

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

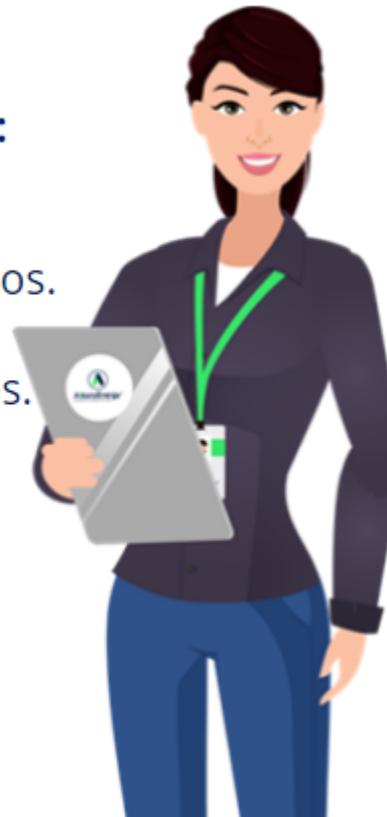
PRUEBAS EN LOS EQUIPOS	
Pruebas Generales	Inspección Visual
	Medición del Ruido
	Medición de Parámetros Meteorológicos de Operación
Pruebas Mecánicas	Medición de Vibraciones
	Medición del Par de Apriete
	Termografía: Enfoque Mecánico
Pruebas Eléctricas	Medición de Voltaje, Corriente y Resistencia
	Medición de la Resistencia de Aislamiento en Cables.
	Medición de la Resistencia de Aislamiento en el Transformador.
	Medición de la Resistencia de Puesta a Tierra.
	Prueba Funcional de los Equipos.
	Termografía en los equipos.

1. Inspección Visual

La inspección visual es la prueba más básica y de menor costo que tiene por objetivo verificar, mediante el ojo humano y la ayuda de instrumentos de iluminación y aumento de visión, el correcto estado externo e interno de un equipo y sus componentes. La inspección visual puede ser directa, indirecta o remota.

Con esta prueba se espera determinar los siguientes parámetros:

- ✓ Cantidad, tamaño, forma, configuración de los equipos inspeccionados.
- ✓ Deterioro externo del equipo debido a fenómenos medioambientales.
- ✓ Daños visibles en el equipo o en alguno de sus componentes.
- ✓ Presencia de polvo, suciedad, humedad, oxidación, entre otros.
- ✓ Decoloración, ajuste y características funcionales de los equipos.



Inspección visual de los equipos solares

https://vimeo.com/446541058/8eb66a5b98?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

2. Medición del Ruido

La medición del ruido es una prueba no destructiva que se realiza en los equipos para determinar el nivel generado por los mismos, los parámetros a diagnosticar son los siguientes:

- Determinar si el ruido generado por un equipo es mayor al ruido generado debido a su operación normal.
- Determinar si los niveles de ruido están sobre los permitidos, de no ser así pueden conllevar a una enfermedad laboral.

El equipo de utilizado para la medición del ruido es un sonómetro conocido comúnmente como decibelímetro. Este equipo debe cumplir las siguientes características comprobables con un certificado de fábrica:

- ❖ Equipo de medición normalizado y calibrado.
- ❖ Opción de selección del filtro de ponderación para el cálculo de los dB(A) y operación en respuesta lenta (slow: energía acústica medida en 1s).
- ❖ Cumplir con los requerimientos para sonómetros tipo 0,1 y 2.

El equipo de medición de ruido debe ubicarse a una altura entre 1,0 a 1,5 m del suelo y a 3 m de las estructuras que puedan reflejar el ruido; el período de medición debe ser de 1 minuto.



Para cumplir con lo establecido en la Ley y Reglamento de Gestión Ambiental Colombiana y a nivel mundial, no se deben sobrepasar los límites establecidos que se encuentran en la tabla

ENTORNO	NIVEL DE SONIDO (db)	TIEMPO (h)	EFFECTO SOBRE LA SALUD
Exterior de viviendas	50 - 55	16	Molestia
Interior de viviendas	35	16	Interferencia con la comunicación
Dormitorios	30	8	Interrupción con el sueño
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	70	24	Deterioro auditivo
Música en auriculares	85	1	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	100	4	Deterioro auditivo

El criterio para evaluar un equipo debe estar basado en un análisis histórico de los registros de emisión de ruido. El objetivo es determinar si los ruidos generados son mayores a los debidos a su normal funcionamiento para así poder pronosticar el estado de un equipo o de uno de sus componentes.

Los criterios anteriores permiten conocer si los equipos de una central fotovoltaica operan dentro de los límites de emisión de ruido y a su vez no generan daños o peligros al personal encargado de su operación y mantenimiento.

3. Medición de los Parámetros Meteorológicos de Operación

Las actividades de mantenimiento deben ejecutarse bajo condiciones meteorológicas óptimas a fin de que no afecten al equipo intervenido ni a ninguno de sus componentes.

Las condiciones medioambientales de mayor relevancia que deben verificarse antes de realizar algún tipo de mantenimiento en los equipos son:

- ✓ Medición de temperatura.
- ✓ Medición de irradiación solar.
- ✓ Medición de la velocidad del viento y su dirección.
- ✓ Medición de la humedad relativa.

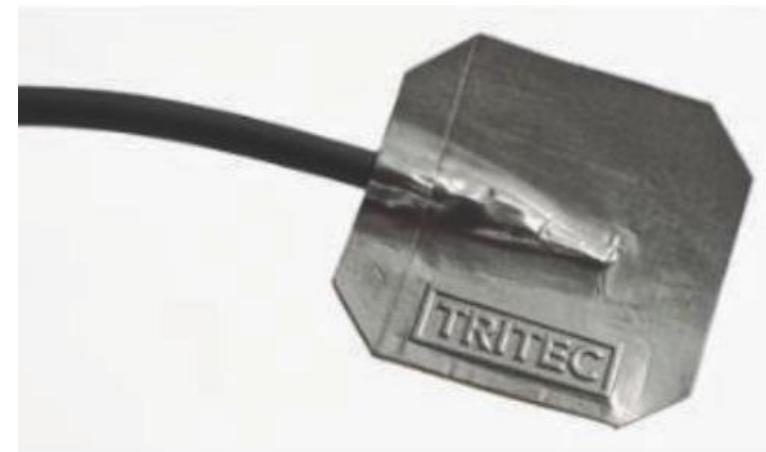
La medición y monitoreo de la mayoría de estos y otros parámetros se pueden hallar generalmente con las estaciones meteorológicas.

Medición de Temperatura

La medición de la temperatura generalmente se realiza con una "sonda", un termómetro o un termopar para mediciones directas o un termómetro infrarrojo o cámara termográfica para mediciones a distancia. Véase la Imagen . El equipo de medición debe cumplir con los estándares para equipos de medición de temperatura, lo cual debe ser comprobable mediante certificados del fabricante.



Termómetro infrarrojo



Sonda de temperatura



Cámara termográfica

Las mediciones de temperatura son necesarias en una central fotovoltaica. Los parámetros a encontrar son:

- ❖ Temperatura ambiente.
- ❖ Temperatura en los equipos de la central fotovoltaica:
 - ✓ Paneles fotovoltaicos
 - ✓ Inversores
 - ✓ Transformador

Normalmente las sondas para medición de temperatura permanecen instaladas en los equipos, de esta manera la medición de temperatura puede lograrse de forma remota con la ayuda del sistema de monitoreo, obteniendo dicha medida directamente en el computador.

Los paneles solares absorben en promedio el 80% de la irradiación solar recibida. Sin embargo, una parte de esta irradiancia se convierte en electricidad y la restante se convierte en calor (Las células pierden un 0.5% de potencia por cada grado que aumenta su temperatura).

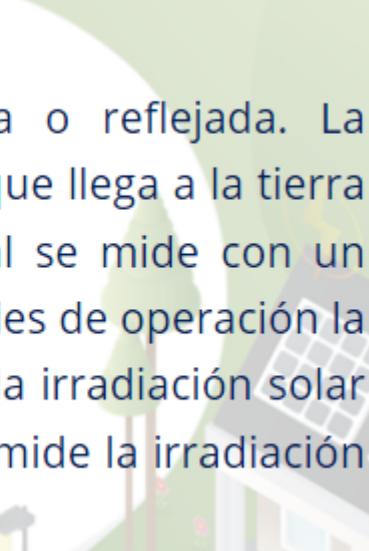
En operación la temperatura suele ser superior a los 25°C de las condiciones, La fracción que se convierte en calor aumenta la temperatura del módulo.

Medición de la temperatura del módulo solar

https://vimeo.com/446541052/cb135e948c?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

Medición de la Irradiación Solar

La irradiación solar puede ser directa, difusa o reflejada. La irradiación solar directa se define como aquella que llega a la tierra con una trayectoria lineal desde el sol y la cual se mide con un pirheliómetro. Sin embargo, bajo condiciones reales de operación la irradiación solar que recibe un panel no es sólo la irradiación solar directa, por lo cual se utiliza el piranómetro que mide la irradiación solar global. Véase la Imagen .



Pirheliómetro



Piranómetro

Humedad relativa

□ El límite de humedad relativa es determinado por el fabricante de cada equipo, los equipos con elementos electrónicos son los más sensibles a la humedad, en este caso los inversores, razón por la cual se recomienda no abrir los equipos si se supera el 80% de humedad relativa del ambiente.

□ No se deben realizar labores cuando la temperatura del medio es superior a la del punto de rocío ya que el vapor de agua puede condensarse interna y externamente en los equipos intervenidos.

□ El instituto de seguridad e higiene en el trabajo, INSHT, establece que la humedad relativa del medio debe encontrarse entre el 70% y el 80% para asegurar el bienestar térmico y así evitar una excesiva humedad o sequedad de la piel y mucosas del personal de operación y mantenimiento.



La humedad relativa tiene como objetivo conocer el nivel de vapor de agua existente en el medio ambiente.

Para realizar la medición de la humedad relativa se utiliza un higrómetro que se instala a 10m del suelo.



- Medición de Humedad Relativa
- Indicador
- Rango de operación recomendado: 5 - 95 % RH, 0 - 60°C
- Cortos tiempos de respuesta
- Salida analógica (4 - 20 mA)
- Contacto de límite opcional (colector abierto)
- Para interiores y tubos de aire
- Método Capacitivo de Medición

PRUEBAS ELÉCTRICAS

Las pruebas eléctricas en una central fotovoltaica se realizan con el objetivo de evaluar el estado de un equipo o de alguno de sus componentes.

1. Medición de voltaje, corriente y resistencia

La medición de los tres parámetros fundamentales de la electricidad, como son voltaje, corriente y resistencia tanto en DC y AC en bajo y medio voltaje permiten determinar fácilmente el estado de un equipo.



Pinza amperimétrica AC/DC,



Multímetro digital AC/DC

No se debe olvidar los conceptos básicos de medición para este caso:

- ❖ Voltaje: Se mide con el voltímetro de DC o AC con la adecuada polaridad y con la conexión en paralelo.
- ❖ Corriente: Se mide con un amperímetro de DC o AC con la adecuada polaridad y con su conexión en serie. El uso de pinzas evita la desconexión de los equipos para realizar esta medición.
- ❖ Resistencia: Se mide con un óhmetro y su conexión es en paralelo, el equipo al cual se le va a realizar esta medición debe estar desenergizado.

2. Termografía en paneles fotovoltaicos

La termografía de paneles fotovoltaicos es una prueba que se usa para determinar el estado funcional de estos y en específico de cada célula fotovoltaica.

Para esto se utiliza una cámara termográfica que permite medir la temperatura de los paneles en su totalidad, basándose en los rayos infrarrojos que cada material emite según la temperatura que posee. La Imagen muestra un ejemplo de la termografía tomada con un dron a un arreglo de paneles fotovoltaicos.



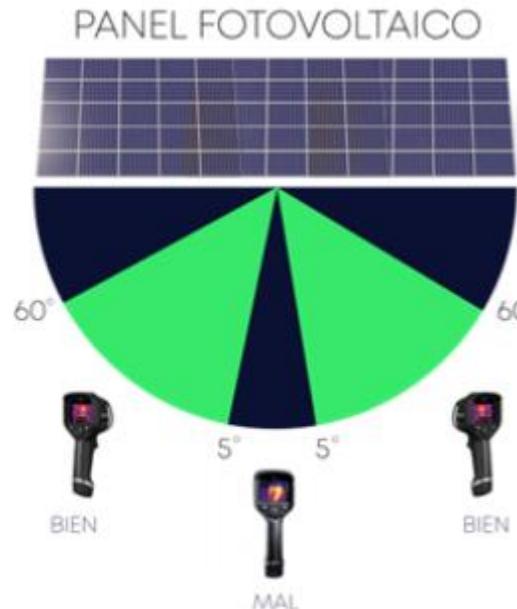
El objetivo de la termografía en los paneles es determinar los llamados **“puntos calientes”**, que son aquellas células fotovoltaicas que por algún motivo han operado en su zona de polarización inversa y han cambiado su característica de generadora a pasar a funcionar como una carga.

Cuando una célula fotovoltaica falla y opera como carga, a través de ella circula la corriente del conjunto de células que se encuentran en buen estado, generando a su vez pérdidas sobre estas debido al efecto Joule, al mismo tiempo aumenta la temperatura de la célula fotovoltaica defectuosa con respecto a las demás células. La cámara termográfica puede detectar que célula fotovoltaica se encuentra con temperatura elevada o caliente.



Puntos calientes en un módulo fotovoltaico

Se recomienda que, durante la operación la cámara no debe dirigirse hacia el sol u otras fuentes intensas de radiación (p.eje, objetos con temperaturas superiores a 550 °C, o 1,400 °C si se utiliza el rango de medición de alta temperatura). Esto puede conducir a graves daños en el sensor. La cámara de infrarrojos debe disponer de protección para la exposición prolongada en el exterior a rayos UV.



Ubicación de la cámara termográfica con respecto al panel fotovoltaico

se recomienda ejecutar el trabajo en horas de la mañana, ya que en ese horario se logra cumplir con la mayoría de las condiciones ideales de prueba. No se recomienda realizar la prueba al medio día, ya que la temperatura de la zona y la del terreno que acoge al sistema fotovoltaico puede ser tan alta, que puede reducir el contraste térmico entre este y el ambiente que lo rodea, dando como resultado falsas fallas en los paneles.

Criterio de Evaluación

La temperatura de operación de cada célula fotovoltaica debe ser similar en toda el área del panel, en este caso se puede usar el criterio de cuánta es la variación de temperatura respecto a las células fotovoltaicas cercanas, como lo indica la tabla , para así considerar posibles acciones preventivas y correctivas.

Prioridad	Delta T	Acción Recomendada
4	1 a 10 °C	Acciones correctivas en el siguiente mantenimiento
3	10 a 20 °C	Acciones correctivas según sea posible su programación
2	20 a 30 °C	Medidas correctivas a corto plazo
1	30 a 40 °C	Medidas correctivas urgentes (prioritarias)

Ejemplo de criterio de evaluación según la variación de la temperatura

Termografía del módulo solar

https://vimeo.com/446541046/7f274022f0?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

Prueba de Aislamiento a un Transformador

<https://www.youtube.com/watch?v=HXdNGdWknLU>

Resistencia de aislamiento en cables

Tensión Nominal de la instalación (V).	Tensión de ensayo en corriente continua (V).	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy baja tensión de seguridad. (MBTS)	250	≥ 0,25
Muy baja tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0

Valores mínimos de resistencia de aislamiento

<https://www.youtube.com/watch?v=d5Jm7jRi50c>

MEDIDAS ENTRE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Fase-neutro: es la tensión de la carga.

La lectura de tensión debe ser 120 V (normalmente de 115 V a 125 V).

Neutro-tierra: es una caída de tensión causada por la corriente de carga que fluye a través de la impedancia del cable blanco.

Lectura normal no mayor a 2 v

Fase-tierra: Fase-tierra es igual a la suma de las tensiones fase-neutro y neutro-tierra.

Su lectura es de 122 V.

Operación de una planta fotovoltaica

Las operaciones consisten en el monitoreo, supervisión y control de la planta fotovoltaica. También implica el enlace o la coordinación de las actividades de mantenimiento. En los siguientes temas se dará una descripción general de las tareas y requerimientos de las operaciones en las plantas solares.

1. Sistema de gestión de documentos (DMS)

La documentación de la planta fotovoltaica es crucial para conocer y entender a profundidad su diseño, con Imaginación y detalles técnicos. Es responsabilidad del propietario del activo entregar estos documentos y, si no están disponibles, deberían, como mejores prácticas, recrearse a costo del propietario del activo.

Operación de una planta fotovoltaica

Antes de asumir cualquier actividad de mantenimiento y/o actividad operativa, es importante conocer en detalle las características técnicas del activo. Hay dos aspectos importantes relacionados con la gestión de esta información:



Tipo de información y nivel de detalle de la documentación
(As-built)



Gestión y control

En la actualidad hay diferentes DMS disponibles y descritos por una serie de estándares (ISO) que pueden implementarse. Este es un requerimiento importante que permitiría a cualquier parte relevante rastrear cualquier cambio durante la vida útil de la planta y dar el seguimiento correspondiente (por ejemplo, cuando se cambie al contratista de Operación y Mantenimiento "O&M", o cambien los equipos de trabajo o se venda la planta, etc.). A continuación se presentan los beneficios del sistema documental.

Conjunto de documentación que acompaña a la planta solar fotovoltaica.

TIPO DE INFORMACIÓN Y NIVEL DE DETALLE DE LA DOCUMENTACIÓN (AS-BUILT)

NO.	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
1	Información del sitio	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación / Mapa / Coordenadas GPS • Acceso a la planta / llaves • Caminos de acceso • Edificio O&M • Almacenamiento de partes de repuesto / Almacén • Información de la seguridad del sitio • Lista de las partes interesadas e información de contacto (por ejemplo, propietario del sitio, contactos de administración, bomberos, subcontratistas, proveedores de servicios, ...) 	
2	Planos del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de planta y disposición general • Diagrama de enrutamiento de cables • Listado de cables • Listado de cables / documento de interconexión de cables • Diagrama unifilar • Configuración de cadenas (números de las cadenas, para identificar dónde se encuentran las cadenas en relación con cada caja de conexión e inversor) • Diagrama de la disposición del sistema de puesta a tierra • Diagrama de la disposición del sistema de protección apartarrayos • Diagrama de la disposición del sistema de iluminación (opcional) • Diagrama topográfico 	El “Diagrama de la disposición del sistema de protección apartarrayos” puede considerarse opcional
3	Estudios del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio / simulación de sombreado • Estudio / simulación de rendimiento energético • Estudio de dimensionamiento del inversor 	
4	Estudios acordes a los requerimientos de la regulación nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculos de caída de voltaje • Estudio de coordinación de protección • Estudio de cortocircuito • Estudio de puesta a tierra • Cálculo del tamaño de los cables • Estudio de protección contra rayos 	

5	Módulos FV	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas técnicas • Lista de detalles con posicionamiento de módulos FV en el campo (referencia a números de cadena y posición en la cadena) • Garantías y certificados 	
6	Inversores	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de O&M • Informe de puesta en operación • Garantías y certificados • Prueba de aceptación en fábrica • Configuración del inversor • Diagramas dimensionales 	
7	Cabina del inversor/media tensión	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama y plano de disposición de la cabina del inversor / media tensión • Diagrama de cimentación de la cabina del inversor/media tensión • Procedimiento de colocación - instalación • Diagrama de disposición de la iluminación interna normal y de emergencia • Diagrama de disposición del sistema de detección y extinción de incendios (si es necesario) • Diagrama de disposición del sistema HVAC • Manual de instalación, operación y mantenimiento del sistema HVAC • Estudio del sistema HVAC (de acuerdo con las regulaciones nacionales) • Diagrama de la disposición del sistema de puesta a tierra • Listado de cables 	
8	Transformador de media/ baja tensión	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de O&M • Reporte de puesta en operación • Informe de pruebas de aceptación de fábrica • Reportes de los tipos de pruebas • Reportes de las pruebas de rutina • Garantías y certificados • Diagrama dimensional con lista de partes 	

9	Cables	<ul style="list-style-type: none"> Fichas técnicas Reportes del tipo de pruebas y pruebas de rutina 	
10	Switchgear de baja/ media tensión	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama unifilar Diagramas de cableado del switchgear Fichas técnicas y manuales de los equipos Informe de pruebas de aceptación de fábrica Reportes de los tipos de pruebas Reportes de las pruebas de rutina Diagramas dimensionales Garantías y certificados Configuración de relés de protección Procedimiento de conmutación (de acuerdo con las regulaciones nacionales) 	Las "Configuraciones de relés de protección" y el "Procedimiento de conmutación" son consideraciones para los interruptores de media tensión
11	Switchgear de alta tensión (HV)	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama unifilar Diagramas de ensamble de estructuras de acero Diagrama de disposición general del switchgear HV Fichas técnicas y manuales del equipo HV (CTs, VTs, disyuntores, seccionadores, pararrayos, aisladores de poste) Diagrama de protección y medición de línea individual Reportes del tipo de equipo HV y pruebas de rutina Estudio de enclavamiento Procedimiento de conmutación (de acuerdo con las regulaciones nacionales) Garantías y certificados 	
12	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) y baterías	<ul style="list-style-type: none"> Manual de instalación y de O&M Informe de puesta en operación Garantías y certificados Fichas técnicas Diagramas dimensionales 	
13	Estructura de montaje	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de ensamblaje mecánico Garantías y certificados 	
14	Seguidores	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de ensamblaje mecánico Diagramas esquemáticos eléctricos Diagrama de bloques Certificados de equipos, manuales y fichas técnicas (motores, codificadores) Lista de PLC de entradas y salidas (E/S) por tipo (Digital, Analógico o Bus) Reportes de puesta en operación Garantías y certificados 	

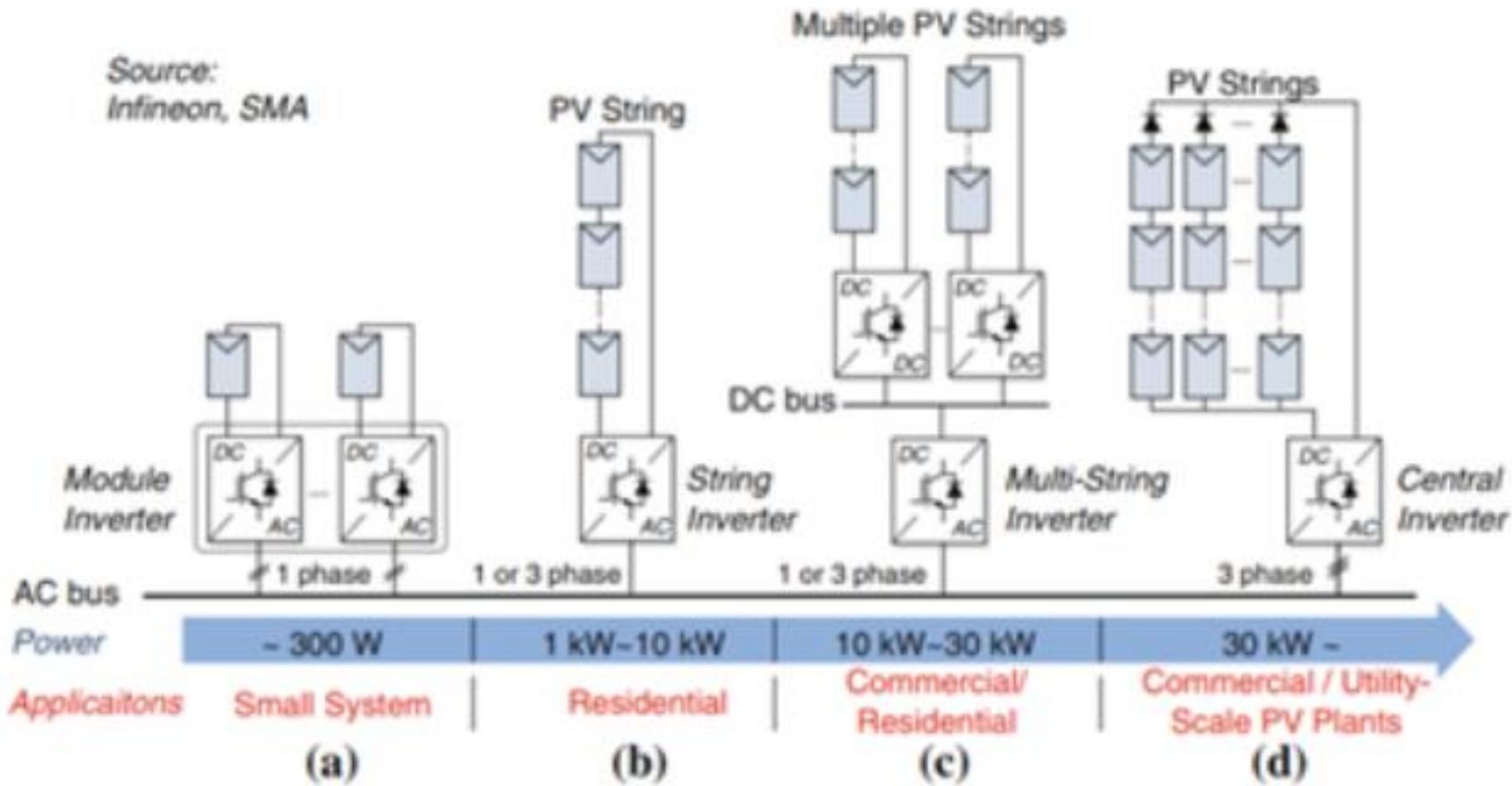
15	Sistema de seguridad, anti-intrusión y alarma	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de la disposición general del sistema de seguridad • Diagrama de bloques del sistema de seguridad • Diagrama esquemático del sistema de alarma • Manuales y fichas técnicas de los equipos • Acceso a las credenciales de seguridad (por ejemplo, contraseñas, instrucciones, claves, etc.) • Garantías y certificados 	
16	Sistema de monitoreo/ SCADA	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de instalación y de O&M • Lista de entradas por tipo (Digital, Analógico o Bus) • Diagramas esquemáticos eléctricos • Diagrama de bloques (incluidas las direcciones de red) • Fichas técnicas del equipo 	La lista de E/S incluye, por ejemplo, lecturas de los sensores que son recolectadas por los dataloggers
17	Control de la planta	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción del sistema de control de la planta • Sala de control (si corresponde) • Instrucciones de control de la planta • Funcionalidad del control de interruptores (remota / en el sitio) e instrucciones • Lista de entradas y salidas 	
18	Sistema de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de instalación y de O&M • Comunicación interna del sistema • Comunicación externa al sistema de monitoreo o al centro de operaciones • Plan de la red IP • Plan del bus de la red 	

Operación de una planta fotovoltaica

En general, para una prestación óptima de servicios y como mejor práctica, el contratista de operación y mantenimiento (O&M) debe tener acceso a todos los documentos posibles (desde la fase EPC “Engineering, Procurement & Construction”).

El Plan operativo del sitio es el documento exhaustivo preparado y proporcionado por el EPC de la planta, en el cual presenta una descripción completa de la ubicación de esta, el diseño, los diagramas eléctricos, los componentes en uso y referencia a sus manuales operativos, reglas EH&S para el sitio y otros temas.



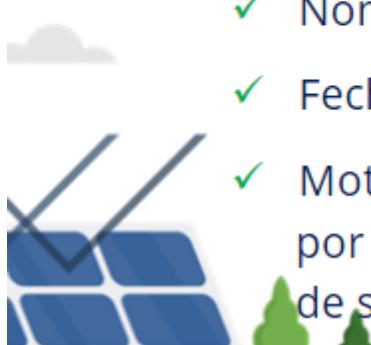


Tipologías de conexiones fotovoltaicas a la red

Gestión y control

Con respecto al control de documentos, se deben seguir las siguientes pautas:

- ❖ Los documentos deben almacenarse física o electrónicamente (dependiendo de los permisos y de la normatividad) en un lugar con acceso controlado. Se deberá tener disponible una copia electrónica de todos los documentos.
- ❖ Sólo las personas autorizadas podrán ver o modificar la documentación. Se deberá llevar una bitácora de todas las modificaciones. Como mejor práctica, dicha bitácora deberá incluir como mínimo la siguiente información:
 - ✓ Nombre de la persona que modificó el documento.
 - ✓ Fecha de la modificación.
 - ✓ Motivo de la modificación e información complementaria, como, por ejemplo, el enlace a las órdenes de trabajo y a las actividades de servicio.



- ❖ El control de versiones debe implementarse como mejor práctica. Las personas involucradas deben tener la potestad de revisar las versiones pasadas y ser capaces de seguir todo el historial del documento.

Logo de la Empresa

MANUAL DE CALIDAD

MANUAL DE CALIDAD

COPIA CONTROLADA

COPIA NO CONTROLADA

Nº DE COPIA:

REVISIÓN: 0
PAGINA 1 DE 16

Identificación de revisión del documento

Control de las copias distribuidas

Formato de control de documentos

REVISIONES

TABLA DE REVISIONES		
REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN
0	01/01/2020	Revisión Inicial

Histórico de revisiones y de cambios del documento

ELABORADO Y REVISADO POR: A.E	
FECHA	02/01/2020
FIRMA:	

APROBADO: DIRECCIÓN	
FECHA	02/01/2020
FIRMA:	

Cuadros para evidenciar revisión y aprobación de documentos

Mantenimiento preventivo



Frecuencia de precipitaciones: algunos operadores de planta confían en la lluvia como único método de limpieza (debido a la inclinación de los módulos). Es importante sin embargo diferenciar entre la lluvia torrencial y la lluvia fina e intermitente, siendo esta última menos efectiva en términos de limpieza. Por ejemplo, en lugares con poca lluvia, mucha contaminación y polvo en suspensión, la limpieza de los módulos puede ser requerida mensual o bimensualmente.

La limpieza por tanto será económica y eficiente cuando el beneficio en términos de producción supere el costo de la limpieza. En general, se recomienda realizar una limpieza frecuente durante los meses de mayor generación (tiempo en el que se genere mayor radiación directa sobre los módulos FV).

Limpieza de módulos solares

https://vimeo.com/446541015/20eb7ace57?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

Se puede realizar una clasificación de los distintos métodos de limpieza que pueden utilizarse en los paneles fotovoltaicos.

- A. Limpieza con vapor de agua.
- B. Limpieza por rodillo autopropulsado.
- C. Limpieza mecanizada automática.
- D. Limpieza mediante robots.
- E. Limpieza manualmente.

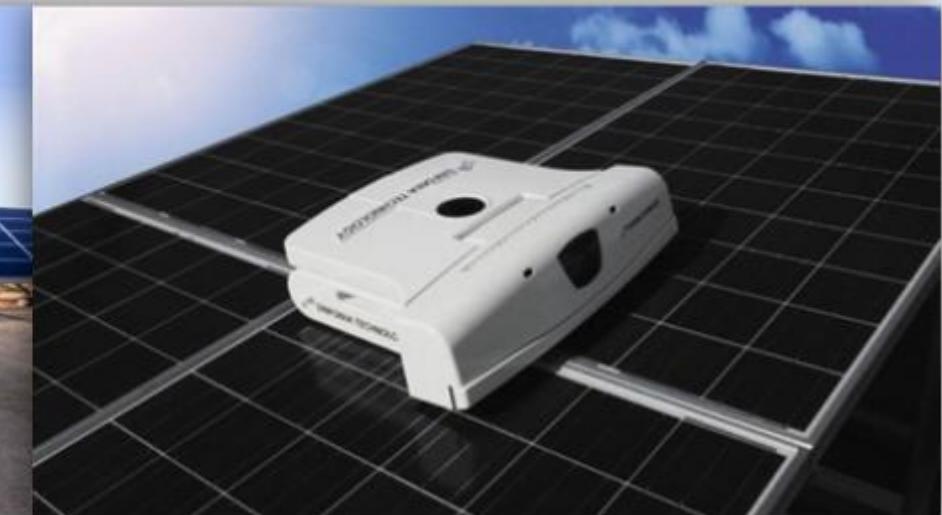


- C. Limpieza mecanizada automática.
- D. Limpieza mediante robots.
- E. Limpieza manualmente.

C



D



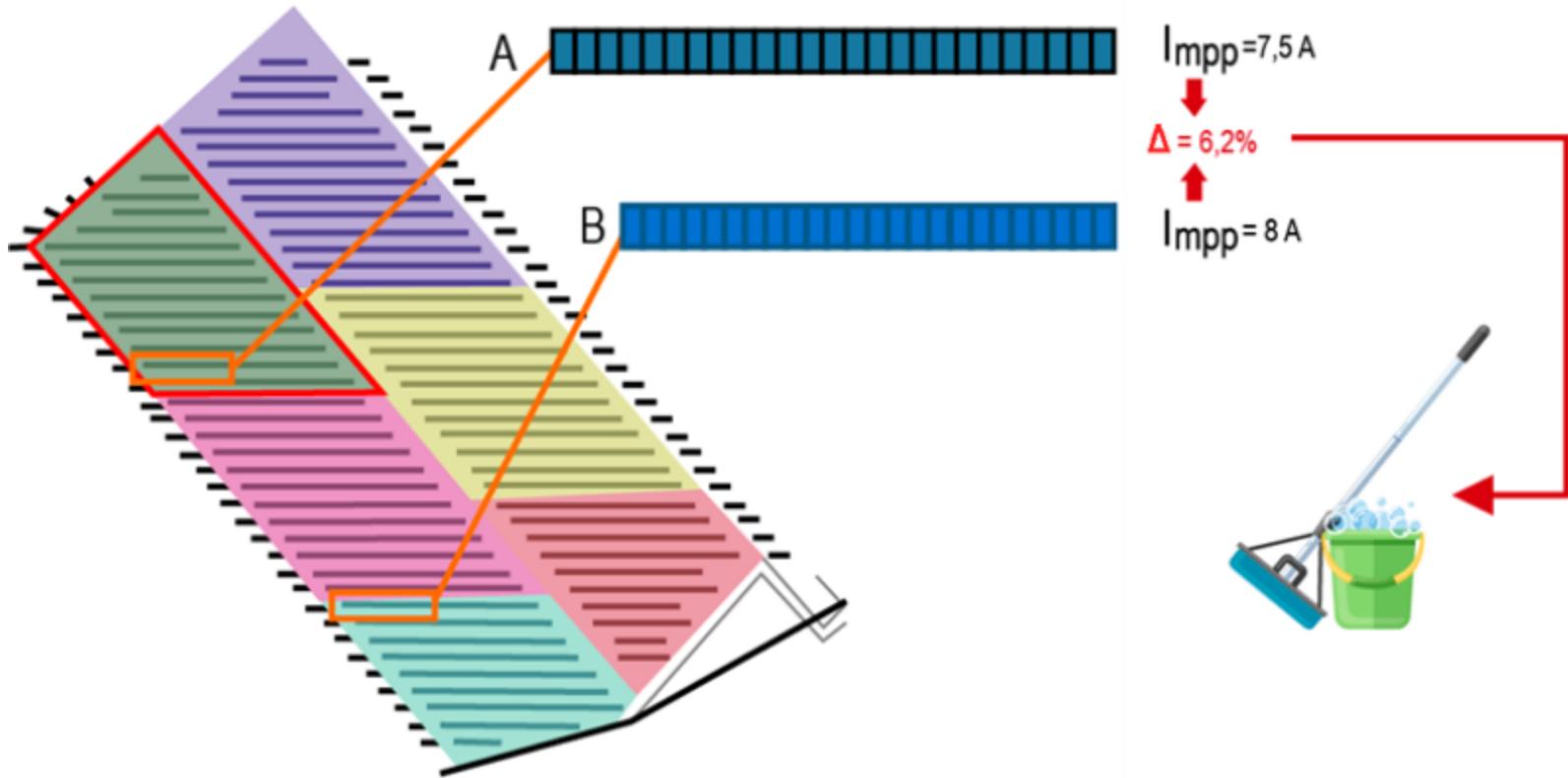
E



Frecuencia de limpieza de los módulos fotovoltaicos

La frecuencia de limpieza de una planta FV puede determinarse de la siguiente manera:

- Se definirá en primer lugar una cadena de paneles (string) de referencia que se mantendrá limpia continuamente.
- La corriente de operación de dicho string se tendrá monitoreada junto a la corriente de operación de otro string que no haya sido limpiado.
- En el momento en el que la desviación entre ambas corrientes supere un valor máximo elegido con anterioridad (por ejemplo, un 2%), el equipo de O&M debe iniciar el proceso de limpieza.
- La comparación puede realizarse también entre la corriente de operación del string limpio y la media de las corrientes de operación del resto de los strings (sucios).



Mantenimiento preventivo

Medición de electroluminiscencia

La electroluminiscencia es un procedimiento óptico para la evaluación cualitativa de fallos en módulos fotovoltaicos. De manera global, se evalúa la diferencia del brillo entre y dentro de las celdas solares. La intensidad de una “característica óptica” (fallo) dependerá del tiempo de exposición y de la corriente aplicada. El módulo se alimenta con corriente continua para estimular la recombinación radiactiva en las celdas solares.

Esta emisión de electroluminiscencia (EL) es detectada por una cámara con dispositivo de silicio de carga acoplada (CCD) disponible en el mercado. Las imágenes (EL) se realizan habitualmente en un ambiente oscuro (noche) debido a que la cantidad de radiación infrarroja emitida por el módulo solar es baja comparada con la radiación emitida por la iluminación de fondo.

Una imagen de EL puede mostrar defectos en los módulos tales como grietas, soldaduras deficientes, problemas de fabricación y otros fallos comunes que podrían afectar la producción de energía eléctrica futura del módulo.



Cámara para medición de electroluminiscencia

Mantenimiento preventivo

2. Inversor

El inversor es uno de los equipos más delicado que encontramos dentro de la instalación solar, y como tal requiere de un mantenimiento más exhaustivo. Los intervalos de mantenimiento dependen del emplazamiento y de las condiciones ambientales (polvo, humedad, etc.)



Estos equipos electrónicos son diseñados para operar cubiertos por una carcasa, protegidos de la intemperie y de la lluvia. Aunque muchos de estos ya cuentan con un índice de protección (en general, el mercado de inversores presenta índices igual o superior a IP65) que les permite funcionar a la intemperie, por lo cual deben ser protegidos de la radiación solar directa para evitar temperaturas altas ya que estas pueden incidir negativamente en su rendimiento.



En general los inversores requieren bajo nivel de mantenimiento. Pese a lo anterior, las actividades de mantenimiento consisten en verificar que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca, con buena ventilación y que no sea asequible al ingreso de insectos u otros animales; de ser así, se debe contactar al representante del fabricante en esa zona.



Una actividad que debe realizarse de manera regular es la verificación de la correcta ventilación del inversor (ventiladores, filtros, disipadores etc.) para que el sistema de refrigeración funcione adecuadamente. En caso de un mal funcionamiento estos equipos se sobrecalientan innecesariamente, lo que puede resultar en limitación de potencia temporal, significando una pérdida de rendimiento. Muchos inversores lo indican con una luz roja. Es importante seguir las instrucciones del fabricante, pues cualquier intervención indebida puede ocasionar la pérdida de garantía.



Limpieza de inversores

https://vimeo.com/446541001/b5513fa907?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

Algunas acciones a tener en cuenta durante el mantenimiento son:

- **Lectura de los datos archivados en el inversor.**
- **Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.**
- **Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico.**

- > Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan decoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
- > Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrasar los contactos.
- > Revisar el funcionamiento de los dispositivos de protección.



3. Regulador

El regulador de carga no necesita de mantenimiento. Considerando que este dispositivo es por sí mismo el encargado de salvaguardar el sistema, es extremadamente importante tratarlo con mucho cuidado, porque de un buen funcionamiento del regulador depende todo el sistema de generación.

A continuación, se darán algunas recomendaciones generales a tener en cuenta: funcionamiento del regulador depende todo el sistema de generación.



Dentro de los reguladores hay dos tipos: PWM y MPPT.

El regulador de carga solar es el elemento encargado de controlar el flujo de corriente generado por los paneles fotovoltaicos en el proceso de carga-descarga con la batería, y cuidar del estado de las mismas, evitando su deterioro y su sobrecarga.

Si se acciona la alarma de batería baja:

Significa que se han dejado prendidos durante la noche la mayoría de los equipos y el regulador está próximo a desconectar el sistema, para permitir la recarga de la batería. También puede significar que la batería tiene algún problema y es necesario llamar al servicio técnico.

Si está prendida la alarma de cortocircuito:

Significa que algún cable está deteriorado o que algún cable de la estación de carga de las baterías comunitarias está haciendo cortocircuito.

Si el regulador de carga está apagado:

Significa que se ha producido algún inconveniente en el sistema y es necesario sustituir el fusible. Si este inconveniente se repite o, al sustituir el fusible el regulador no se prende, es necesario avisar al servicio técnico.

**El regulador debe encontrarse en un lugar seco
(no se debe mojar con ningún tipo de líquido)**



Cuando el regulador indica menos del 50% de la carga de las baterías, no se debe encender ningún equipo electrónico que esté conectado a este sistema, hasta que la radiación vuelva a recargarlas.

REGULADORES FOTOVOLTAICOS

<https://www.youtube.com/watch?v=VkdsyoElXgg>

Regulador MPPT Outback

https://www.youtube.com/watch?v=7pB_J4STIm8&t=140s

Los reguladores PWM únicamente pueden ser utilizados si la tensión de las placas solares y las baterías es la misma, es decir, si los paneles son de 24V y las baterías también.

Si los paneles fueran de 24V y las baterías de 12V la única opción posible sería un regulador de carga MPPT.

Reguladores PWM: No aprovecha al máximo la energía generada por los paneles. Utiliza el voltaje que en ese momento tenga la batería, independientemente del voltaje generado por los paneles, desperdiциando las situaciones en que éste sea más alto.

Reguladores MPPT: Consiguen un rendimiento máximo del panel aprovechando en todo momento la potencia máxima disponible. Esto se debe a que el regulador con algoritmo de control MPPT aprovechan toda la intensidad generada por el panel, independientemente del voltaje.

Reguladores solares MPPT

- EL regulador MPPT separa la tensión de funcionamiento de los PF respecto de la tensión de la batería. Esto le permite situar la tensión de los PF en el punto óptimo para obtener la máxima potencia en cada momento.
- Un regulador MPPT es bastante más caro que un regulador PWM.
- Los reguladores MPPT son necesarios para placas solares de 60 células.
- En los reguladores MPPT no se puede superar la máxima tensión admisible por el regulador.
- La corriente de carga es diferente a la corriente del generador fotovoltaico.
- [Como calcular un regulador solar MPPT](#)

Reguladores solares PWM

- La tensión de trabajo de los PF es la misma que la de la batería en todo momento.
- Los reguladores PWM son más económicos.
- Los reguladores PWM se utilizan en PF de 12V y 24V.
- Los reguladores PWM son necesarios para placas solares de 72 células.
- En los reguladores PWM no se puede superar la máxima corriente admisible por el regulador.
- La corriente de carga es la misma que la corriente del generador fotovoltaico.
- [Como calcular un regulador solar PWM](#)

ASPECTO GENERAL	ASPECTO ESPECIFICO	ACCIÓN (SI DETECTA UN FALLO)
Condiciones generales	Rotura, señales de sobrecalentamiento	Sustitución
Señales de aviso	Activas en el momento del mantenimiento	Sustitución
Acondicionamiento de potencia: medidas de voltaje	Valores fuera de especificaciones	Sustitución por fallo interno del componente
Acondicionamiento de potencia: autoconsumo	Valores fuera de especificaciones	Sustitución
Umbrales de regulación (medidas de campo con un potenciómetro)	Fuera de especificaciones	Reajustar si es posible. Sustitución. Causa de deterioro de baterías.
Fusibles	Quemados, cortocircuitados	Conectar nuevos fusibles (incluyendo repuestos)
Conexiones	Ajuste, terminales	Reconexión

Tabla Recomendaciones para el mantenimiento de controladores

Mantenimiento preventivo

4. Baterías

Se debe realizar una inspección visual de las baterías mensualmente, para comprobar si aparece alguno de los siguientes efectos degradativos:



Corrosión: Provoca que la corriente no se distribuya uniformemente por todos los vasos de la batería.



Aparece cuando la batería trabaja en estados de carga deficitarios. Se caracteriza por la aparición de cristales de color azul verdoso en la bornera positiva principalmente.

Para realizar un mantenimiento preventivo se deben limpiar los vasos con un paño húmedo, las conexiones con una broca metálica y a las borneras se les debe aplicar vaselina para prevenir la corrosión.

Igualmente se deben monitorear consecutivamente los parámetros de temperatura, profundidad de descarga, la resistencia en las conexiones, etc. Es muy importante que las baterías se encuentren ubicadas preferiblemente en una superficie no conductiva como la madera o el caucho.



Mantenimiento Baterías Solares

<https://www.youtube.com/watch?v=Xka3JYlSptk>

<https://www.youtube.com/watch?v=usDj4AAO734>

ASPECTO GENERAL	ASPECTO ESPECÍFICO	ACCIÓN (SI SE DETECTA UN FALLO)
Etiquetado	Tipo de batería y capacidad.	Pedir características de la batería y etiquetado.
Ubicación	Seguridad, ventilación y temperatura.	Reubicar la batería o reconstruir el recinto de protección.
Condiciones generales	Vertido de líquido / Roturas.	Preguntar motivos (externos o internos de las malas condiciones) / Reemplazar batería si el suministro energético no es adecuado.
Conexiones	Ajuste / Señales de corrosión.	Reconexión, limpieza / Preguntar las características del suministro energético.
ASPECTO GENERAL	ASPECTO ESPECÍFICO	ACCIÓN (SI SE DETECTA UN FALLO)
Nivel del electrolito	En el mínimo nivel (sobre las placas) / Por debajo de las placas.	Rellenar con agua destilada. Si hay que llenar con demasiada frecuencia, la causa puede ser una mala batería o elevados voltajes de regulación / La batería puede estar seriamente dañada. Comprobar la evolución del suministro energético.
Densidad del electrolito	Valor medio depende del estado de carga (nunca inferior a 1,10/cc) / Diferencias entre los vasos (nunca superiores a 0,03 g/cc)	Recargar la batería (carga de ecualización) / Corrección de la densidad (tarea bien realizada exclusivamente por los técnicos). Cambio de batería.
Voltaje	Voltaje de circuito abierto (nunca inferior a 11,4V)	Verificar las condiciones actuales de irradiación y la evolución del suministro. Deterioro de las baterías, fallo de regulación
Capacidad	Elevado número de desconexiones de carga (quejas de los usuarios si no se ha instalado equipos de monitorización)	Verificar condiciones del sistema (consumo, estado de componentes). Cambio de baterías. Verificar la capacidad de las baterías reemplazadas (o de una muestra de las mismas).

Recomendaciones para el mantenimiento de las baterías

Mantenimiento preventivo

5. Protecciones de la planta solar

Las protecciones del circuito eléctrico de la instalación solar fotovoltaica han de encontrarse siempre en perfecto estado de funcionamiento, ya que de estas depende la totalidad de las condiciones de seguridad tanto de equipos como de usuarios. Las operaciones de mantenimiento que se deberán de realizar son: por el **usuario** y por el **personal cualificado**.





3 meses

Inspección visual de mecanismos interiores para posible detección de anomalías visibles y dar aviso al profesional.



1 año

Comprobación del correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales mediante el siguiente procedimiento:

- Acción manual sobre el botón de prueba que incluye el propio interruptor diferencial.
- Desconexión automática del paso de la corriente eléctrica mediante la recuperación de la posición de reposo (0) "Off", de mando de conexión - desconexión.
- Acción manual sobre el mismo mando para colocarlo en su posición de conexión (1) "On" para recuperar el suministro eléctrico.



1 año

Comprobación del correcto funcionamiento de los interruptores magnetotérmicos. Cuando se accione un interruptor magnetotérmico por sobreintensidad o cortocircuito se recomienda actuar de la siguiente manera:

- Desconexión del receptor eléctrico con el que se produjo la avería o, en su defecto, desconectar el correspondiente interruptor.
- Rearme (o activado) del breaker magnetotérmico el cual falló anteriormente para recuperar el suministro habitual.
- Revisión del receptor eléctrico que ha originado el problema o, en su defecto, comprobar que su potencia es menor que la que soporta el breaker magnetotérmico.

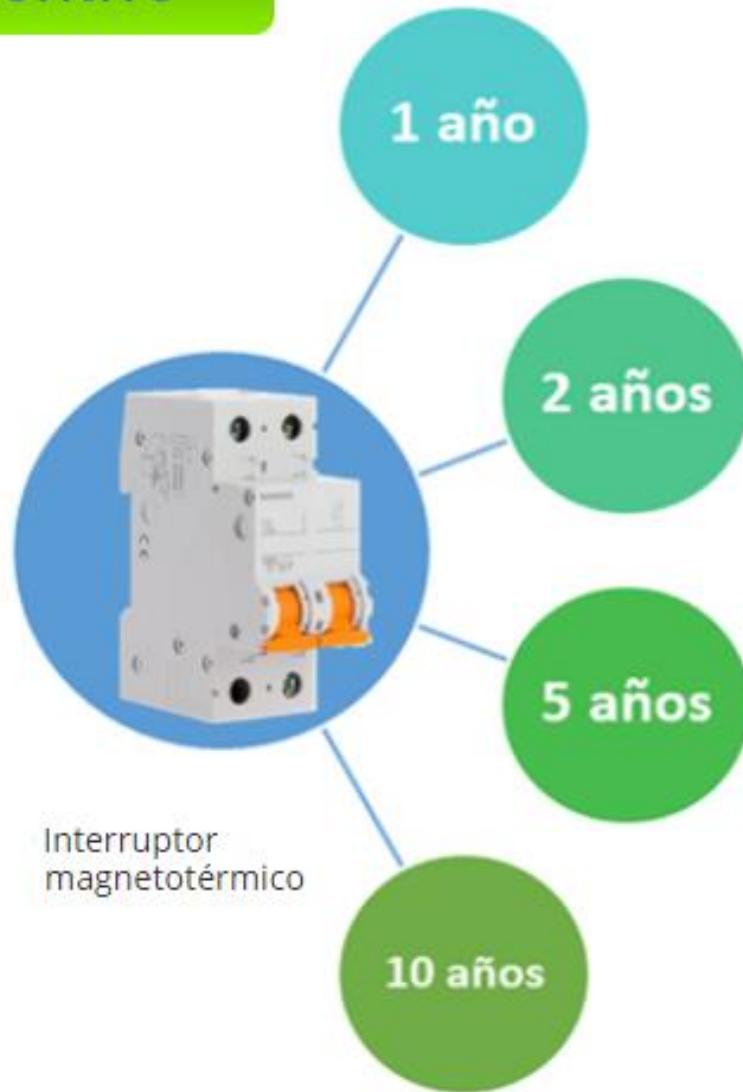


5 años

- Se debe realizar una limpieza superficial a las clavijas y receptores eléctricos en estado de desconexión utilizando microfibras secas.
- Se debe realizar una limpieza superficial a los mecanismos, siempre con microfibras secas y preferiblemente con desconexión previa de la corriente eléctrica.

Mantenimiento preventivo

Personal
cualificado:





1 año

Comprobación del funcionamiento de todos los interruptores del cuadro de mando y protección, verificando que son estables en sus posiciones de abierto y cerrado.



2 años

- Revisión general, comprobando el estado del cuadro de mando y protección, además de los mecanismos alojados y conexiones.
- Comprobación mediante inspección visual del estado del interruptor de corte y de los fusibles de protección, verificación de la corrosión en la puerta del armario y de la continuidad del conductor de puesta a tierra en el marco metálico de este mismo.
- Verificación del estado de conservación de las cubiertas aislantes de los interruptores, reparándose los defectos encontrados.

5 años

- Comprobación de los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como la verificación de las intensidades nominales en relación a la sección de los conductores que protegen, reparándose los defectos encontrados.
- Revisión de la rigidez dieléctrica entre los conductores.

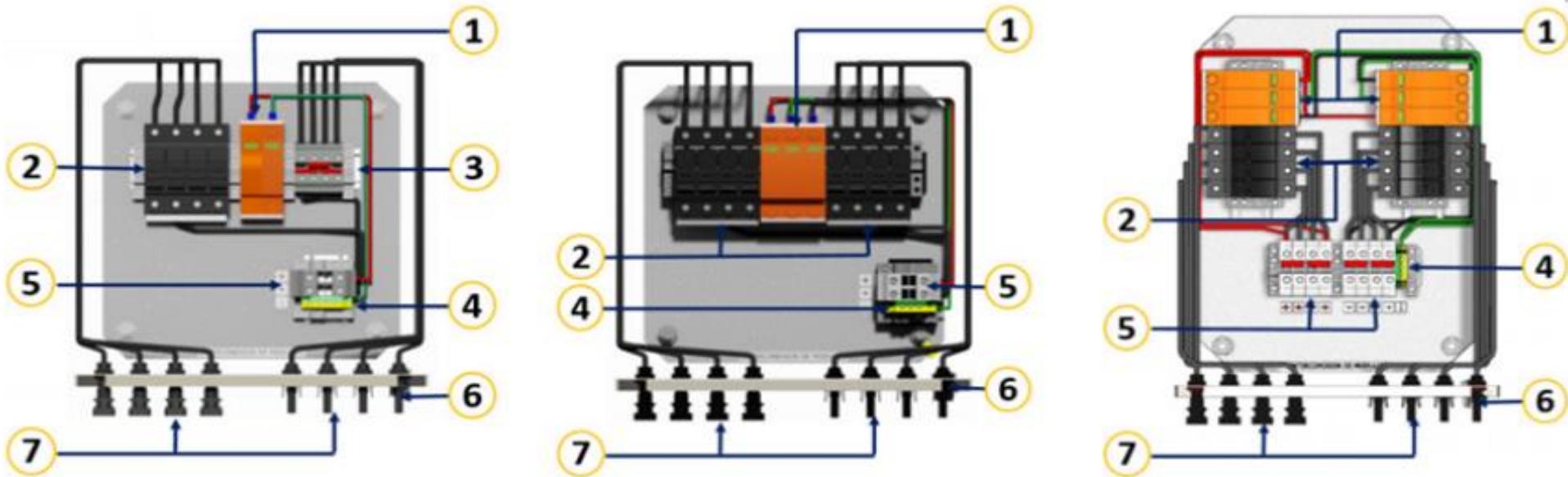
10 años

- Revisión general de la instalación, donde se verifique todo el sistema de cableado el cual debe estar a cargo por el contratista de O&M.

Interruptor diferencial

<https://www.youtube.com/watch?v=L7M6FoilvEo>

<https://www.youtube.com/watch?v=qPYGdsaPmAU&t=20s>



Componentes de cajas combinadoras

1. Supresor de picos, protección contra descargas atmosféricas y tensiones inducidas.
2. Porta fusibles seccionables, en ellos se alojan los fusibles (protecciones contra sobre-corrientes), estos pueden ser para polaridad positiva (+) o negativa (-).
3. Bornes de protección de entrada negativa (-).
4. Borne de conexión de puesta a tierra.
5. Bornes de conexión de salida (+) y (-).
6. Prensa-cable de entrada de conductor de tierra de módulos fotovoltaicos.
7. Conectores MC4, entrada de cadenas de módulos fotovoltaicos (+) y (-).

6. Estructura

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos está fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo. El mantenimiento de las mismas se debe realizar cada seis meses y consiste en:



Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc).



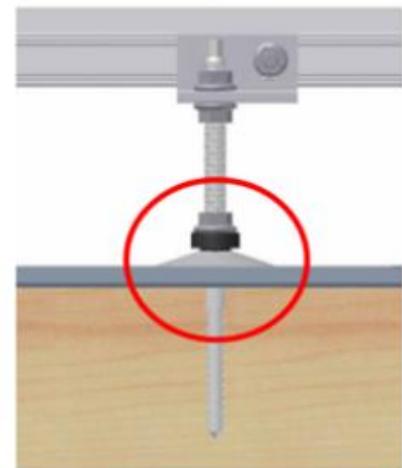
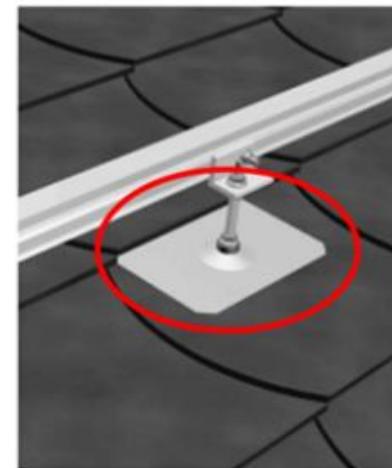
Comprobación del estado de fijación de la estructura a la cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.



Comprobación de la estanqueidad de la cubierta. Consiste básicamente en cerciorarse de que todas las juntas se encuentran correctamente selladas, reparándolas en caso necesario.



Zonas a comprobar en la estructura

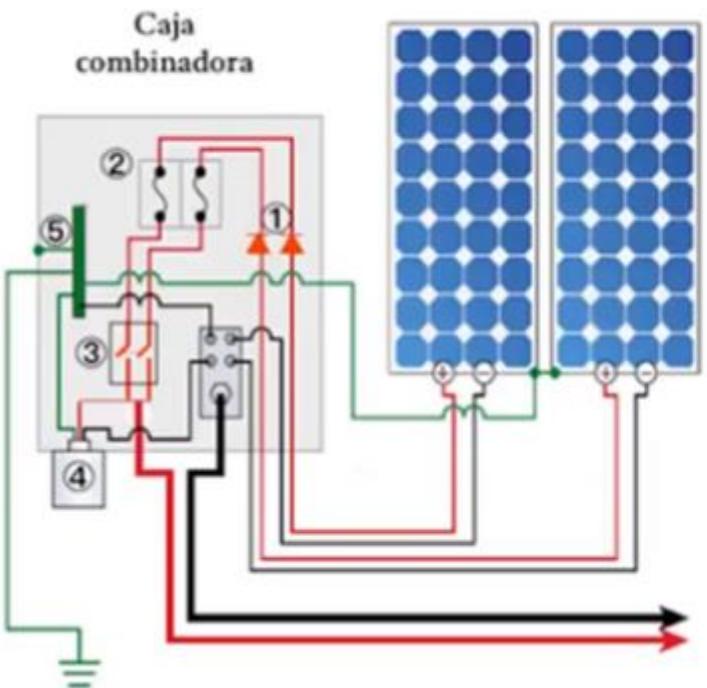


Mantenimiento preventivo

7. Puesta a tierra

Es imprescindible mantener en muy buena condición la puesta a tierra de toda la instalación solar fotovoltaica, ya que de esta depende el correcto funcionamiento de las protecciones y del sistema en general.





1. Diodos de bloqueo.
2. Fusibles en DC.
3. Seccionador – Afuera de la caja combinadora.
4. Supresor de sobrepicos
5. Puesta a tierra.



1 año

- En la época en que el terreno esté más seco y después de cada descarga eléctrica, se debe realizar la comprobación de la continuidad eléctrica y reparación de los defectos encontrados en los distintos puntos de puesta a tierra (masas metálicas, enchufes, neutros de los equipos, etc.)

2 años

- Comprobación de la línea principal y derivadas de tierra, mediante una inspección visual de todas las conexiones y verificando a su vez el estado de la corrosión como la continuidad de las líneas. De encontrar algún daño, se debe iniciar la reparación inmediatamente.
- Comprobación de que el valor de la resistencia a tierra sigue siendo inferior a 20Ω . En caso de que los valores obtenidos de resistencia a tierra fueran superiores al indicado, se suplementarán electrodos en contacto con el terreno hasta restablecer los valores de resistencia a tierra del proyecto.

5 años

- Comprobación del aislamiento de la instalación interior (entre cada conductor y tierra y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a 250.000 Ohm). Seguidamente se repararán los defectos encontrados..
- Comprobación del conductor de protección y de la continuidad de las conexiones equipotenciales entre masas y elementos conductores. Luego de hará la reparación de los defectos encontrados.

PUESTAS A TIERRA EN MODULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

<https://www.youtube.com/watch?v=sxAkWzBFsbU>

Requisitos del mantenimiento



Garantías

Cuando un sistema solar FV es construido, el instalador debe proveer las garantías de la instalación y del equipamiento al propietario del activo para que estas se ejecuten en caso de alguna falla. Si los componentes no fueron instalados según las instrucciones del fabricante, presentan deterioro por intervención de terceros, o no se ejecuta el mantenimiento preventivo, podría no efectuarse la garantía.

A continuación, se describen las algunas de las garantías más comunes:



Garantía del Inversor

La mayoría de los inversores tienen una garantía igual o mayor a 5 años. También se recomienda revisar la declaración de garantía del fabricante para saber específicamente los daños que cubre, cuándo comienza la vigencia de la garantía y bajo qué circunstancias no puede hacerse efectiva.

Garantía de operación del SFV

Generalmente un sistema FV debe tener una garantía de al menos un año por el buen funcionamiento. Dentro de ese plazo el proveedor deberá responder por la correcta operación de la misma y por fallas inherentes a la operación.

Garantía de la estructura

Normalmente tiene una garantía con respecto a sus materiales. Dependiendo de la empresa que provee estos accesorios la garantía es de mínimo 5 años. También es necesaria la información sobre las causales de garantía para cada fabricante, ya que muchos de ellos proporcionan una garantía de 10 a 20 años con respecto a los materiales con los que está compuesta. Por otra parte, la mayoría de los fabricantes no hace efectiva la garantía si el contratista no instala la estructura de una manera adecuada (ejemplo: No se instalan los accesorios correctamente, no se fija bien la estructura, etc.)

Garantía de los módulos FV

Los módulos fotovoltaicos han mejorado mucho en cuanto a su tecnología, calidad y seguridad, es por esto que los fabricantes han sido capaces de otorgar garantías extendidas de su fabricación y rendimiento. Hay que diferenciar entre:

Garantía de Fabricación

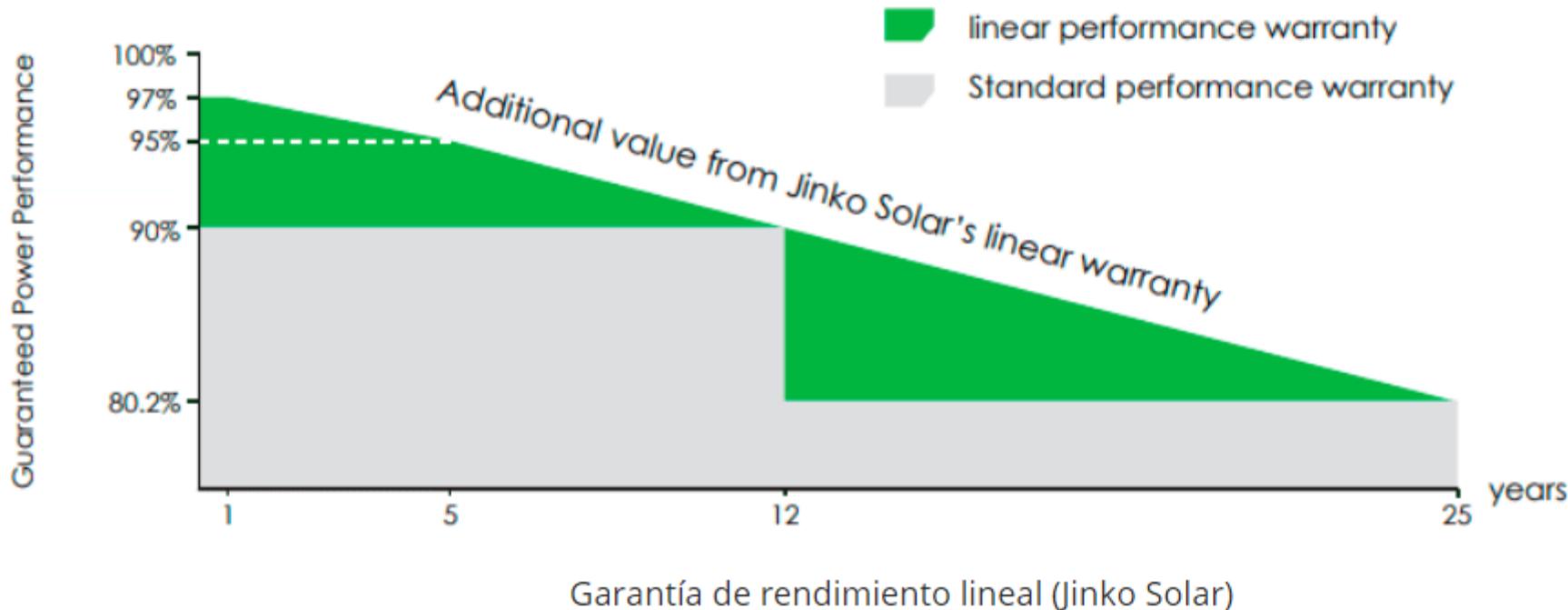
La mayoría de los módulos fotovoltaicos tienen una garantía mayor o igual a 10 años. Esto significa que si un módulo tiene una falla de fábrica debe ser sustituido inmediatamente para no causar daños en la planta solar.

Garantía de rendimiento

Los módulos FV cristalinos sufren una pequeña degradación en el tiempo, lo que conlleva cada año a producir un poco menos dependiendo del tipo y de la calidad del módulo. La mayoría de los paneles tienen una garantía de potencia de salida hasta el año 25 después de la puesta en marcha, lo que quiere decir, que el fabricante asegura una disminución máxima del 19.8% en su eficiencia a los 25 años con respecto a su potencia nominal.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Guaranteed power performance: rendimiento de potencia garantizado

Seguridad en la operación

Riesgo de incendio

El riesgo de incendio depende principalmente de la flamabilidad de los componentes empleados en el SFV y de los peligros de ignición presentes en el mismo. Uno de los factores que afectan a la flamabilidad de los componentes es el tipo de material usado, cuán cerca se encuentra dicho material de la superficie, de las esquinas y áreas perimetrales. Otros factores de riesgo son la dirección y velocidad del viento y el espacio entre las filas de los módulos.



Incendio en sistema solar FV

Entre los peligros de ignición se encuentran, entre otros aspectos, el arco eléctrico, la presencia de madera u otros materiales combustibles (hojas secas), cortocircuitos en las cajas de combinación, recalentamiento de terminales y conectores, fallo de componentes electrónicos en el inversor o daños en el aislamiento de los cables.

Ejemplo de arco eléctrico

https://vimeo.com/446541027/6ccbf51a0a?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

Seguridad en la operación

Uso de componentes retardantes al fuego

Construcción de pasillos técnicos que actúen como cortafuegos.

Extensión del sistema de detección y extinción de incendios hasta el techo o hasta el emplazamiento del SFV.

Instalación de componentes y sistemas de monitoreo que pueden detectar fallos tales como fallas a tierra o arcos. Estos dispositivos informarán sobre la probabilidad de un incendio.

Seguridad en alturas

Algunos de los aspectos que se deben controlar en los trabajos relacionados a las instalaciones fotovoltaicas en altura, son:

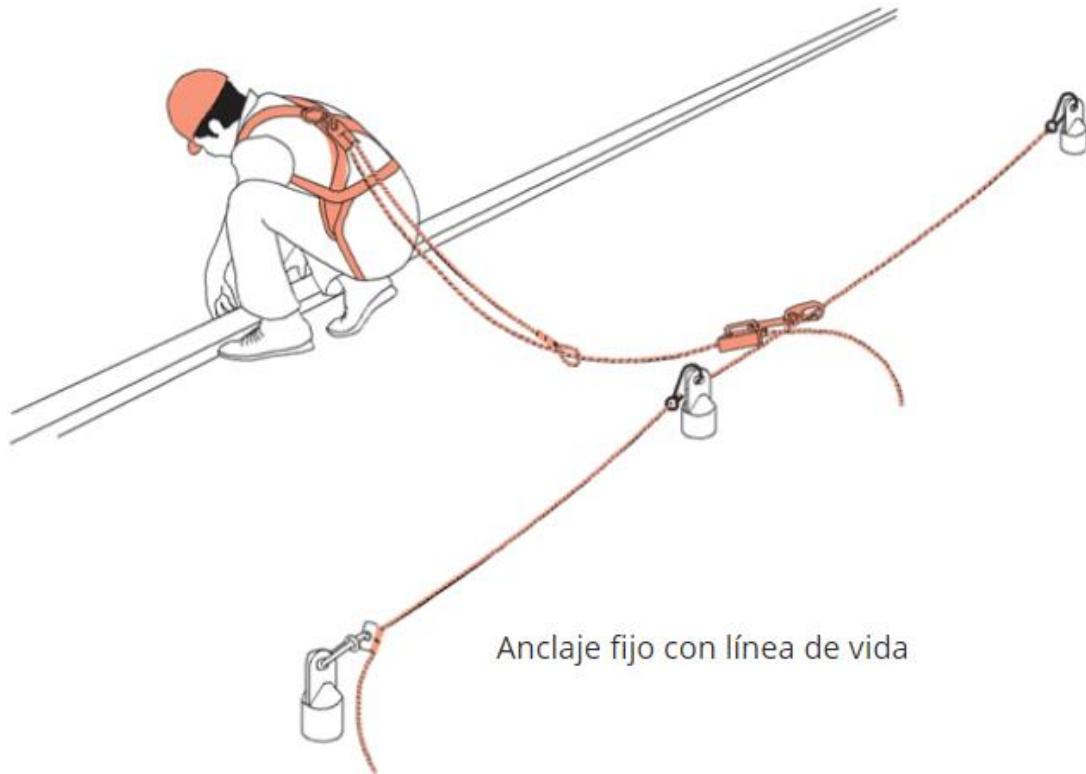
- Protección anticaída, para lo cual se deben revisar las recomendaciones de las instituciones de seguridad laboral.
- Plataformas elevadoras, andamios y escaleras deben ser usados según las especificaciones del fabricante y sus normas.
- Elementos de Protección Personal (EPP) en buen estado.



Plataforma de elevación hidráulica



Andamio certificado



Escalera metálica con línea de vida



Eslinga en (X), eslinga en (Y) y eslinga sencilla

Los sistemas fotovoltaicos son muy confiables y seguros, su vida útil puede llegar hasta los 25 años. Sin embargo, con el paso del tiempo, el sistema está expuesto a la intemperie con cambios de temperatura, lluvia, tormentas, radiación ultra violeta (UV), entre otros. Aunque todos los componentes tienen que cumplir los requerimientos normativos para la intemperie, las fallas (por ejemplo: un fusible defectuoso) se pueden presentar.

Los principales componentes de un plan de mantenimiento son: **El mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.**



Un plan de O&M debe incluir:

M

- Lista de información del contacto responsable para el mantenimiento y del propietario del inmueble, así como los números de emergencia.
- Descripción y documentación del sistema con planos as-built, especificaciones, registros fotográficos y las consideraciones de seguridad especiales.
- Estimaciones de rendimiento y estudios de irradiación/sombra, incluyendo una descripción de las condiciones nominales para que sea más fácil identificar el mal funcionamiento o desviaciones del sistema solar.

T

- Manuales de los equipos donde se señalen las descripciones de indicadores operacionales, medidores, mensajes de error, guía con problemas comunes e instrucciones para acercarse a la solución de cada problema.
- Lista de actividades de mantenimiento preventivo (inspecciones) que deben realizarse, con frecuencia, estimación de duración y recursos físicos estimados para cada una de ellas.
- Las actividades de mantenimiento previamente mencionadas deben ser valorizadas. Además, se debe estimar un presupuesto adicional como una provisión de recursos en el caso que la instalación fotovoltaica presente fallas.

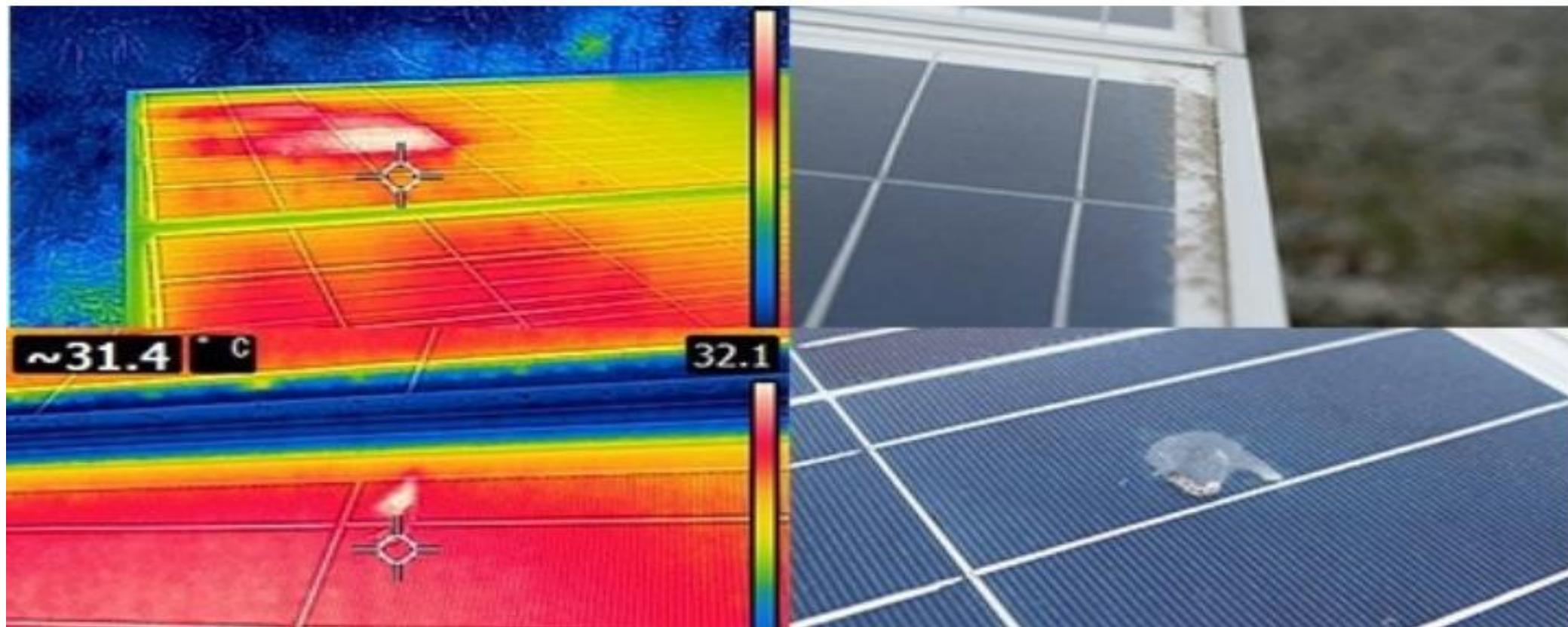
T

- Procedimientos para las pruebas después de realizada la intervención o una reparación.
- Listado de todos los equipos con marca, modelo, números de serie y mapa de ubicación en el sistema.
- En el caso de un mantenimiento externo, se deberá contar con los contratos de mantenimiento, identificando el alcance del servicio, la documentación de operación existente, los tiempos de respuesta especificados y la disponibilidad acordada (p. ej. 24 h x 7 días por cada semana, entre otros.)

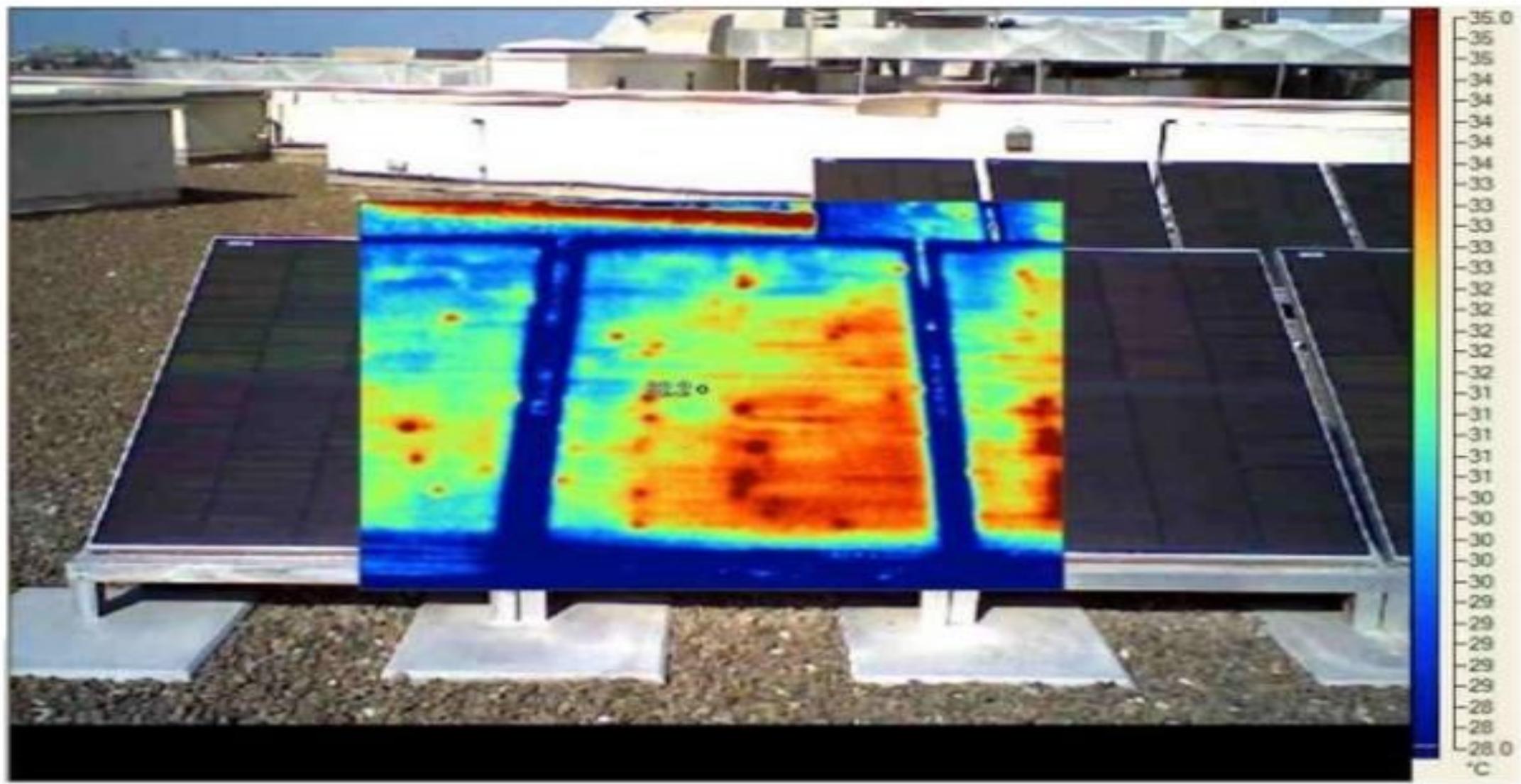
O

- Garantías del instalador y de los equipos que componen el sistema.
- Informes mensuales, trimestrales y anuales.
- Presupuesto para el mantenimiento que incluye además los costos operativos de monitoreo y diagnóstico, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, y un importe global para cubrir gastos adicionales, tales como reemplazar componentes después de la garantía.

La Imagen muestra la aparición de un punto caliente (hostpot) debido al excremento de un animal.



Punto caliente debido al excremento de un animal



- Puntos calientes debido al polvo acumulado en los módulos

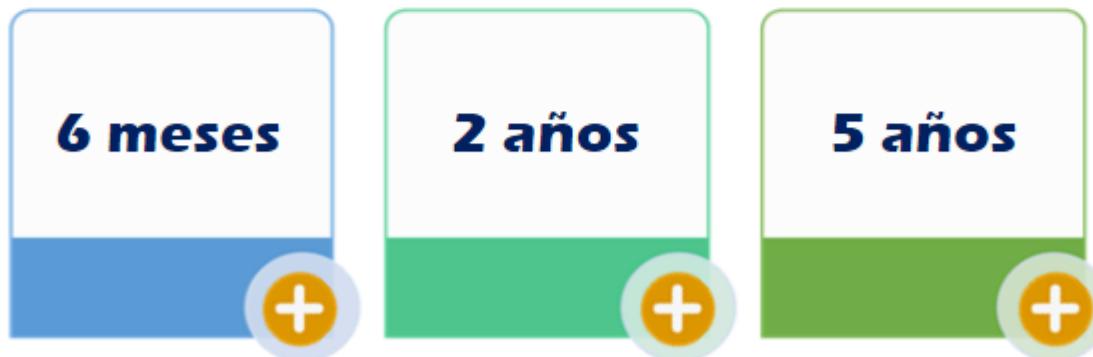
VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

En la siguiente tabla podemos tomar como referencia los valores máximos de Resistencia de Puesta a Tierra (RPT) adoptados por las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RPT
Estructuras de líneas de transmisión	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión	25 Ω

Línea eléctrica

De una buena conservación de esta línea dependerá el correcto funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica y de las protecciones de la misma. La parte más delicada de la línea eléctrica corresponde a la línea de CC sobre cubierta, por estar sometida a las inclemencias atmosféricas y agentes externos. El mantenimiento de la línea eléctrica consiste en:



- Comprobación del estado de la cubierta y aislamiento de los cables, así como las protecciones mecánicas de los mismos. Si presenta algún síntoma de deterioro, se debe sustituir el tramo completo.

2 años



- Comprobación del estado de los bornes de abroche de la línea general de alimentación en la caja general de protección (CGP), mediante inspección visual.
- Abrir las cajas de paso y comprobar el estado de empalmes y conexiones (sulfatación de contactos, óxido, etc.). Se deben sustituir las terminaciones en caso de encontrar deterioro de las mismas.

5 años

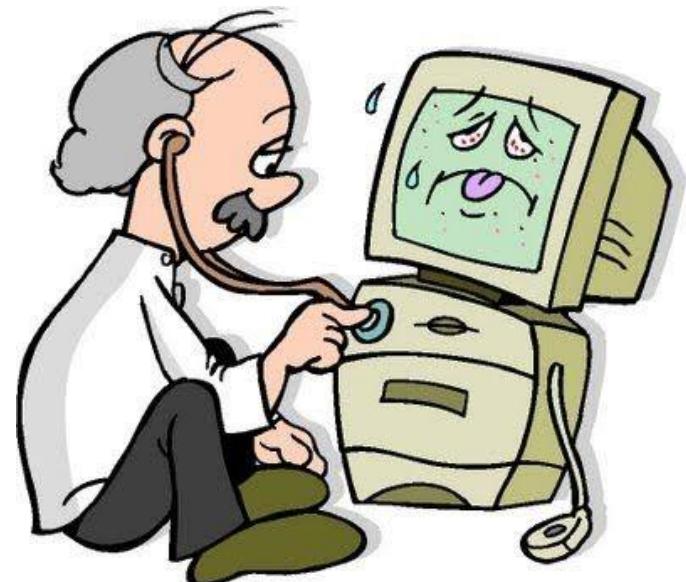


- Comprobación del aislamiento entre fases y entre cada fase y neutro..



Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo corresponde a todas las operaciones de reparación y/o sustitución de partes necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. Aunque el objetivo del mantenimiento preventivo es reducir la necesidad de reparaciones inesperadas, es importante conocer los procedimientos de éste para poder hacer frente a situaciones que requieran de acciones inmediatas, de tal forma que se reduzcan los costos asociados al tiempo de inactividad no planificado del sistema o la reducción en la generación.



Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo después de la detección de una falla, ya sea mediante supervisión y monitoreo remoto o durante inspecciones periódicas y actividades de medición específicas.

El mantenimiento correctivo incluye tres actividades:

1

Diagnóstico de fallas también conocido como análisis de problemas (troubleshooting en inglés) para identificar la causa y localización de la falla.

2

Reparación temporal, para restaurar la función requerida de un elemento defectuoso por un tiempo limitado, hasta que se lleve a cabo una reparación.

3

Reparación, para restaurar la función requerida de manera permanente.

Mantenimiento correctivo

En los casos en que la planta o los segmentos FV necesitan desconectarse, el mantenimiento correctivo debería ser programado durante la noche o en horas de baja irradiación lo que se consideraría la mejor práctica, ya que la generación de energía en general no se ve afectada.



Mantenimiento correctivo

1. Fallas típicas

Las fallas más comunes en los SFV se presentan en los inversores; razón por la cual el mantenimiento de estos equipos representa el mayor porcentaje en costos (aproximadamente el 50% de los costos totales de mantenimiento de todo el SFV). Las fallas en los inversores son responsables de la mayoría de las paradas de la planta no planificadas. Entre el 60-69% de las fallas reportadas corresponden al inversor (sin considerar fallas por problemas en la instalación).

La vida útil promedio de estos equipos es de unos 10 años aproximadamente dependiendo del fabricante.



Los períodos en los que el inversor no está operando son considerados las causas de las pérdidas más grandes del sistema y pueden ser ocasionadas por muchas razones, como, por ejemplo:

- 1) Interrupción total del inversor a causa de mantenimiento o falla en la red eléctrica.
- 2) Interrupción total del inversor como consecuencia de algún trabajo en el sistema eléctrico del activo.
- 3) Falla de los ventiladores por exceso de material acumulado (generalmente polvo).
- 4) Falla del inversor, condición que continúa hasta su reparación o reemplazo. Corriente residual demasiado alta.
- 5) Corriente de fuga demasiada alta. Corriente CC demasiada alta.
- 6) Limitación de potencia a causa de temperaturas altas o sobrecarga (con imagención desfavorable).
- 7) Falta de sincronización con la red. Voltaje y/o frecuencia fuera de rango.

Mantenimiento a inversores en cadena y centrales

https://vimeo.com/446540991/9578bacde6?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

El encargado de la O&M tenga claro qué hacer en caso de una falla del inversor. Esta información la entrega el fabricante en el manual del inversor.

Normalmente consiste en las instrucciones sobre qué hacer para detectar la causa de interrupción y con qué medidas solucionarla. También contiene el contacto de asistencia profesional si el problema solo se puede solucionar por personal especializado en inversores de este fabricante. Algunos fabricantes otorgan inversores de recambio durante el tiempo de reparación, pero no todos.

Manual de instrucciones Inversor

<https://drive.google.com/file/d/1auq99i1RWMc1EzmLrgVLs2m2zStDG9DI/view>

Fronius Symo

3.0-3-S / 3.7-3-S / 4.5-3-S

3.0-3-M / 3.7-3-M / 4.5-3-M

5.0-3-M / 6.0-3-M / 7.0-3-M

8.2-3-M

10.0-3-M-OS / 10.0-3-M / 12.5-3-M

15.0-3-M / 17.5-3-M / 20.0-3-M

Fronius Eco

25.0-3-S / 27.0-3-S

Manual de instrucciones

Inversores para instalaciones fotovoltaicas acopladas a la red

Kezelési útmutató

Hálózati inverter

Kullanım kılavuzu

Şebeke bağlantılı inverter



Mantenimiento correctivo

Módulos fotovoltaicos

Los módulos FV son la base de la generación de energía, por lo tanto, cualquier falla afecta el funcionamiento global del sistema. A continuación, se describen algunas de las principales causantes de fallas en los módulos FV.

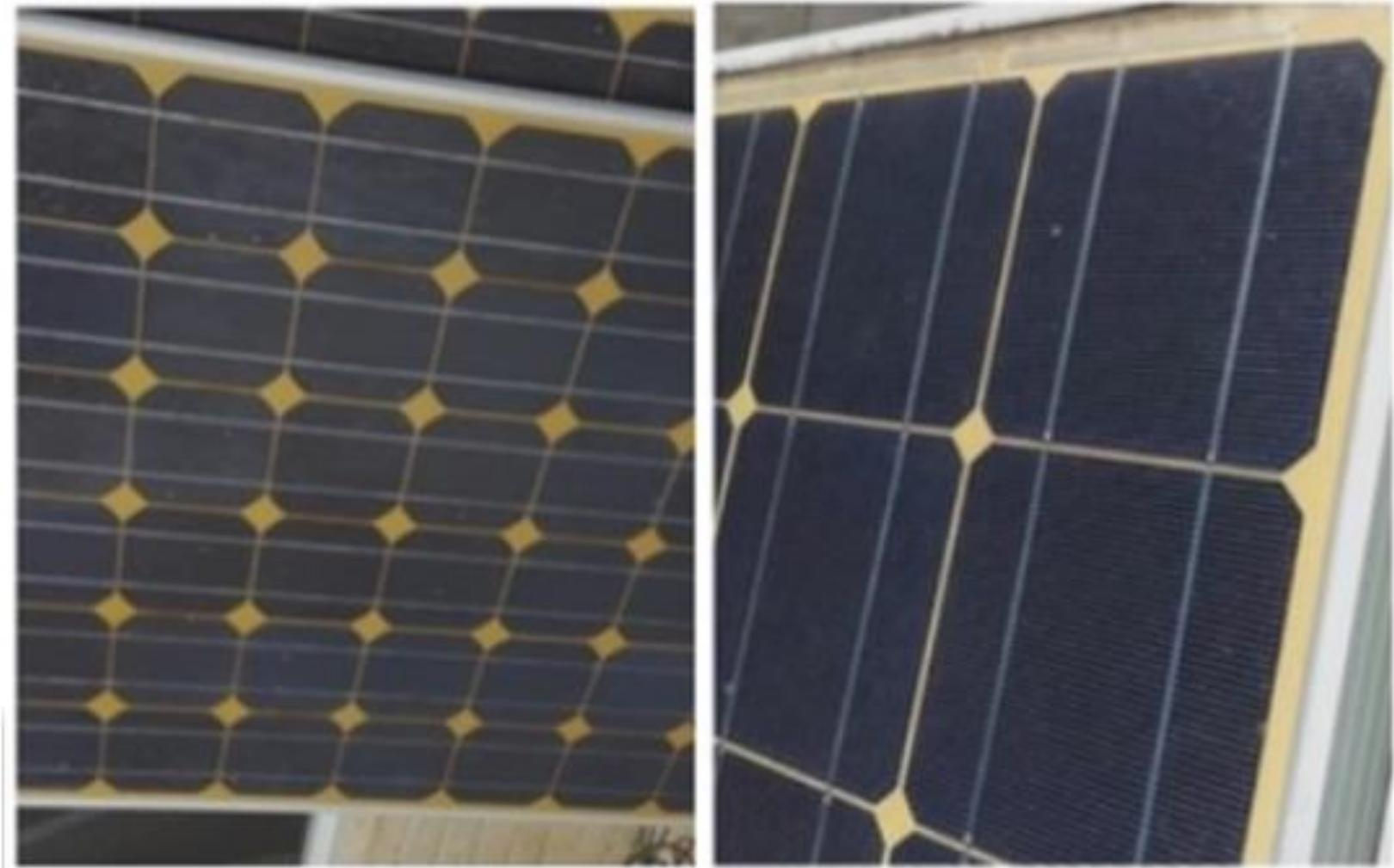
Vidrio quebrado

A continuación, se presenta una Imagen en la cual se observa un módulo fotovoltaico con el vidrio quebrado producto de un golpe con algún elemento contundente.



DEGRADACIÓN

El principal factor en este proceso es el envejecimiento, que puede ocasionar corrosión y deslaminación, al mismo tiempo que afecta a las propiedades de los materiales fotovoltaicos.



Delaminación

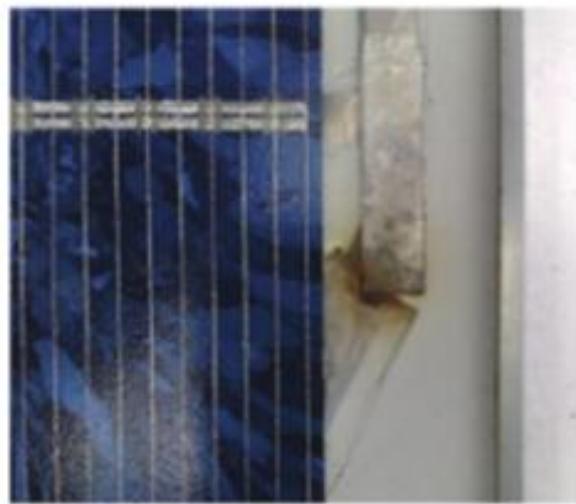
Este efecto aparece por incompatibilidad de los materiales, laminado viejo, impureza del vidrio o similar. Aunque en las etapas iniciales no se vea reflejado en el rendimiento, no es posible estimar la influencia durante la vida útil de los módulos afectados.

Denominamos “delaminación” al fenómeno de la pérdida de adhesión de las diferentes capas que forman un módulo fotovoltaico



Interconexión defectuosa

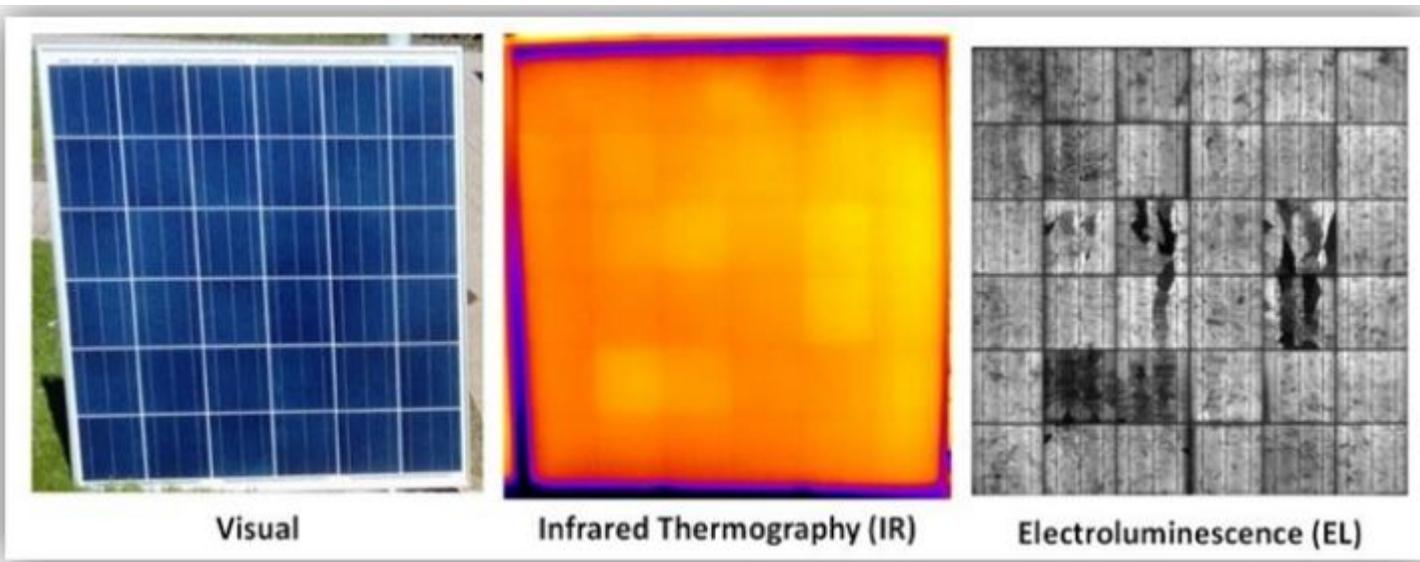
La corriente eléctrica circula a través de la celda FV por una red de conductores finos, que se unen en las barras de distribución (busbar). Entre las celdas la corriente fluye por las conexiones que están soldadas. Si las soldaduras no tienen un buen contacto, se puede generar un estrés mecánico y térmico. Una soldadura defectuosa significa una resistencia alta, que siempre está acompañada con temperaturas altas, lo que puede dañar o hasta quemar el laminado y el folio de la parte posterior.



Ejemplo interconexiones defectuosas

Roturas y micro-roturas

Pueden ser causadas por estrés mecánico o térmico sobre la celda durante la fabricación, transporte, instalación o por condiciones ambientales como viento o en algunos lugares con nieve. Es difícil evitar micro-roturas en las celdas finas de la actualidad. ¿En qué medida afectan estas micro-roturas el rendimiento de una celda? Depende de su cantidad, longitud y su curso. No obstante, es importante identificar las roturas e informar al fabricante o instalador, pues siempre existe el riesgo que se multipliquen y generen en el futuro una reducción en el rendimiento. Es considerable recordar que los daños producidos en las celdas por maltrato durante el transporte o instalación quedan excluidos de la garantía.



Este tipo de averías es de difícil detección, por lo que se usa la técnica de electroluminiscencia, vista anteriormente

Puntos y celdas calientes (Hot spots)

El sobrecalentamiento localizado en una celda ocurre cuando una de ellas está cubierta (p. ej, por sombras) y actúa como consumidor (disipando el calor), alcanzando altas temperaturas.

Las causantes principales de los puntos calientes son las condiciones de sombra junto con la falla de un diodo bypass. El diodo bypass es el sistema de protección contra puntos calientes y permite que la corriente circule por la(s) celdas sombreada(s) así reduciendo la pérdida de potencia dentro del módulo sombreado y su efecto al string, alargando la vida útil del módulo. Por su diseño, este elemento es propenso a sobretensión, principal razón de su falla.

Aunque las pérdidas de potencia asociadas a los puntos calientes son bajas, esta parte de la celda queda dañada de manera irreversible.

Se puede detectar visualmente o por medio de una cámara térmica.



Rayaduras (Scratches)

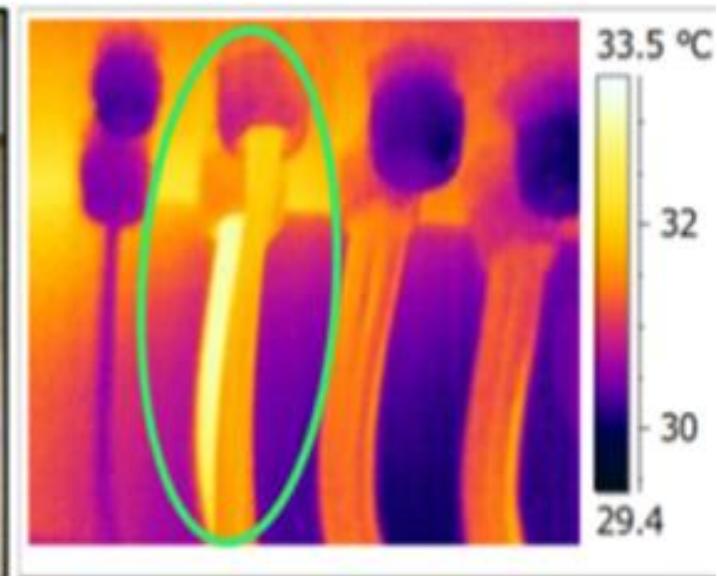
El “scrtatch” o rayadura se produce principalmente por la manipulación inadecuada al arrastrar un módulo que se encuentra sobre otro y cuando este es levantado por una única persona en vez de dos, contradiciendo las indicaciones del manual del fabricante.



Mantenimiento correctivo

Cableado y conexiones

Un cableado ejecutado según las normas vigentes minimiza el riesgo de fallas. Sin embargo, es importante revisar el cableado que está expuesto a la intemperie regularmente para identificar roturas en el aislamiento (p.ej, debido a daños por roedores), degradación por acción de los rayos UV o cuarteamiento de la envolvente. Las conexiones “plug in” deben ser del mismo tipo y unirse correctamente.



Mantenimiento correctivo

Estructura de montaje



Corrosión en
estructuras
solares

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo (o basado en la condición) es la práctica de usar información en tiempo real para llevar a cabo medidas preventivas como limpieza, monitorización de la temperatura del inversor, o mantenimientos correctivos, anticipándose así a las fallas o encontrándolas tempranamente; este tipo de mantenimiento permite planificar acciones preventivas al fin de evitar que la posible falla se vuelva real. Su objetivo es disminuir la frecuencia de las medidas correctivas, reduciendo el impacto en los costos del mantenimiento correctivo.



Mantenimiento de planta solar fotovoltaica

https://vimeo.com/446540978/2f1d4d1254?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

consiste en utilizar información en tiempo real de los dispositivos y compararlos con los que entrega el fabricante y con ello realizar medidas preventivas para anticipar futuras fallas.

incluye Inspección Termográfica de módulos, inversores, conexiones eléctricas en AC y DC y tableros
Medidas de voltaje y corriente y curva VI en los modulos etc.



Mantenimiento de planta solar fotovoltaica

https://vimeo.com/446540978/2f1d4d1254?embedded=true&source=video_title&owner=107268202

GRACIAS POR SU TIEMPO

**YA LISTO PARA ASISTIR A LA VISITA DE
PLANTA FOTOVOLTAICA LAS BRISAS**