

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



Fronius international GmbH
Camilo Rincon Ortiz.

PREVENCIÓN DE FALLAS POR ARCO Y AISLAMIENTO EN SISTEMAS FV

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

La Empresa

Fronius



LOS INICIOS DE FRONIUS



PETTENBACH
1945



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



DE PETTENBACH PARA EL MUNDO





ESTABILIDAD A TRAVES DE GENERACIONES



**EN MANOS
FAMILIARES**



**HASTA
HOY**



TRES UNIDADES DE NEGOCIOS



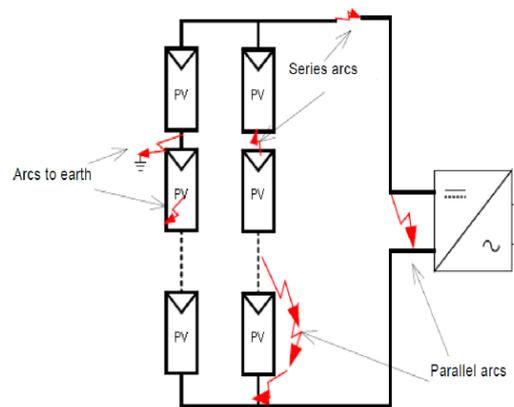
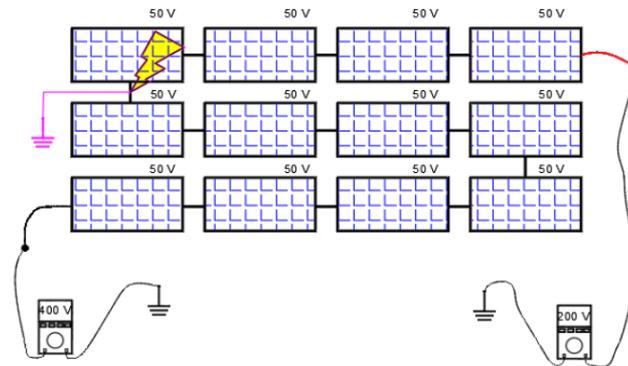
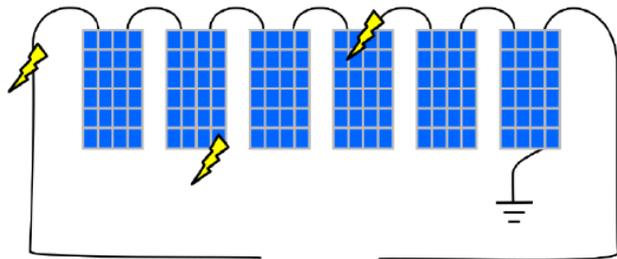
Prevención de fallas por arco y aislamiento en sistemas FV

AGENDA

1. Fallas por arco en sistemas fotovoltaicos.
2. Causas que originan fallas por arco.
3. Detección / prevención de fallas por arco.
4. Fallas por aislamiento
5. Detección de fallas
6. Seguridad en inversores Fronius.

TIPOS DE FALLAS

- Fallas de aislamiento
- Fallas por arco



Fallas por Arco

ARCO ELECTRICO



/ Fenómeno común (descargas atmosféricas

/ Fenómeno destructivo y susceptible a daños fatales en humanos

/ puede ser causante de incendios entre otros. - relación de temperatura de 5.000 a 50.0000 K

/ En ciertas circunstancias es controlable

ARCO ELECTRICO



/ Aire en condiciones normales no conduce electricidad

/ Rigidez dieléctrica del aire: $3\text{V}/\mu\text{m}$
(función de la humedad, presión, etc.).

/ descargas eléctricas atmosféricas no se puede predecir ni controlar

ARCO ELÉCTRICO ≠ CORTO CIRCUITO

Fallas por sobrecorriente

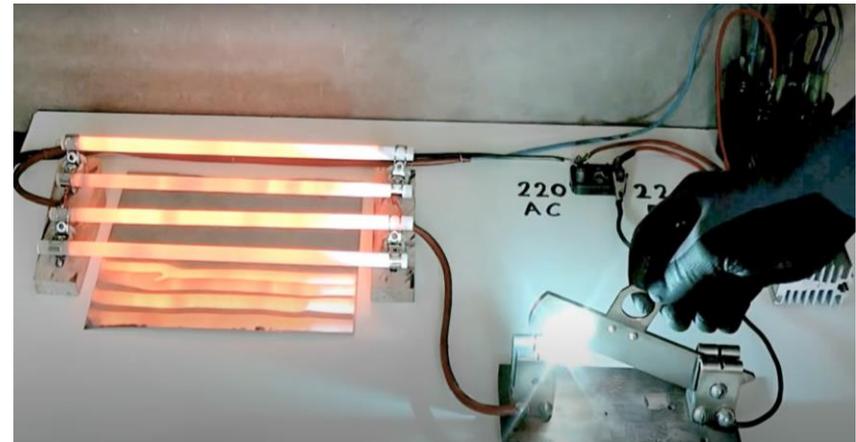
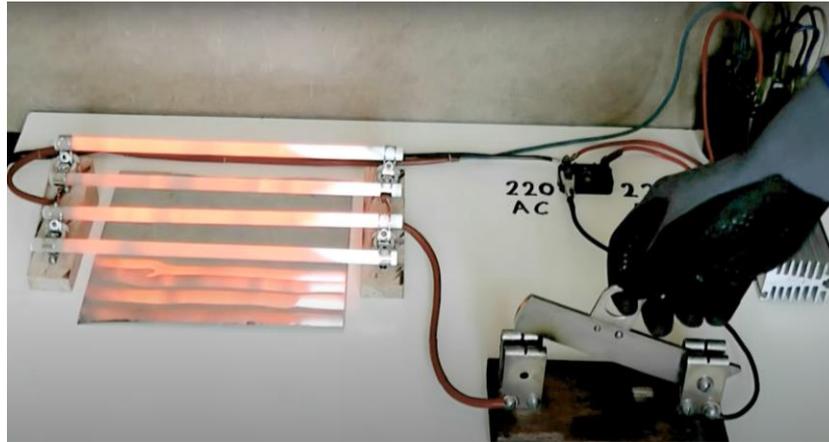
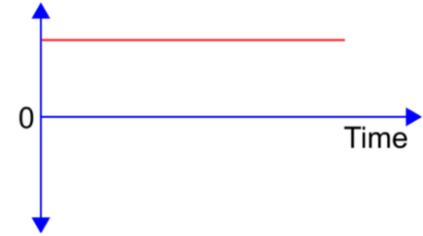
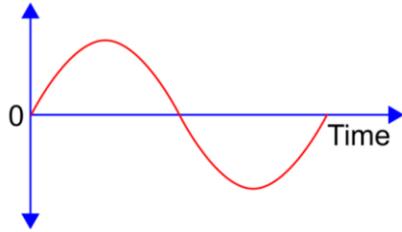
1. Requieren de un medio conductor para transmitirse.
2. En algunos casos son predecibles
3. Se pueden contrarrestar con interruptores electromagnéticos o fusibles

Fallas por arco eléctrico

1. No requieren de medios conductivos para transmitirse (se transmiten a través del aire).
2. Son de naturaleza aleatoria
3. Requieren de equipo especial para poder detectarse y librarse

Fallas por arco en sistemas fotovoltaicos (SFV)

ARCO ELÉCTRICO: CA VS CD



YouTube – “AC vs DC load breaking comparison with a knife switch”

LADO DE DC DEL SFV ES DE CONSIDERACION!

Voltajes de 30 Vdc y Corrientes de 1 Adc son suficientes para derretir el aislamiento de conductores. (EPRI, 2013).

Lo único que necesita un arco eléctrico en CD en un SFV para permanecer estable es radiación continua.

Durante un incendio, el SFV sigue energizado, por lo que el riesgo se exagera: quemaduras y electrocución.

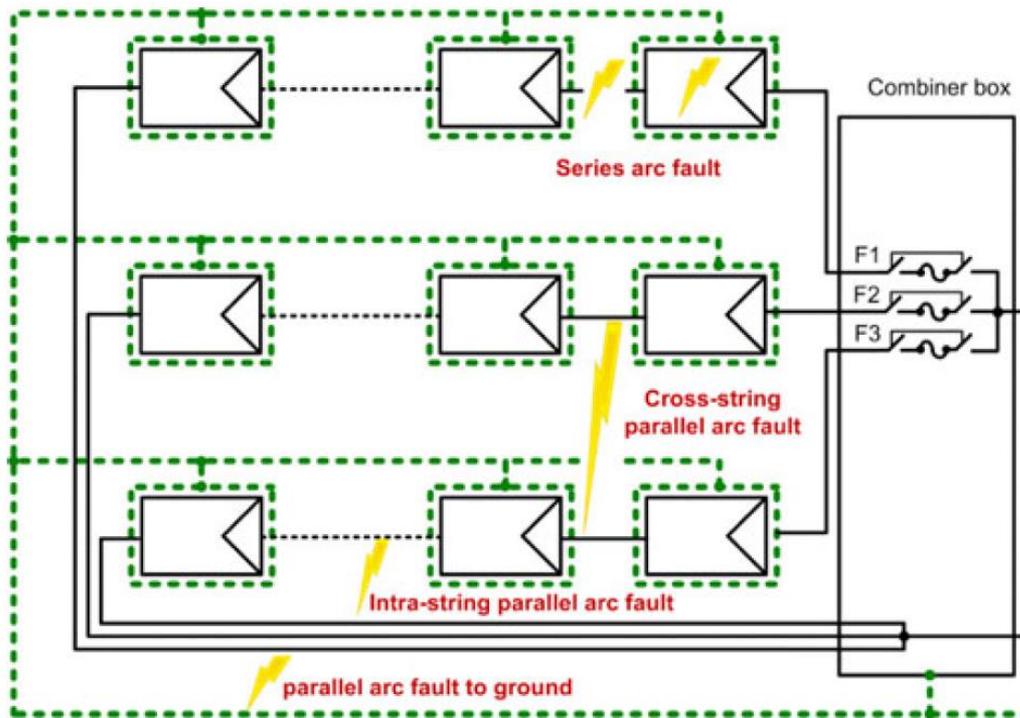


(Cancelliere et al., 2013)



(EPRI, 2013)

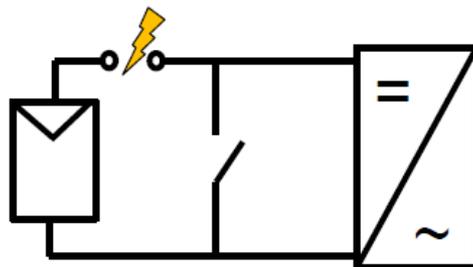
TIPOS DE FALLAS POR ARCO



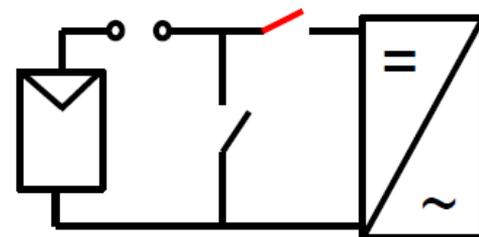
1. Fallas por arco en serie
/ Dentro del modulo
/ Entre un modulo y otro
2. Fallas por arco en paralelo
/ Entre la misma cadena
/ Entre una cadena y otra
3. Fallas por arco a tierra

¿COMO ACTÚA UN INVERSOR EN UNA FALLA POR ARCO?

Falla en serie
Abrir el circuito fallado



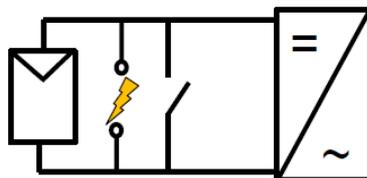
Series Arc-Fault



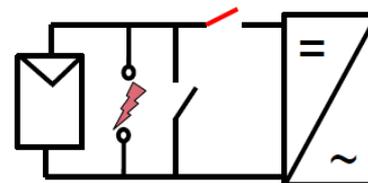
Series Arc-Fault Extinguished

AFCI Recheck

Falla en paralelo
¡Cortocircuitar el circuito fallado!

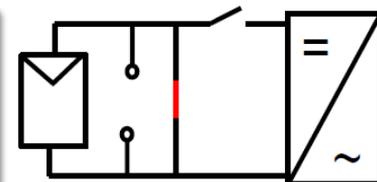


Parallel Arc-Fault



Parallel Arc-Fault Intensifies

AFCI Recheck

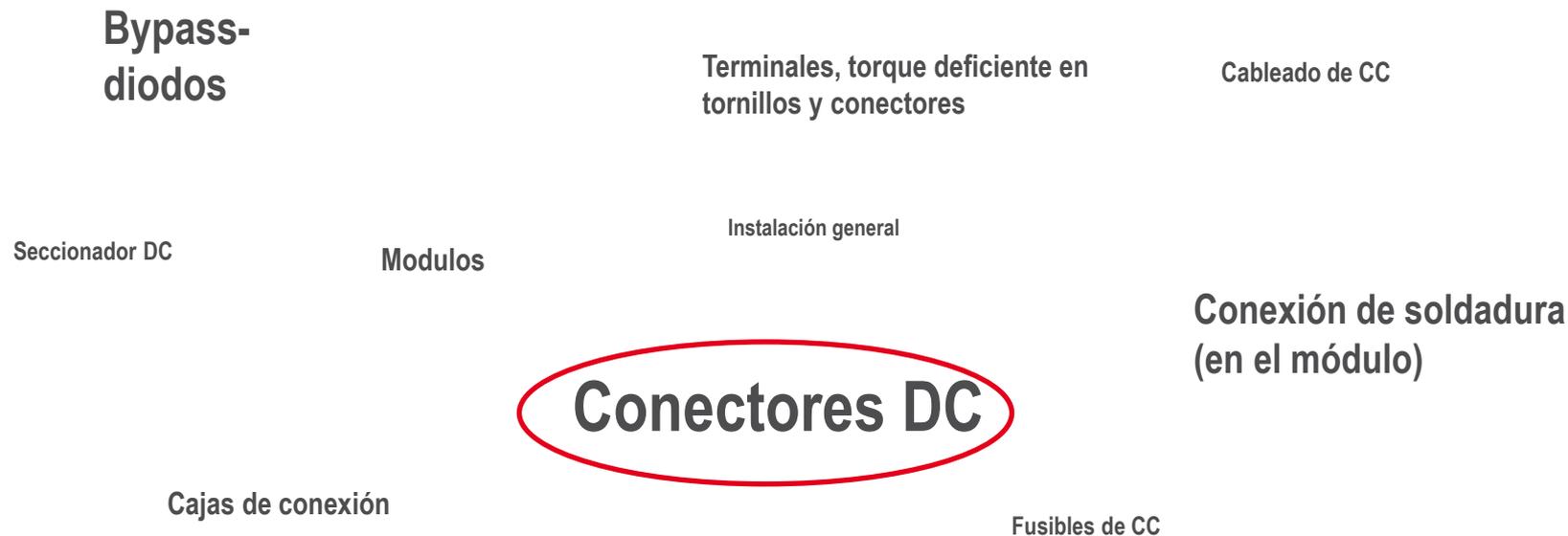


Parallel Arc-Fault Extinguished

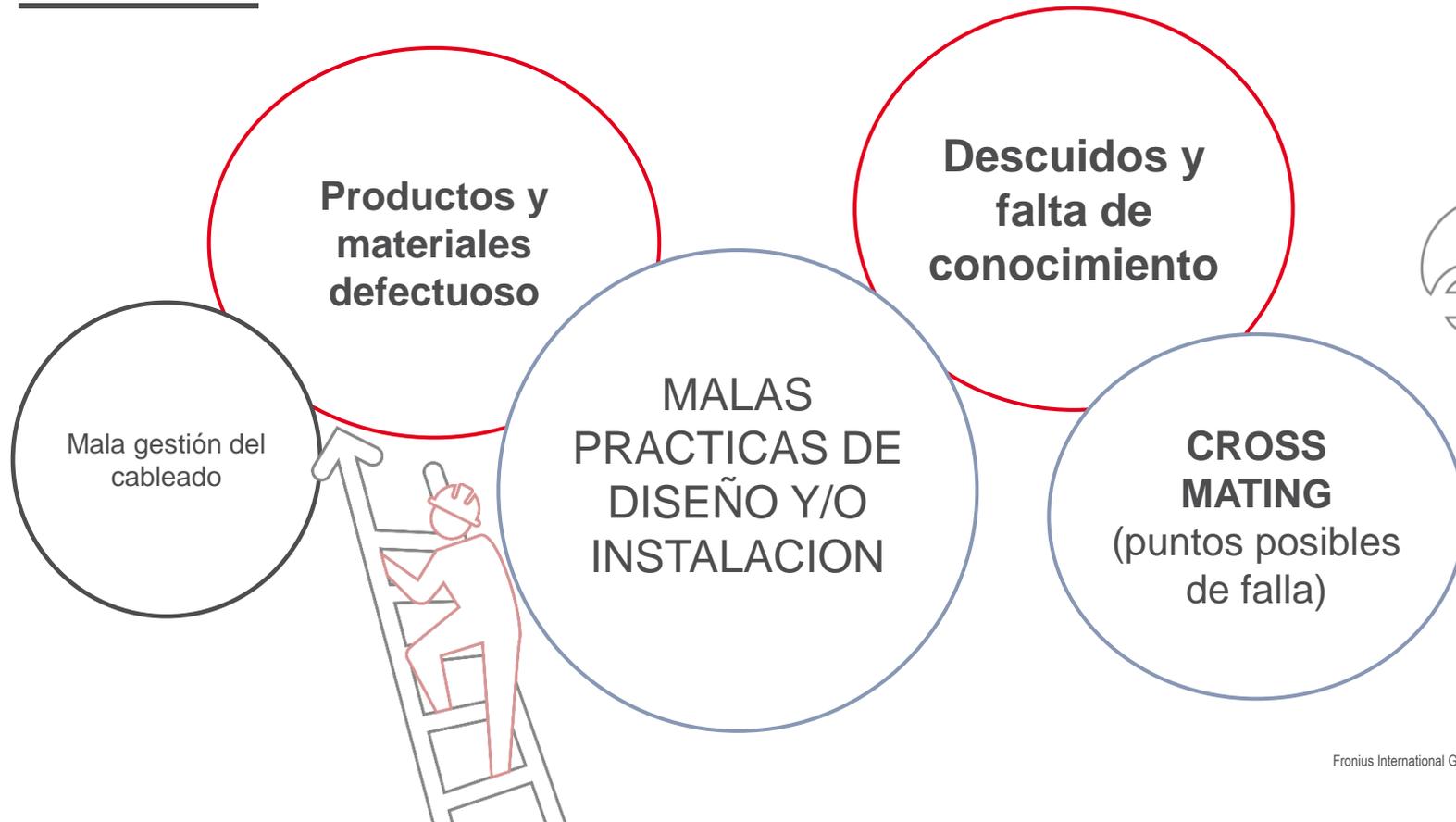
(Johnson & Bower, 2011)

Causas que originan fallas por arco en SFV

¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES CAUSA DE LOS **ARCOS ELÉCTRICOS**?



ADEMAS

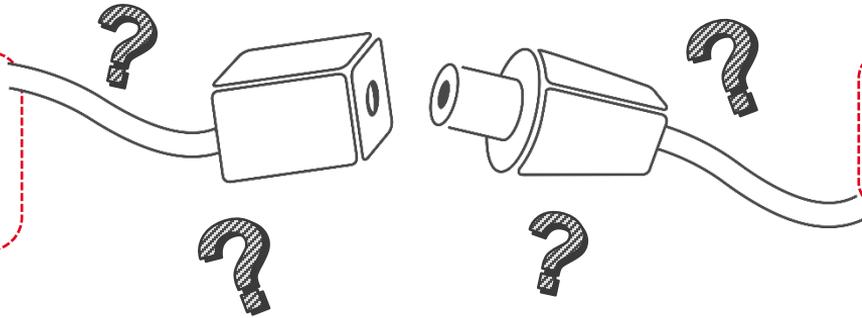


CROSS MATING

DEFECTOS MAS COMUNES EN CONECTORES

Conectores de diferentes fabricantes

Corrosión debido a condiciones ambientales



Conector mal ajustado

CROSS MATING

USAR DIFERENTES CONECTORES



“Male and female connectors mated together shall be of the same type from the same manufacturer...”



**Diferente
envejecimiento
y expansión
térmica.**

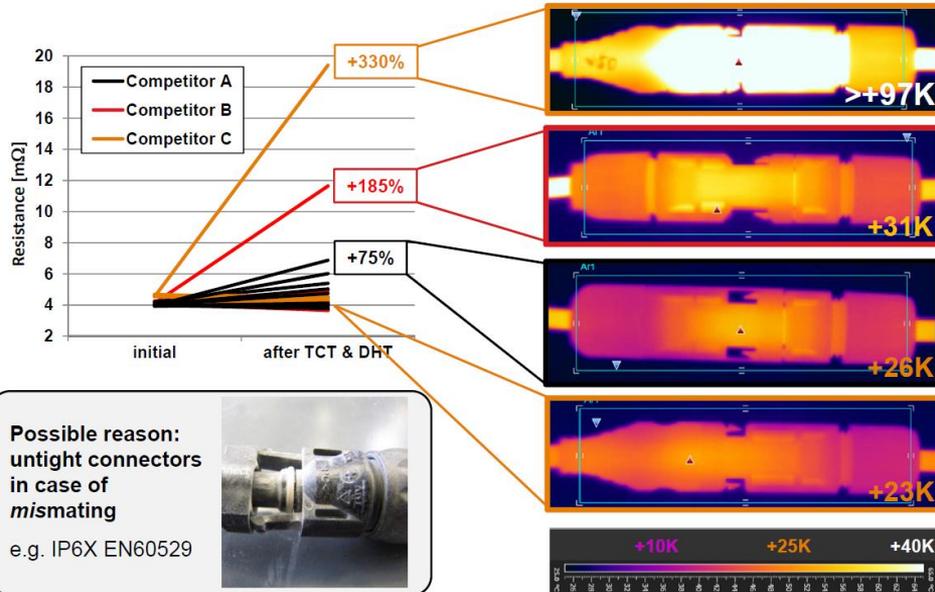
**Posible
resultado:
micro-arco
eléctrico**

**Los daños
pueden no
estar
cubiertos por
el seguro y las
garantías del
producto.**

CROSS MATING

USAR DIFERENTES CONECTORES

Mismatching: Lab Results

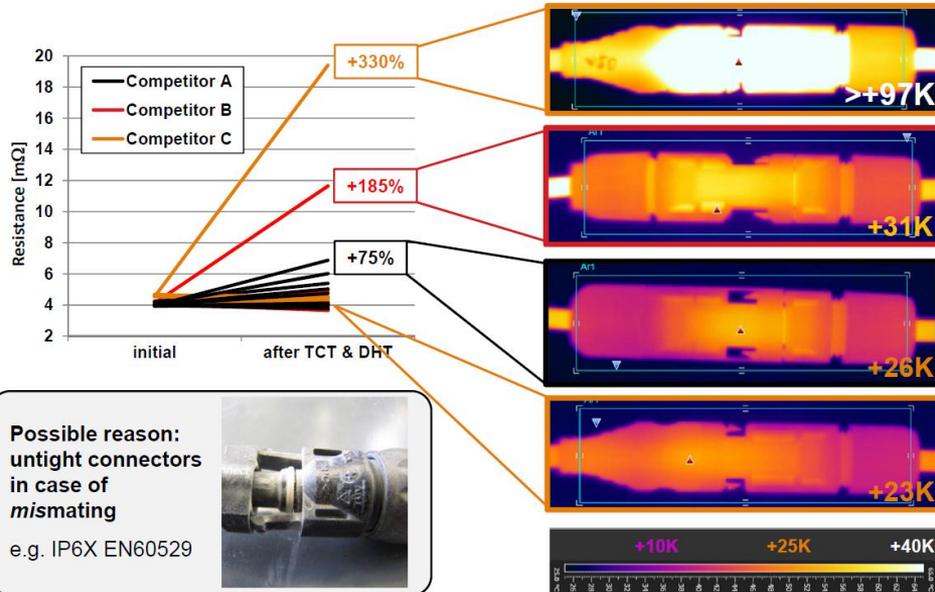


¡Aumento de temperatura de hasta 97 ° C a través de la uso de diferentes conectores !!!

CROSS MATING

USAR DIFERENTES CONECTORES

Mismatching: Lab Results



Possible reason:
untight connectors
in case of
mismatching

e.g. IP6X EN60529



MALAS PRÁCTICAS EN DISEÑO

- Conductores dimensionados de forma errónea (insuficiente ampacidad → sobrecalentamiento → fundición de aislante)
- Protecciones dimensionadas de forma errónea → sobrecalentamiento de conductores
- Tamaño de tubería justo o reducido para albergar conductores (espacio insuficiente → daño al aislante al canalizar los conductores)
- Seleccionar aislante inadecuado (p.ej., THHW para el subsistema de CD en exteriores)

MALAS PRÁCTICAS DE INSTALACIÓN

- / Daño en aislamiento de conductores al momento de canalizarlos por tuberías
- / Ponchado incorrecto conectores
- / Dejar conductores flojos debajo de módulos FV
- / Dejar conductores desprotegidos en lugares donde el flujo peatonal sea continuo
- / Cables tocando la losa → Agua y humedad
- / Cables colgando debajo de los módulos → Daño mecánico causado por movimiento
- / Cable FV con dobleces muy forzados
- / Empleo de sujeta cables sin protección UV



MALAS PRÁCTICAS DE INSTALACIÓN

- ⊗ Terminales sin el torque adecuado (tornillos flojos, conductors mal conectados, etc.)
- ⊗ Dejar en contacto dos metales distintos → Par galvánico
- ⊗ Retirar hilos a los conductores para que entren en los bornes

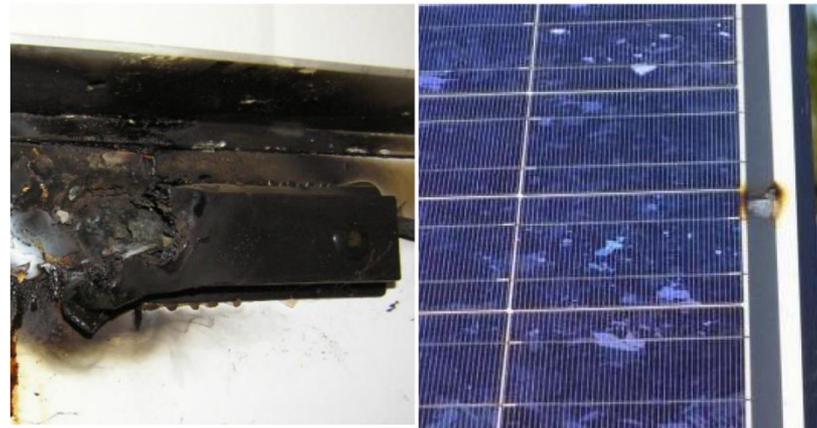


MALAS PRÁCTICAS EN OPERACIÓN

- Abrir portafusibles o desconectar cadenas bajo carga
- Degradaciones en puntos de soldadura en el módulo FV

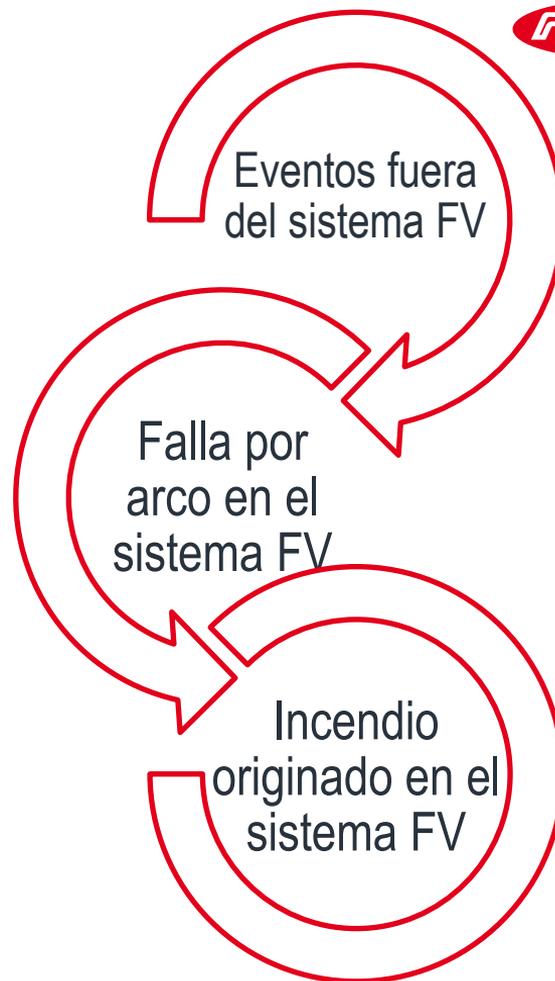


- Cableado expuesto a fauna



FACTORES EXTERNOS

- Incendios originados por causas externas al sistema también pueden llegar a producir arcos!!!
- Cambios de irradiación rápidos. Sombreados súbitos en partes del arreglo FV (por ejemplo, el paso de un avión a una altura relativamente baja) puede ocasionar falsos positivos, y activar el detector de falla por arco del Sistema.



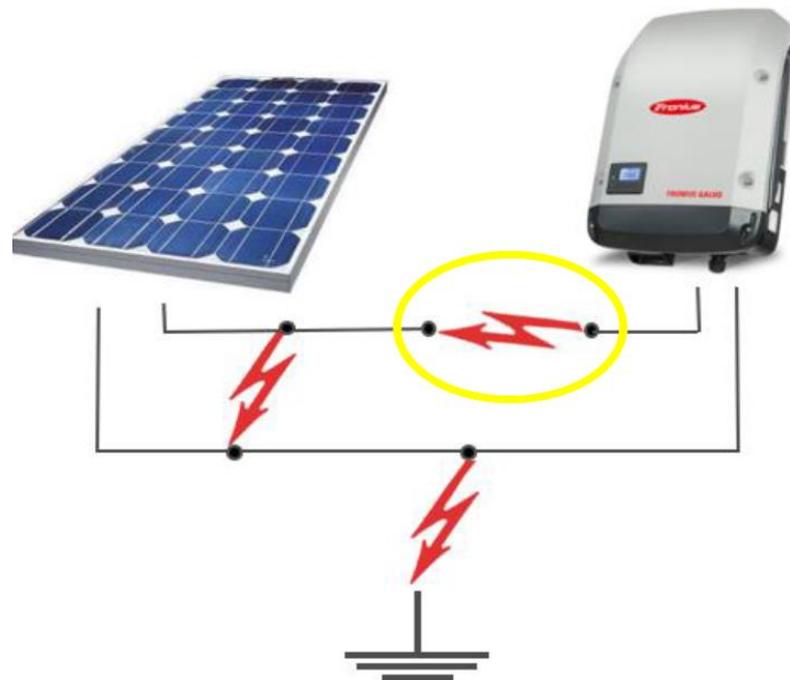
Encontrando fallas en la instalación



¿CÓMO DETECTAR UN ARCO ELÉCTRICO?

Un arco eléctrico en CD se manifiesta mediante un fenómeno conocido como **ruido eléctrico**.

Los dispositivos de interrupción de circuitos con falla por arco, o AFCI por sus siglas en inglés, tienen la función de detectar el ruido eléctrico producido por una falla e interrumpir el circuito tan pronto aparece dicha falla.



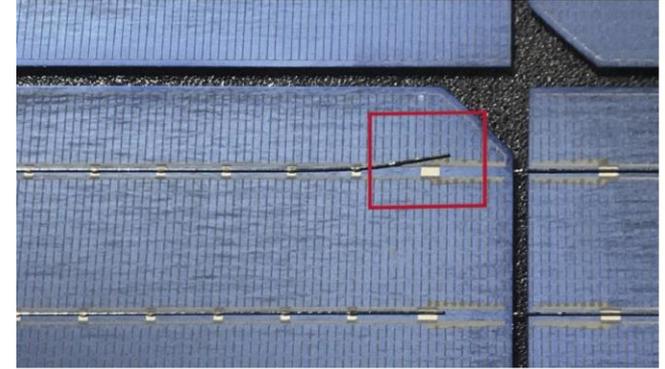
¿CÓMO DETECTAR UN ARCO ELÉCTRICO?

- Encontrar fallas eléctricas puede resultar frustrante por la naturaleza de la falla.
- Es poco probable que el inversor sea el causante de la falla. Existen mecanismos de redundancia integrados que aseguran el funcionamiento del sistema de monitoreo de fallas.
- Consejo: Antes de solicitar cambio de equipo o comprar tarjetas nuevas, prueba el equipo que marca la falla en otra instalación. Si este deja de marcar el código de estado, entonces sí existe la falla en el sitio.



INPECCIÓN VISUAL

- Defectos de fabricación en módulos pueden crear fallas en celdas, *busbars* (soldadura), o cajas de conexión.



INSPECCIÓN VISUAL

- Daños causados por cross-mating y/o uso de herramienta inadecuada



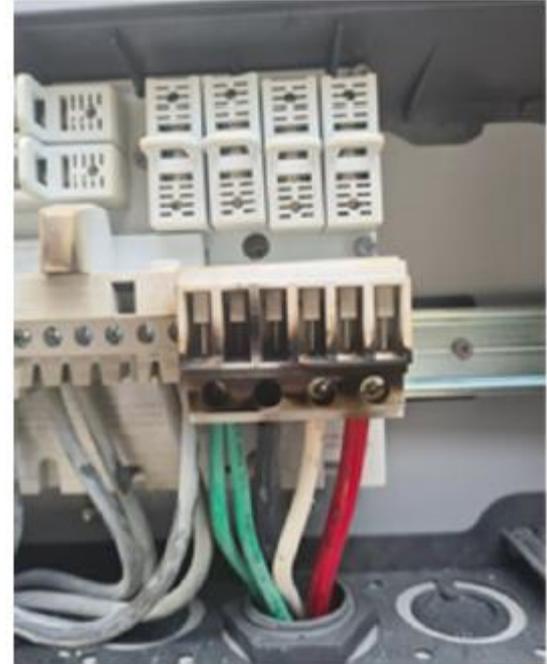
INSPECCIÓN VISUAL

- Tensión excesiva y estrés mecánico cerca de conexiones → Desgaste de terminales metálicas o de los hilos de los conductores



INSPECCIÓN VISUAL

- Un torque inadecuado es una causa frecuente de fallas por arco
- Jala moderadamente los conductores que lleguen a terminales para verificar que no estén flojos



UL 1699B - PHOTOVOLTAIC DC ARC-FAULT CIRCUIT PROTECTION

Estándar que contiene las definiciones, requerimientos, y métodos de prueba para soluciones de interrupción de circuitos con falla por arco.

Categoría	Descripción de la función
AFD	Detecta la falla
ID	Interrumpe la falla
AFCI	Detecta e interrumpe la falla

Tipo	Descripción del alcance
Tipo 1	Detecta o interrumpe las fallas por arco en serie
Tipo 2	Detecta o interrumpe las fallas por arco en serie y en paralelo

INTERRUPTORES DE CIRCUITOS CON FALLA POR ARCO 0

“DETECTORES DE ARCO”

- Externos al inversor. Diversas marcas en el mercado. Mayor costo por suplementos adicionales.



- Integrados en inversor. Lugar más eficiente y económico para colocarlos (EPRI, 2013).

DETECTORES DE ARCO INTEGRADOS EN NUESTRO INVERSORES

Ventajas:

- Provee protección contra ambientes externos
- Sujeto a pruebas de calidad por parte del fabricante
- Más susceptible de ser mejorado debido a la actividad en I & D de los fabricantes de inversores
- Algunos fabricantes no incluyen el costo del detector de arco en el precio del inversor porque es un requerimiento impuesto por normativa

¡CUIDADO!

- No todos los inversores en el mercado cuentan con detectores de arco. Antes de comprar un inversor, asegúrate con el fabricante de que sus productos cuenten con dicho dispositivo.

DETECTOR DE ARCO EN INVERSORES FRONIUS

- El dispositivo está integrado en electrónica del Inversor
- 240. Ninguna acción necesaria. La corrección es automática después de 4 segundos.
- 241, 242. Acción necesaria! Revisar el sistema fotovoltaico:
 - Apagar el equipo y encontrar el origen de la falla, mediante indicios como:
 - Conductores o terminales con corrosión (oxidados)
 - Conductores flojos (torque incorrecto)
 - Conductores con hilos cortados
 - Conductores con aislamiento dañado
 - Si te es posible, revisa puntos con estrés térmico

241



242



240

Como prevenir fallas por arco

DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPO

De ser posible, reduce el número de cadenas en paralelo al mínimo

Colocar el inversor lo más cercano al arreglo FV para facilitar la detección del arco

Asegúrate de comprar cable FV con buena calidad, ya que la vida útil del conductor decrecerá con calidades bajas

De ser posible, evita el uso de optimizadores porque su electrónica interna produce señales que pueden interferir con la señal auténtica de un arco eléctrico (*Fronius Dynamic Peak Manager* suple la función del optimizador).

Si te es posible, usa inversores de cadena en lugar de inversores centrales (los primeros tienen mayor control sobre la detección de fallas).

DURANTE LA INSTALACIÓN

- / Evita dejar abiertas las tuberías para evitar el ingreso de fauna que pueda roer el aislante de los conductores
- / Reduce el número de conexiones en CD al mínimo.
- / No canalizar conductores de CA con CD en la misma tubería
- / Usa selladores/terminales para proteger conectores mientras se encuentran desconectados
- / Si el conductor que vas a emplear para el subsistema de C.D. es de tipo flexible, usa terminales o “zapatas”, para asegurar una buena conexión en los bornes del inversor.



DURANTE LA INSTALACIÓN

No separar conductores de CD con polaridad positiva en una tubería y con polaridad negativa en otra (desbalance en cableado)

Para evitar fallas por arco en paralelo, asegúrate de que el aislante del conductor no se haya dañado durante el “tendido” de la tubería.

Si vas a usar detectores de arco externos al inversor, colócalos en gabinetes metálicos para evitar señales o fuentes de interferencia externas.

Torque correcto en cada punto de la instalación.



DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN

NO DESACTIVES LA FUNCIÓN DE DETECCIÓN DE ARCO DEL INVERSOR

- / Verifica el torque de las terminales
- / Verifica que no haya corrosión en conductores y terminales
- / Asegura los cables que se encuentran debajo o entre los módulos

Realiza programas de mantenimiento periódico

- / Si te es posible, usa cámaras termográficas para detectar puntos calientes en el sistema que puedan indicar potenciales puntos de falla

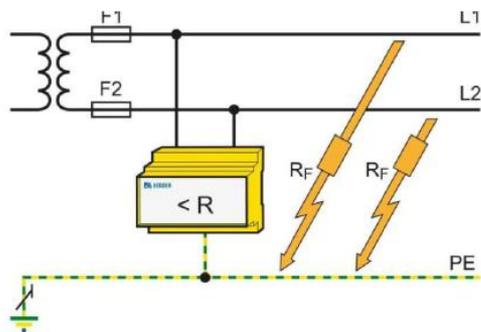
En Inversores Fronius, si te aparece el código **245** o el **247**:

- / Reinicia el equipo. Si persiste el código,
- / Actualiza el software.
- / Si persiste contactar con soporte técnico.



Fallas por aislamiento

MONITOREO RESISTENCIA DE AISLAMIENTO



Antes del arranque del inversor (todas las mañanas), el inversor realiza una prueba de aislamiento en CD. En la prueba se verifica si la resistencia de aislamiento es $>1\text{M}\Omega$

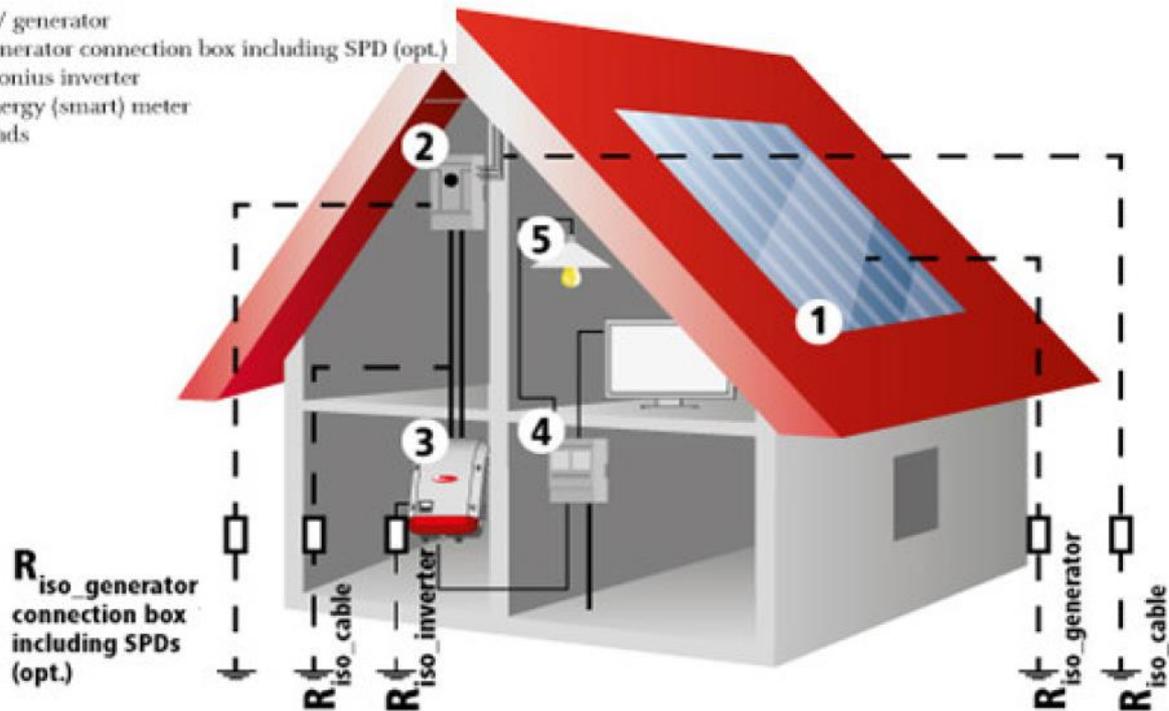
Si el valor de resistencia de aislamiento es menor a:

$$R_{iso} = \frac{V_{Max PV}}{30_{mA}} [\Omega]$$

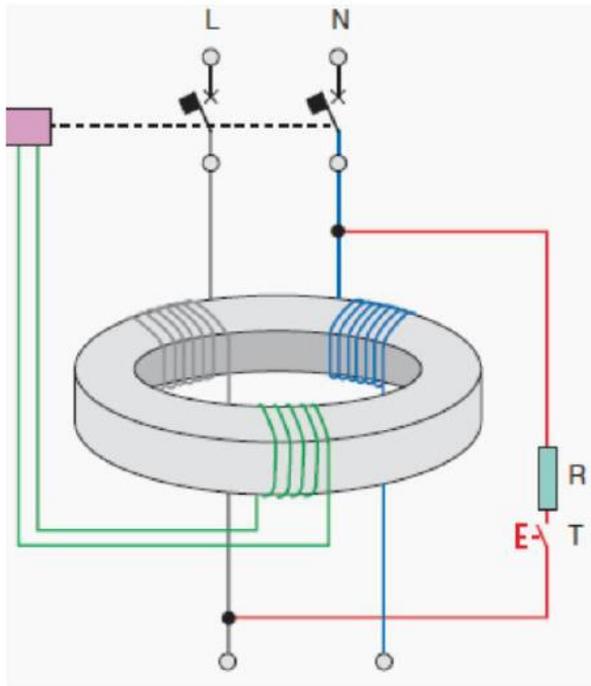
El inversor detendrá la producción, e indicará que ha ocurrido la falla. Sin embargo, podrá reanudar la generación una vez que el valor de aislamiento haya superado el límite

ESTADO 475

- 1 PV generator
- 2 generator connection box including SPD (opt.)
- 3 Fronius inverter
- 4 energy (smart) meter
- 5 loads



MONITOREO FALLA A TIERRA



- Las detecta el inversor a través de un circuito (RCMU), localizado en la tarjeta filtro.
- Esta función se lleva a cabo durante la operación del equipo (cuando se “inyecta” energía a la red).

Variación en la corriente	Tiempo máximo de desconexión
30 mA	0.30 s
60 mA	0.15 s
150 mA	0.04 s

Encontrando fallas en la instalación



Recurso	Información relevante
Inspección visual	Módulos FV, aislantes de conductores, conectores de CD, cajas combinadoras, tablilla de conexiones inversor
Revisión documental	Confirmar en hojas de datos y manuales que los equipos fueron instalados apropiadamente (rango de calibres admitidos, pares de apriete)
Uso de instrumentos	Voltaje, Resistencia de aislamiento, radiación infrarroja

USO DE INSTRUMENTOS

– Megaóhmetro

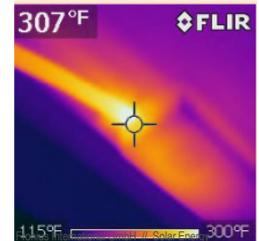
- Ventaja: Dan una lectura muy precisa del valor de resistencia de aislamiento
- Desventajas: Necesitas comparar la lectura con una referencia, que tuvo haberse que obtenido durante la puesta en marcha del sistema / No da la posición de la falla

– Localizador de falla a tierra

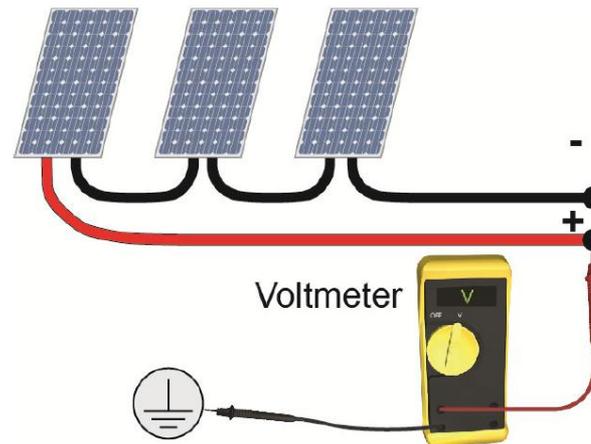
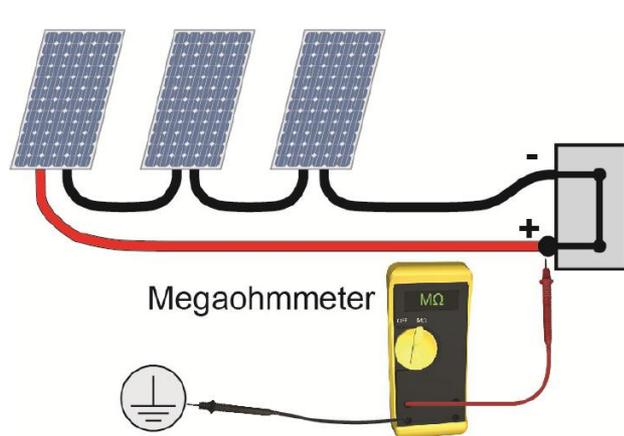
- Usarlo en las mañanas, que es normalmente cuando ocurre la falla, o en condiciones húmedas

– Cámara termográfica

- Adecuada para encontrar indicios de fallas por arco
- Conexiones expuestas a radiación directa podrían dar lecturas más altas de lo normal

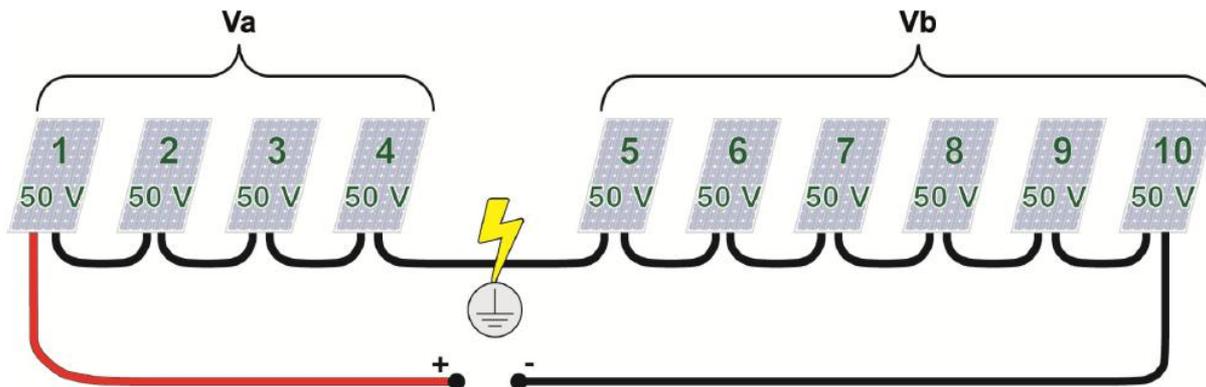
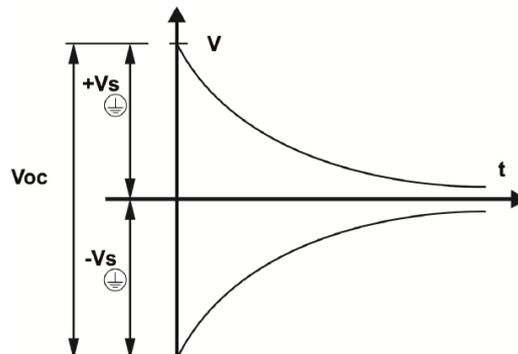


ESTADO 475



Inversor	Nivel umbral de Riso	
	preestablecido [kΩ]	límite del dispositivo [kΩ]
Fronius Galvo 1.5-1 ... 3.1-1	600	100
Fronius Primo 3.0-1 ... 8.2-1	1000	1000
Fronius Symo 3.0-3-S ... 4.5-3-S	100	100
Fronius Symo 3.0-3-M ... 20.0-3-M	100	100
Fronius Symo Hybrid 3.0-3-S ... 5.0-3-S	100	100
Fronius Eco 25.0-3-S ... 27.0-3-S	100	100

ESTADO 475



INSPECCIÓN VISUAL

- Daños en cristales pueden permitir el ingreso de agua al módulo
- Causas principales: descargas atmosféricas o vandalismo



INSPECCION VISUAL

- Torque inadecuado en conectores. Ni menos ni más de lo indicado!



INSPECCION VISUAL

Una gestión de cableado pobre puede desembocar en:

- Conductores en contacto con superficies mojadas
- Desgaste mecánico (fricción por rozamiento con objetos con filo)



INSPECCION VISUAL

- Conductores con aislante dañado - Ocurre con frecuencia durante la instalación
- Conductores roídos - Regularmente en cableado subterráneo



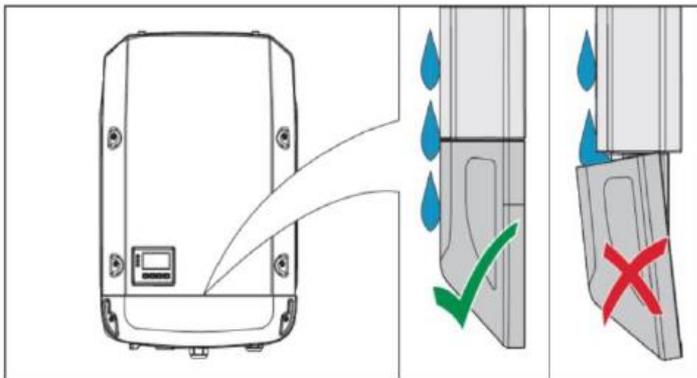
INSPECCION VISUAL

- Conductor con aislante no aprobado para intemperie; p.ej. THHW



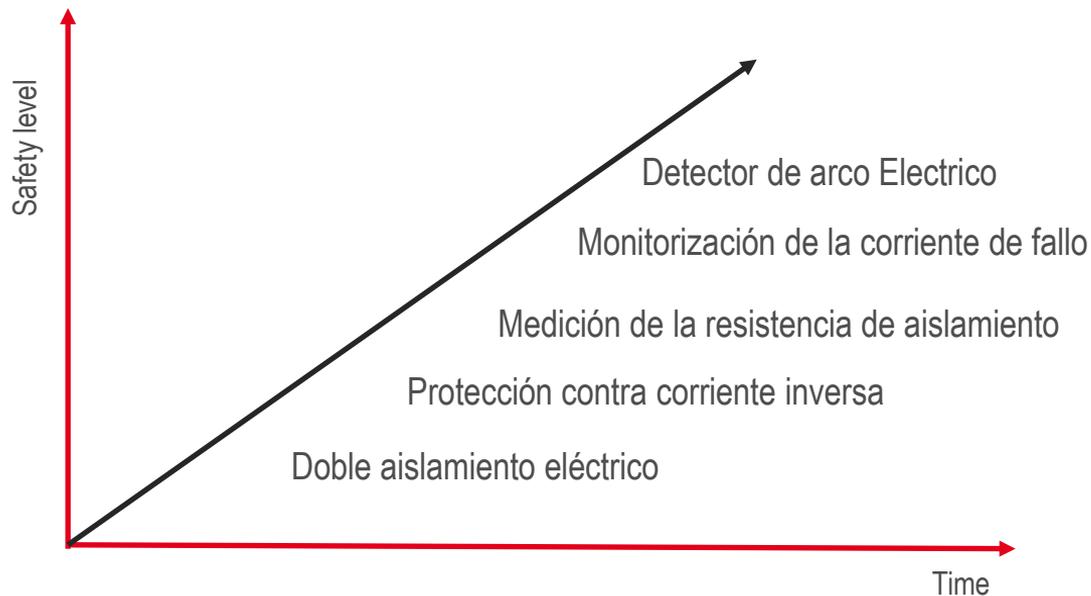
INSPECCION VISUAL

- Ingreso de agua a cajas y gabinetes
- Revisar estado tapas de condulets



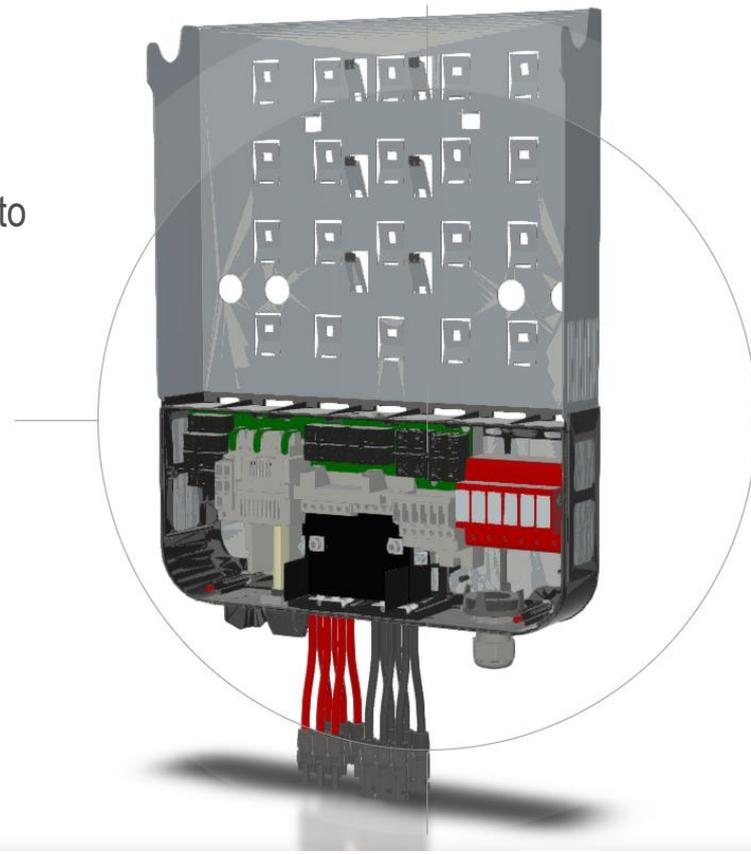
¿QUÉ TAN SEGUROS SON NUESTROS EQUIPOS

MEDIDAS CONTINUAS PARA AUMENTAR LA SEGURIDAD



SEGURIDAD EN INVERSORES FRONIUS

- / Medición Aislamiento Activo antes de encender
- / RCMU
Control de la corriente residual durante el funcionamiento
- / Medición contra funcionamiento en isla
- / Protección contra Polaridad inversa
- / Cumplimiento AFCI
- / Protección contra sobretensiones
- / Reducción de potencia
Protección contra sobrecarga y sobrecalentamiento



CÓMO AUMENTAMOS LA SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Formación profesional para instaladores

Fronius Solar.web

La supervisión gratuita del sistema le ofrece una visión general del rendimiento de su sistema y le avisa en caso de desviaciones del funcionamiento normal

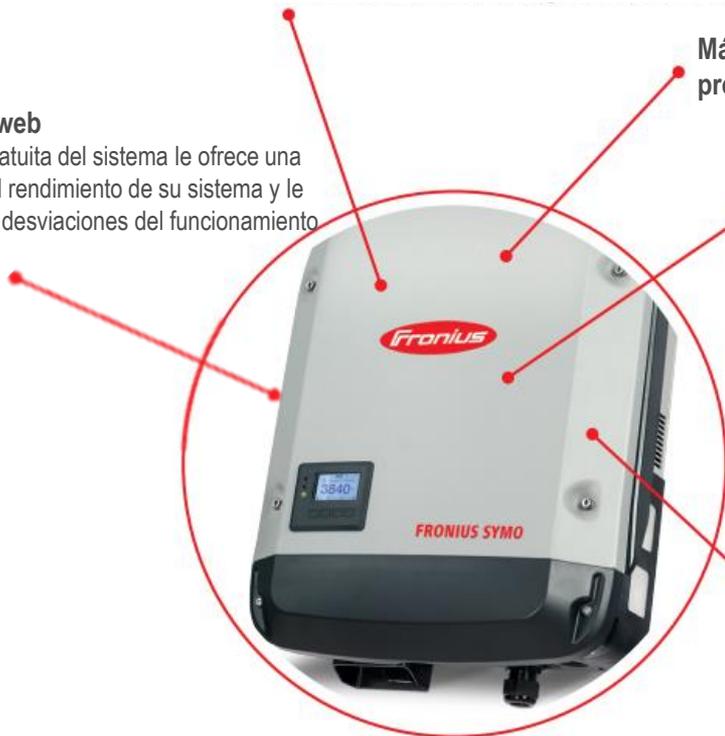
Máxima calidad en el desarrollo y la producción

Vigilancia diaria automatizada del aislamiento

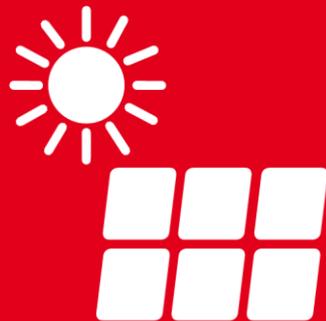
Antes de que el inversor comience su funcionamiento diario, comprueba todos los aislamientos. Durante el funcionamiento real, se ejecuta un sistema automatizado de supervisión de la corriente de fallo. Si se detecta una irregularidad, el inversor envía un mensaje de error y se desconecta.

Detector de arco Certificado

Asegura la desconexión del inversor en caso de fallo por arco



/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



Solar Energy

Pabellón blanco,
Stand 8

¡Celebra con
nosotros los 30 años
de Solar Energy!



SOLAR ENERGY EN COLOMBIA



> 1200 (COL)

SISTEMAS EN
SOLAR WEB



>100.000

SnapInverters
vendidos



+nuevos

Fronius Solution
Partners
certificados



CONFIABLE EN TODO TERRENO



Centro de convenciones - Colombia



Aeropuerto Internacional - Colombia



Universidad - Colombia



Mall Comercial – Cartagena



Carport - Huila



Colegio Rochester - Bogotá

CONFIABLE EN TODO TERRENO



PV + Diesel - microgrid



Residencial - Neiva



Residencial - Caribe



Industrial Invesa - Colombia



Tauro new version



Colegio Rochester - Bogotá

LÍNEAS DE ASISTENCIA

/ 57 (601) 7942506 Colombia

/ 1 829 9471327 R.Dominicana

/ 56 232 149990 Chile

/ Pv-Support@Fronius.com



ENTRENAMIENTOS Y CURSOS

/ <https://www.fronius.com/en/solarenergy/installers-partners/events>



Nuevo Formato!
Online trainings

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



NECESITAS MAS INFORMACIÓN?

/ En nuestro centro de información encontraras las ultimas noticias de Fronius en todo el mundo.

www.fronius.com/latam-se/noticias

/ Registrate aqui para cualquier Evento , sea un Webinario o una capacitacion en tu region.

www.fronius.com/latam-se/eventos

/ Encuentra referencias en todo el mundo con nuestros Productos y soluciones.

www.fronius.com/latam-se/referencias

/ Informate de las condiciones de Garantia de nuestros Productos en tu pais o region.

www.fronius.com/latam-se/garantias

/ Conoce mas de nuestro Programa Fronius Solutions Partner

www.fronius.com/latam-se/fsp



Gracias por asistir a esta charla!

Ahora estamos respondiendo algunas últimas preguntas.

Hasta pronto!