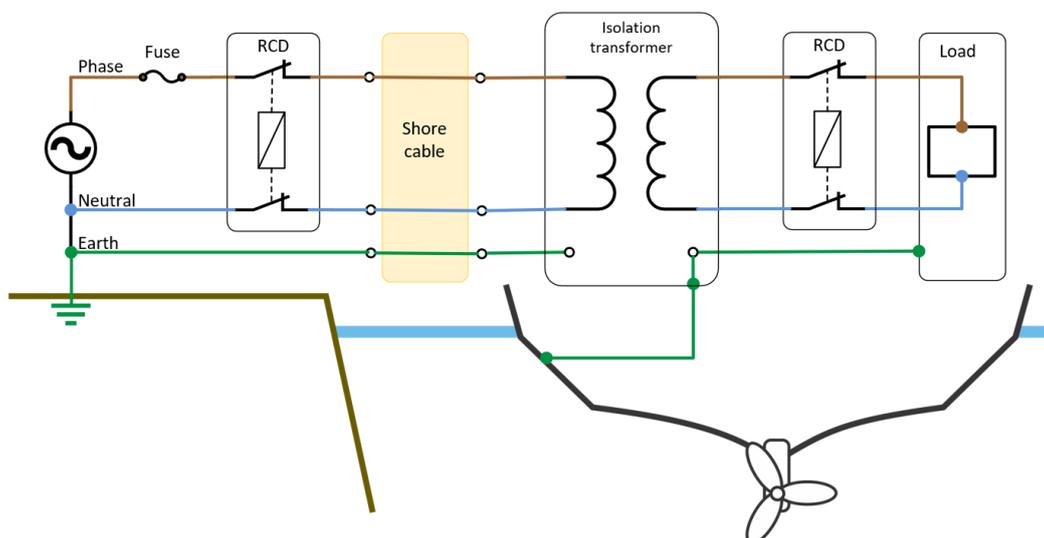


8.3 El transformador de aislamiento

Una solución mejor para detener la corrosión galvánica es usar un transformador de aislamiento. En un transformador de aislamiento la electricidad que entra se convierte en electromagnetismo y luego se vuelve a transformar en electricidad.

La entrada y la salida están totalmente aisladas y romperán el circuito eléctrico entre punto estrella - conductor de tierra - casco - agua - punto estrella, bloqueando así de forma eficaz la corriente galvánica. Otra característica del transformador de aislamiento es que en términos eléctricos es una fuente de electricidad, alimentada por otra fuente de electricidad. En el lado de salida del transformador una de las fases salientes está conectada al casco, creando así una fase, neutro y tierra, lo que garantiza el correcto funcionamiento del ID.

Un transformador de aislamiento aportará la misma seguridad que en una instalación doméstica. La instalación está también completamente aislada de los problemas eléctricos de los barcos de los alrededores. Una ventaja adicional es que un transformador de aislamiento puede a menudo incrementar o reducir la tensión entrante del puerto. Esto puede ser útil cuando un barco de 230 Vac tiene que conectarse a un suministro de 120 Vac o al revés.



9. Reconocimientos

Autor:

Margreet Leeftink

Agradecimientos:

Reinout Vader por aportar contenido sobre conexiones a tierra y aislamiento

La comunidad de Victron y en especial Mike Riley.

La red informática mundial (world wide web o www)

Referencias:

Información sobre la velocidad de los fusibles:

https://www.swe-check.com.au/pages/learn_fuse_markings.php

Bussmann:

http://www.cooperindustries.com/content/public/en/bussmann/transportation/products/circuit_protection/uses/marine_rated_batteryfuses.html

Riesgos de la electricidad:

https://www.hsa.ie/eng/Topics/Electricity/Dangers_of_Electricity/

Interferencias y apantallamiento de cables:

<https://www.multicable.com/resources/reference-data/signal-interference-and-cable-shielding/>

Ilustración de la ley de Ohm:

<https://www.clipart.email/download/4165420.html>

Rueda de fórmulas de la ley de Ohm:

<https://www.esdsite.nl/elektronica/formules/wetvanohm.html>

Imagen del disyuntor magnético térmico:

<https://electrical-engineering-portal.com/how-circuit-breaker-trip-unit-works>

Imagen de barra de conexiones de cobre estañado:

<https://au.rs-online.com/web/p/din-rail-terminal-accessories/4895420/>

Fusibles de láminas:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrical_fuses,_blade_type.svg

Imagen del cable NMEA2000

<https://www.powerandmotoryacht.com/electronics/down-wire>