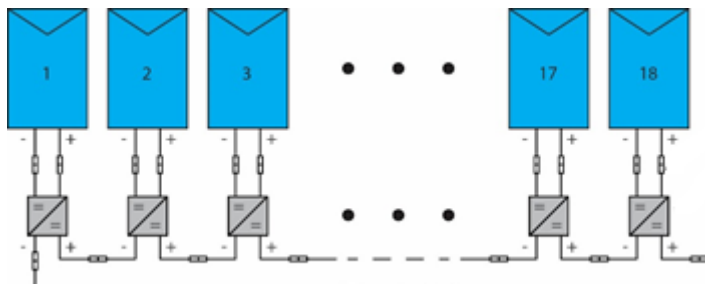


# Nota técnica: Requisitos de fusibles de string en los sistemas SolarEdge

## Introducción

El diseño y la instalación de strings presentan diferencias significativas entre un sistema SolarEdge y un inversor de string tradicional. Los módulos FV no se conectan directamente en serie. Cada módulo FV del string se conecta a la entrada de un optimizador de potencia SolarEdge, y los cables de salida del optimizador de potencia se conectan unos a otros en serie.



En consecuencia, el comportamiento de un sistema SolarEdge en condiciones de fallo difiere del de un sistema inversor de string tradicional.

En este documento se comparan los mecanismos de protección frente a sobrecorrientes de ambos sistemas y se analizan las respuestas de los sistemas a distintas situaciones de fallo. De este análisis se deduce que, en las instalaciones más comunes<sup>1</sup>, los fusibles de string se deberán usar solamente en casos en los que se instalen cuatro o más strings.

Todo el equipamiento dentro del segmento inversor-optimizadores (conectores<sup>2</sup>, cables, desconectores, etc.) debe tener una intensidad nominal de 36A.

Cuando se conectan directamente los strings al inversor, los fusibles en un polo son suficientes para proteger ambas polaridades, según se indica en la normativa HD 60364-7-712 cl. 712.432.101.

## Requisitos de fusibles de string

Según las normativas IEC 62548 y US NEC -2017, artículo 690.9, existe una necesidad de protección frente a sobrecorrientes en los strings (fusibles de string), en caso de que la posible corriente inversa sea superior a la corriente nominal máxima del módulo FV. Según la normativa EN 60269-6, un fusible de string tiene que desconectar una corriente de 1,35 (IEC)/1,56 (US NEC) veces superior a la nominal en una hora, lo cual implica que los cables y los módulos tienen que soportar corrientes hasta un 35 % (IEC)/56 % (US NEC) superiores durante una hora. En periodos de tiempo inferiores puede haber corrientes más altas, lo cual implica que los cables y los módulos puedan soportar corrientes mayores durante un máximo de una hora.

En un sistema SolarEdge, los módulos FV no se conectan directamente al inversor. Por tanto, al evaluar si se necesitan fusibles de string, el instalador tiene que plantearse si la corriente inversa puede afectar a todos los componentes del sistema, como son: módulos FV, optimizadores, caja de conexión, conectores, etc.

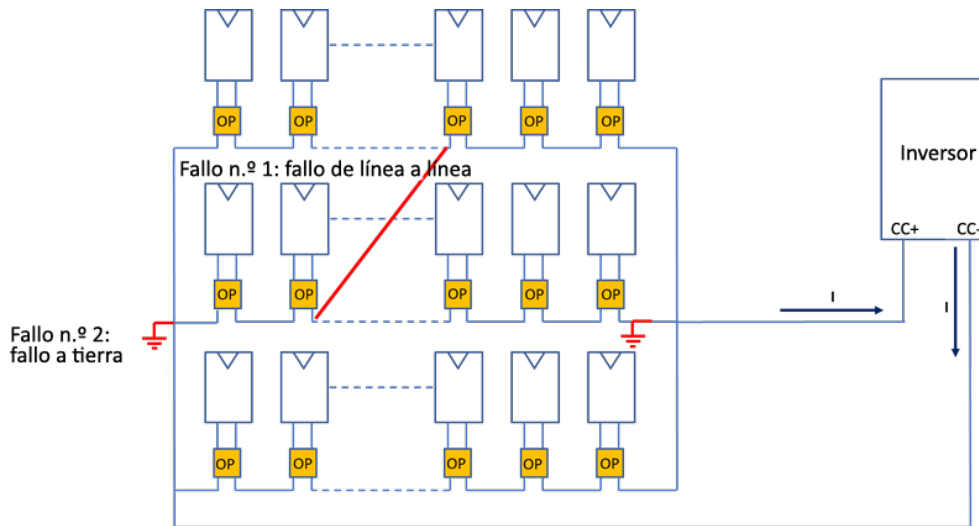
## Situaciones de fallo

Para que se genere corriente inversa en un sistema FV, se tiene que cortocircuitar un string o una parte de un string. Esto se puede producir en caso de dos fallos a de tierra consecutivos o mediante un fallo de línea a línea.

La figura siguiente representa un esquema de los dos fallos de aislamiento:

<sup>1</sup> Exclusión del uso del optimizador M1600

<sup>2</sup> [https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV\\_Sol-Main-11014092\\_\(en\)\\_hi.pdf#page=12-13](https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Main-11014092_(en)_hi.pdf#page=12-13)



## Cortocircuitos causados por fallos a tierra

### Sistemas con inversores string

En sistemas inversores de string, un fallo a tierra dará lugar a una indicación de fallo de aislamiento en el inversor; un inversor sin transformador se desconectará también de la red, sin que por ello se solucione el fallo. En el caso de un segundo fallo de aislamiento en otra parte del sistema de CC (ya sea en el mismo string o en otro diferente), se cortocircuita el string o parte de este. Entonces, a través de los módulos FV puede circular una corriente inversa crítica superior a la nominal del fusible del módulo FV. Se necesita un sistema de protección frente a sobrecorrientes del string, con una corriente nominal inferior a la nominal máxima del módulo FV, para interrumpir esta corriente. En el caso de una corriente inversa inferior a la nominal del módulo, esta corriente no se interrumpirá, y puede haber riesgo de incendio en la ubicación del fallo a tierra. Desde el punto de vista de la norma, este riesgo se considera bajo y, por tanto, no se necesita protección.

### Sistemas SolarEdge

En sistemas SolarEdge, un fallo a tierra dará lugar a una reacción por fallo de aislamiento, lo que hará que el sistema se apague. No solo se desconecta el inversor, sino que los optimizadores se apagan y entran en modo de seguridad, lo cual reduce la corriente del string a un nivel seguro cerca de 0A. En caso de que se produzca un segundo fallo, puede haber situaciones en que circule corriente de forma momentánea. Cuando hay tres strings instalados en paralelo o menos, el sistema SolarEdge mantiene la corriente generada, y los optimizadores reducen al mínimo las posibilidades de que circule corriente inversa a los módulos. Por tanto, no se necesita una mayor protección de los strings.

## Cortocircuitos causados por fallos de línea a línea

Dado que se utilizan cables unipolares con aislamiento doble, el riesgo de fallos de línea a línea es bajo. Por tanto, con el fin de proteger los módulos FV de los efectos de los cortocircuitos, la norma no exige más sistemas de protección frente a sobrecorrientes (como pueden ser fusibles de string). No obstante, habrá que tener presentes dichos fallos.

### Sistemas con inversores string

En los sistemas con inversores string, un fallo de línea a línea puede generar una corriente inversa crítica. Para proteger los módulos FV, se necesita protección frente a sobrecorrientes de string en caso de que la corriente nominal del módulo FV sea insuficiente. No obstante, incluso con fusibles de string, cuando la corriente sea inferior a la nominal del módulo hay corriente en la ubicación del fallo, lo cual puede dar lugar a un incendio.

## Sistemas SolarEdge

Los optimizadores de potencia SolarEdge tienen una limitación de corriente interna. Dadas las características topológicas del optimizador y la regulación de los conmutadores, no puede circular corriente inversa a un módulo FV. Los optimizadores limitan la corriente en la entrada del módulo FV hasta 14A (según modelo), y a la vez también limitan la corriente en el circuito de salida de CC del optimizador hasta 18A<sup>3</sup>. Los optimizadores de potencia SolarEdge están certificados que suministran una corriente de retorno cero al módulo FV, así como una corriente de retorno cero al resto del string, lo cual significa que la corriente del string puede circular solo en una dirección. Por tanto, no hay riesgo de corrientes inversas en los módulos.

En la mayoría de los casos, un fallo de línea a línea afecta a la regulación de tensión fija y da lugar de inmediato a un apagado del sistema, lo cual incluye el apagado de los optimizadores; a su vez, esto reduce la corriente del string a un nivel seguro cerca de 0A. No obstante, si los cables no tienen el tamaño adecuado para disponer de capacidades de transporte de la corriente adecuadas para la corriente máxima, podrían necesitarse sistemas de protección frente a sobrecorrientes para proteger los cables hasta que tenga lugar el apagado.

Al instalar tres strings en paralelo o menos, no se necesita ninguna protección frente a sobrecorrientes, en caso de que los cables puedan soportar la posible corriente inversa durante 15 segundos. En comparación con los sistemas inversores de string tradicionales, después de este momento no hay corriente, y, por tanto, no hay riesgo de incendio en la ubicación del propio fallo.

## Protección frente a sobrecargas

### Sistemas con inversores string

En los sistemas con inversores string, las corrientes de string pueden ser superiores a los valores de STC de la ficha técnica del módulo. Por este motivo se emplea un margen de seguridad (por ejemplo, del 10 %) con el fin de contemplar irradiaciones mayores y otras condiciones ambientales que puedan aumentar la corriente.

### Sistemas SolarEdge

En un sistema SolarEdge, la corriente de los strings se limita a la corriente de salida máxima del optimizador, incluso cuando la corriente del módulo aumenta a causa de las condiciones ambientales. Además, los optimizadores limitan la corriente en la entrada del módulo FV. Por este motivo no se necesita ningún margen de seguridad a la hora de calcular la corriente máxima de los strings.

---

<sup>3</sup> Exclusión del uso del optimizador M1600