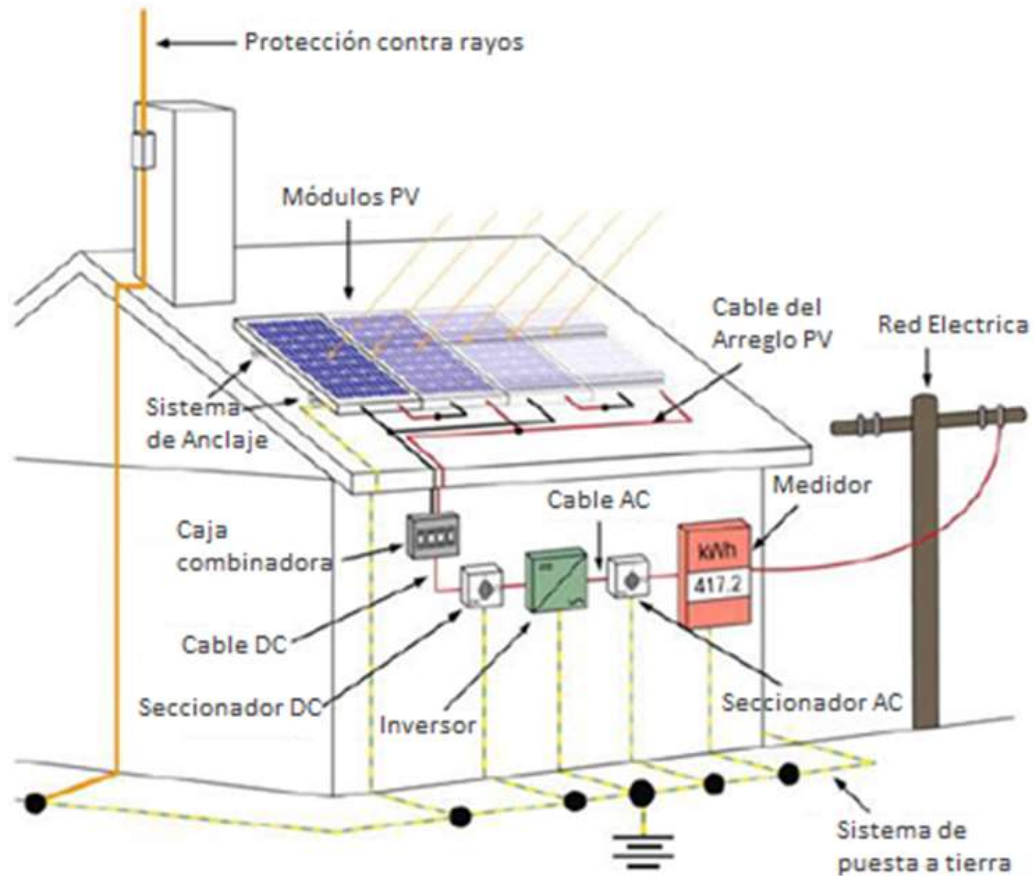


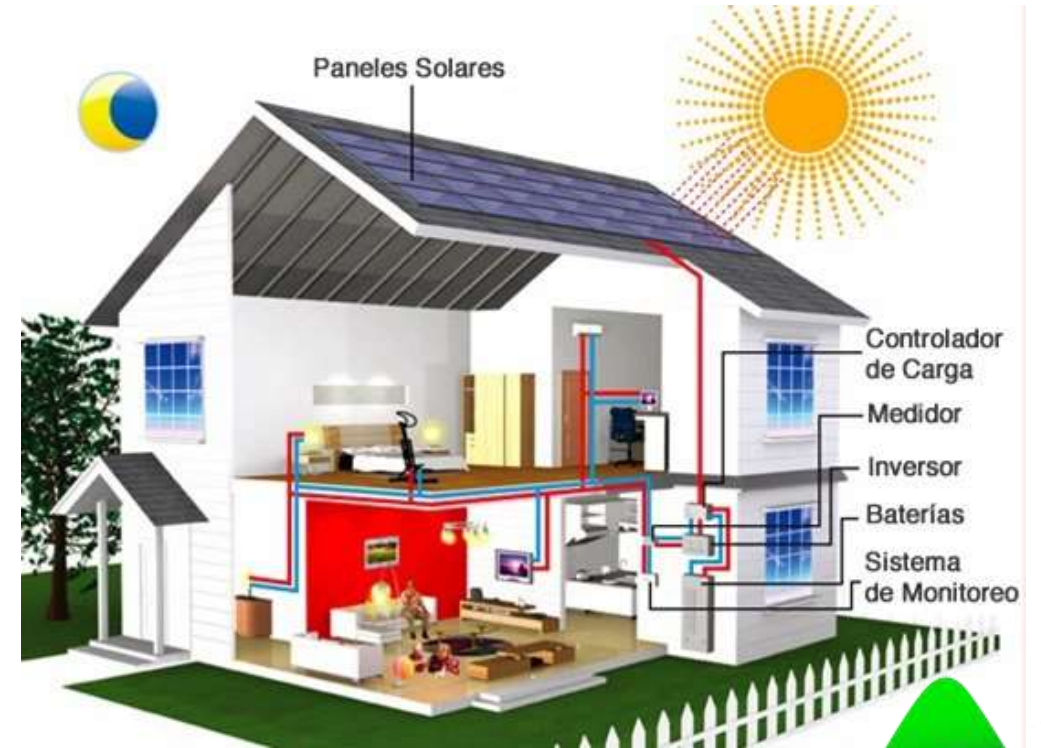
Pruebas de funcionamiento, O&M y pronóstico de generación para plantas FV



Tipos de sistemas FV de mayor uso



Sistema "On Grid"



Sistema "Off Grid"



O&M Sistemas solares fotovoltaicos



¿ Por que hacer O&M?

- Prevenir fallas, maximizando la vida útil de los componentes de un SSFV
- Mantener la fiabilidad de las componentes para que operen de manera continua y eficiente
- Minimiza la pérdida de producción y cumpla con los plazos de entrega para los clientes
- Mantener la seguridad laboral de empleados
- Reducir costos y riesgos en general.
- Notificación en vivo de información de sistema.
- Garantizar ROI esperado.



Recomendaciones para Operación y mantenimiento



Proceso O&M



Comisionamiento

Diagnóstico

Documentación



Plan de O&M

Alcance

Indicadores

Seguridad



Mantenimiento

Predictivo

Preventivo

Correctivo



Operación

Sistema de monitoreo



Administración

Gestión de activos
de generación

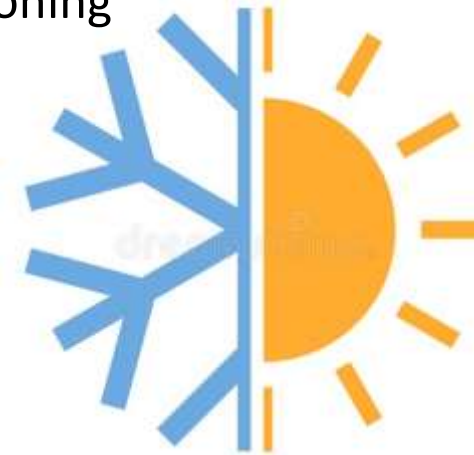


Puesta en marcha de un SSFV o “COMMISSIONING”

Proceso de aseguramiento de calidad, mediante el cual se verifica y documenta que la instalación, sus sistemas y componentes cumplan con los objetivos y criterios definidos.



Cold Commissioning



Hot Commissioning



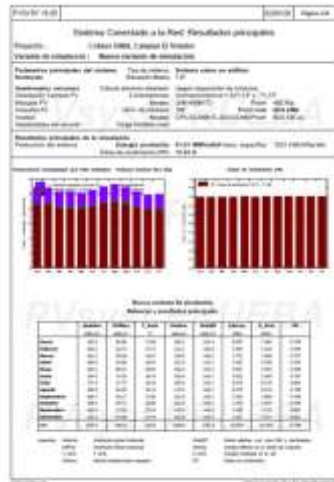
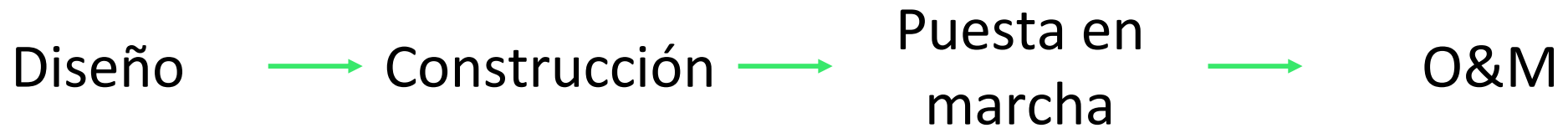
Puesta en marcha de un SSFV o “COMMISSIONING”

- Chequeo visual de todas las componentes y conexiones.
- Verificación de la polaridad de los conductores.
- Medidas de V_{oc} , V_m , I_{sc} y la I_m para todos los circuitos.
- Medidas de aislamiento en los conductores DC/AC.
- Verificar que todos los marcos de módulos FV y estructuras estén puestas a tierra.
- Medidas a la entrada y salida del inversor.
- Termografía al arreglo FV
- Medida de las curvas I-V de cada circuito (opcional).
- Verificación de planos (Asbuilt, diagrama de conexión, unifilares)
- Entre otros

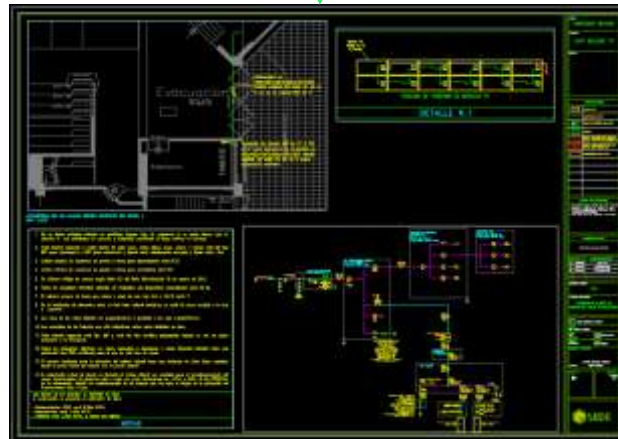
Para mayor detalle, revisar la **IEC 62446-1**



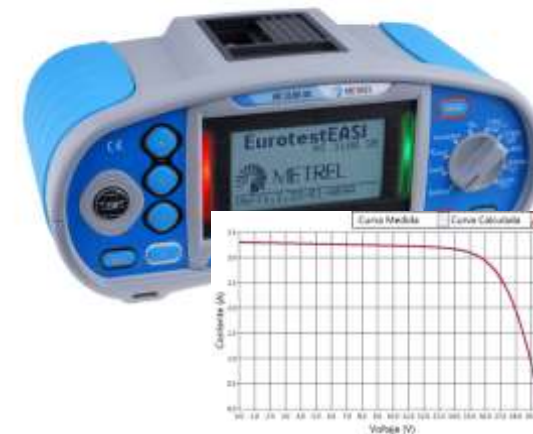
Documentación a revisar



Memorias de calculo



Planos As-built



Informe con resultados de medición



Documentación a revisar

Documentos
adicionales



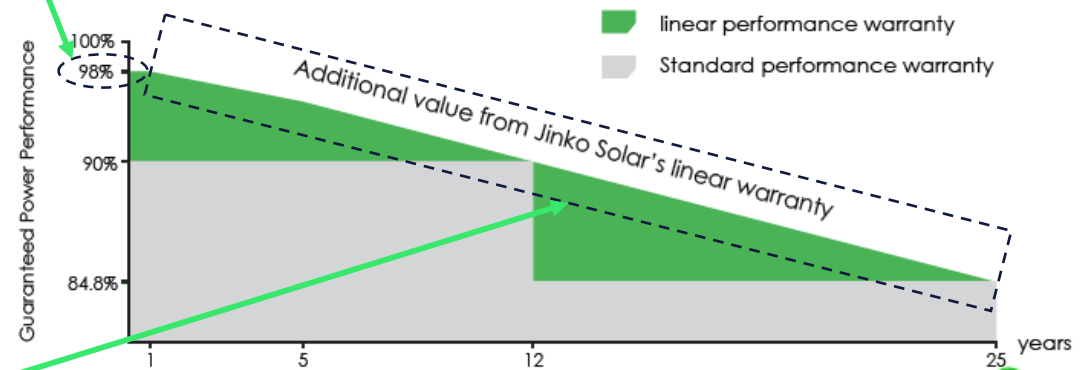
- Fichas técnicas de equipos
- Información de contacto de los proveedores de los equipos
- Garantías de los equipos
- Certificado RETIE

Pérdidas LID (Light
Induced Degradation)

Degradación
anual

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

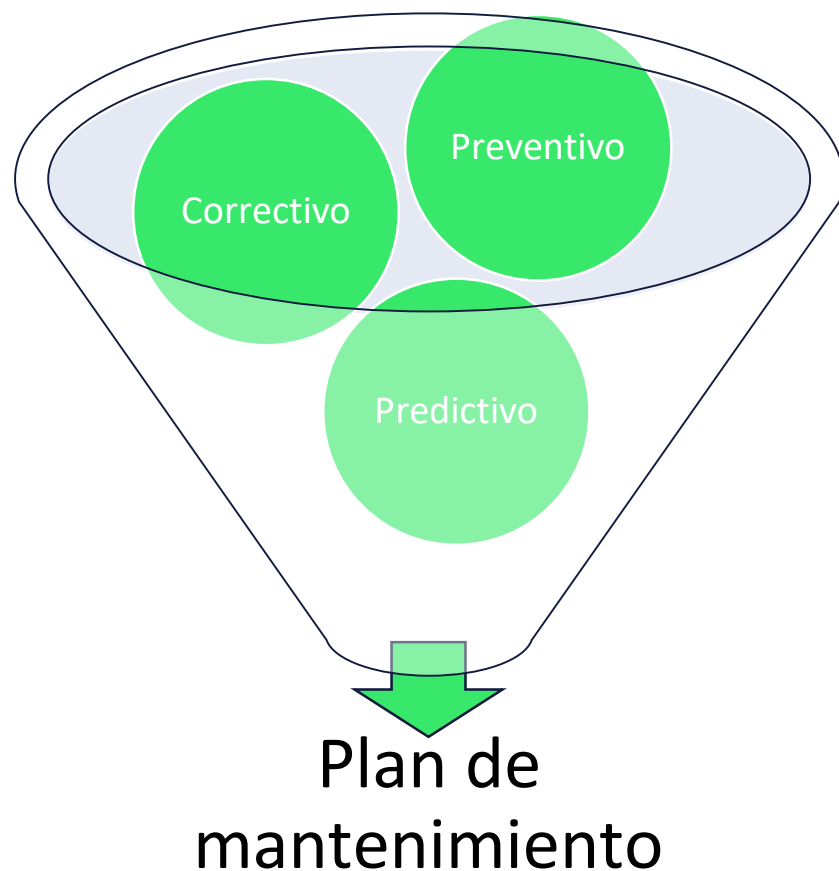
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 30 years



Ej. garantía de producción para módulos
JKM520-540M-72HL4-V-A1.1-EN



Plan de mantenimiento



Considerando la variabilidad de los sistemas FV instalados en el mercado, las distintas condiciones ambientales, las distintas capacidades y la variedad de equipos e instaladores, no es posible diseñar un plan de mantenimiento que se ajuste completamente a todos los proyectos. Así, en esta sección se dan recomendaciones



O&M EN TIPOS DE SISTEMA



DISTRIBUIDA EN CUBIERTA



CENTRALIZADA "GRAN ESCALA"



Plan de operación y mantenimiento

Dentro del seguimiento técnico, se deben de realizar seguimientos en términos de

O&M preventivo

- Actividades enfocadas a minimizar pérdidas de energía y costos extra por incidencias.
- Limpieza de equipos y módulos.
- Sustitución periódica de equipos (filtros, ventiladores, protecciones ...)

O&M predictivo

- Ejecución de procedimientos.
- Planificación en función del alcance anual.
- Análisis de rendimiento (módulos y resto de equipos)
- Estudios termográficos, curvas IV, medición de aislamiento.
- Pruebas de calidad energética.

O&M correctivo

- Reparaciones minimizando pérdida de producción por avería.
- Minimizar consecuencias, como daños en otros equipos.
- El costo del O&M correctivo siempre es más elevado, es conveniente la búsqueda de alternativas mediante la extensión de garantías en equipos principales.



Definición de OPEX (\$/kWp)



El plan de mantenimiento debe incluir:

1. Recepción de proyecto y aprobación de comisionamiento.
2. Lista de información de contacto del responsable del mantenimiento y del propietario del inmueble, así como los números de emergencia.
3. Descripción y documentación del sistema con planos *as-built*, especificaciones, registros fotográficos y las consideraciones de seguridad especiales.
4. 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.
5. Los manuales de los equipos
6. Check list de actividades de mantenimiento preventivas y predictivas definidas con frecuencia, tipo, alcance, estimación de duración y recursos físicos estimados para cada una de ellas
7. Procedimientos y check list de registro de actividades, junto con lineamientos de SST definidos.
8. Listado de todos los equipos con marca, modelo y números de serie y mapa de ubicación en el sistema.
9. Informes mensuales, trimestrales y anuales.



El plan de mantenimiento debe incluir:

10. Garantías del instalador y equipos del sistema.

11. En el caso de un mantenimiento correctivo, fuera de garantías, 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 planteada para cada caso.

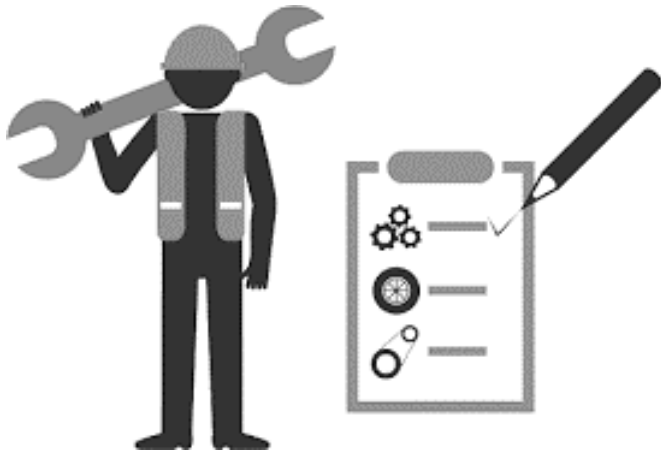
12. Presupuesto para el mantenimiento que incluye además los costos operativos de monitoreo y diagnóstico, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, y un costo adicional para cubrir gastos adicionales, tales como consumibles o reparación de componentes después de la garantía.



Operación y mantenimiento

- Inspección y control visual
- Pruebas de desempeño
- Acondicionamiento y limpieza
- Gestión y monitoreo

Componente por componente.



Item	Descripción de Actividades	Duero	Cuatrimestral	Semestral	Anual	Según Ocurrencia
1.	Inspección y control visual					
1.1	Verificación de funcionamiento y prueba de encendido de inversores					
1.2	Verificación de corrosión en estructura de módulos e inversores					
1.3	Verificación de accesos y sombras en el sistema solar fotovoltaico					
1.4	Verificación de hermetismo de cajas en DC y tableros.					
1.5	Verificación del estado de DPS en DC y AC					
1.6	Verificación de fisuras en módulos solares fotovoltaicos					
1.7	Verificación de corrosión en las bandejas porta cables y soportes					
1.8	Verificación del estado de MC4, separación de los mismos con la cubierta o suelo e indagación de signos					
1.9	Verificación de desagües y accesos de agua					
1.10	Verificación del estado del cableado en DC y AC					
1.11	Verificación de marquillas y señalización					
1.12	Verificación de uniones equipotenciales					
2.	Pruebas de desempeño					
2.1	Inspección, medición y ajuste de conexiones de puesta a tierra					
2.2	Medición de corriente circulante en los conductores					
2.3	Termografía de módulos solares fotovoltaicos, inversores, cableado AC y DC, protecciones y tableros AC, DC y de monitoreo					
2.4	Verificación de calibración de piranómetro y sensores de temperatura					
2.5	Medición de irradiancia incidente					
2.6	Pruebas de las diferentes parada de emergencia de la planta					
2.7	Estudio de curvas I-V de los strings					
2.8	Prueba de aislamiento a cableado AC					
2.9	Medición de resistividad DC					
2.10	Pruebas de protecciones en inversores y tableros AC					
2.11	Medición de corriente y voltaje AC y DC					
3.	Acondicionamiento y limpieza de equipos					
3.1	Limpieza de módulos fotovoltaicos					
3.2	Limpieza de contador					
3.3	Limpieza de gabinetes y tableros DC y AC					
3.4	Limpieza de estación(es) meteorológica					
3.5	Limpieza superficial de inversores					
3.6	Limpieza de ranuras y sistema de ventilación, así como caja de conexión de inversores					
3.7	Verificación de funcionamiento y condiciones de breakers, relés y fusibles					
3.8	Verificación de torque y refuerzo de conexiones y puntos de anclaje					
3.9	Verificación de torque y refuerzo de estructura de fijación en cubierta					
4.	Gestión y monitoreo					
4.1	Monitoreo remoto hora a hora del sistema siempre y cuando se cuente con la plataforma de monitoreo: ERCO CLOUD					
4.2	Reporte de operación y mantenimiento del sistema					
4.3	Solicitud de garantías a fabricante y gestión de repuestos					



Mantenimiento Preventivo: Módulos FV

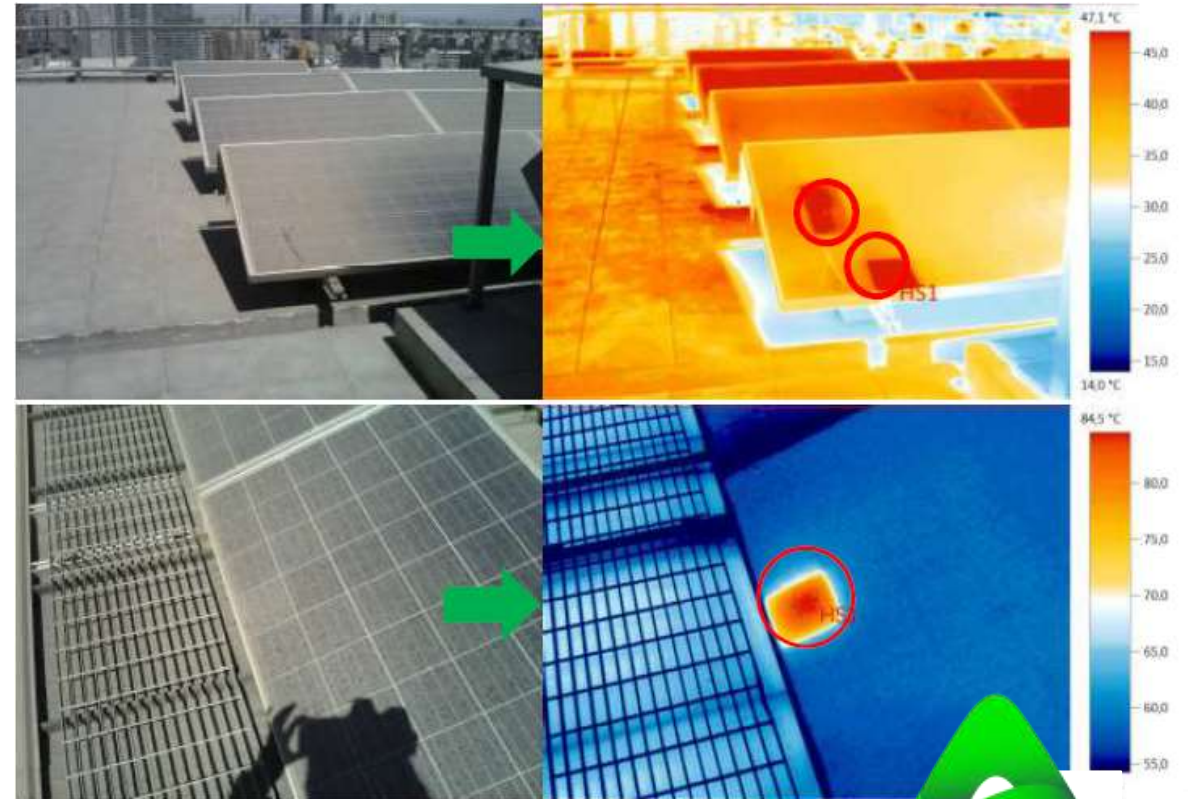
La acumulación de polvo y suciedad en los módulos FV, al igual que objetos como hojas, polen, papeles, excrementos de animales, ramas de árboles o contaminación urbana, reduce o anula la producción de energía en las células FV.



Mantenimiento Preventivo: Módulos FV

Los siguientes factores condicionan la pérdida de generación eléctrica por suciedad en un módulo FV:

- Composición fisicoquímica del material.
- Espesor.
- Inclinación.
- Humedad relativa del aire.
- Disposición horizontal o vertical de los módulos.
- Uso de módulos FV con o sin marco.



Mantenimiento Preventivo: Módulos FV

Recomendaciones para la limpieza:

- Leer las instrucciones de limpieza del fabricante del módulo.
- Tomar todas las medidas de seguridad necesarias.
- No se debe caminar sobre los módulos FV. No solo daña a los módulos, además se corre el riesgo de resbalar.
- Confirmar que no hay módulos rotos. Nunca rociar agua sobre módulos dañados.
- Identificar zonas de riesgo que podrían ser muy resbaladizas al caerles agua.
- Planificar hacia dónde va a escurrir el agua (presencia de drenajes).
- Verificar la temperatura del módulo. Evitar diferencias de temperatura entre el agua y el módulo, es decir, no usar agua muy fría sobre un módulo caliente y viceversa. Privilegiar la limpieza temprano por la mañana o al final del día.



Mantenimiento Preventivo: Módulos FV

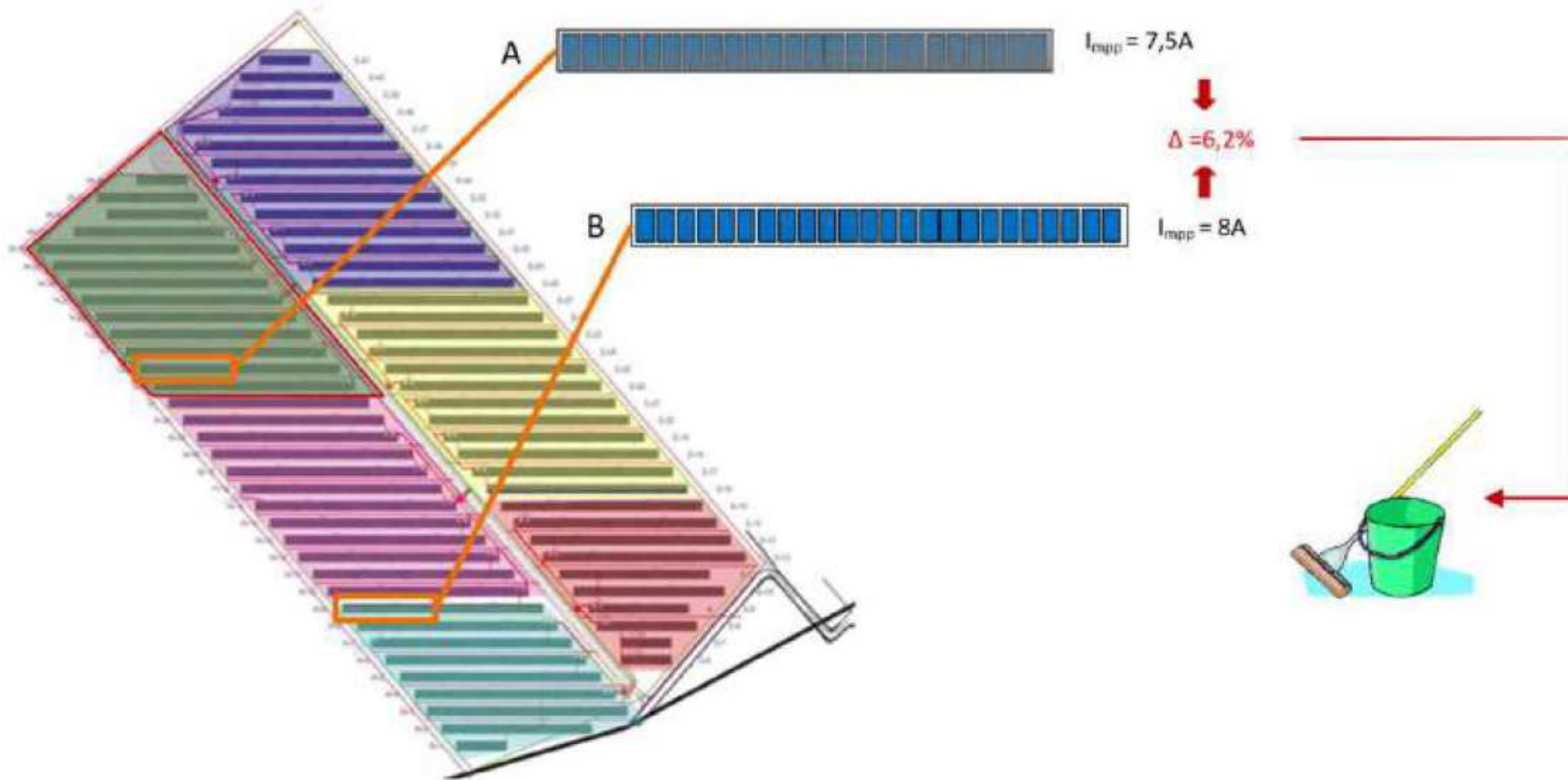
Durante la limpieza de los módulos se deben considerar los siguientes aspectos:

- Determinar si hay una fuente de agua cercana (grifo).
- No usar agua destilada.
- Usar agua pobre en cal (no alcalina).
- Verificar que el agua utilizada no tiene alto contenido de sales o componentes que dejen rastros sobre el vidrio de los módulos.
- De manera general, se recomienda usar cantidades abundantes de agua (sin detergentes o disolventes) y un utensilio de limpieza de cerdas suave, por ejemplo, una esponja, una tela o algodón. Es preferible agua desionizada para evitar manchas. Se debe procurar no cepillar o limpiar con instrumentos rígidos o metálicos, como una espátula, para evitar rayar la superficie. Esto es especialmente importante cuando el módulo tiene capa antirreflejo sobre la superficie del vidrio.
- No usar agua a presión. Se recomienda una presión de 50 a 70 psi.



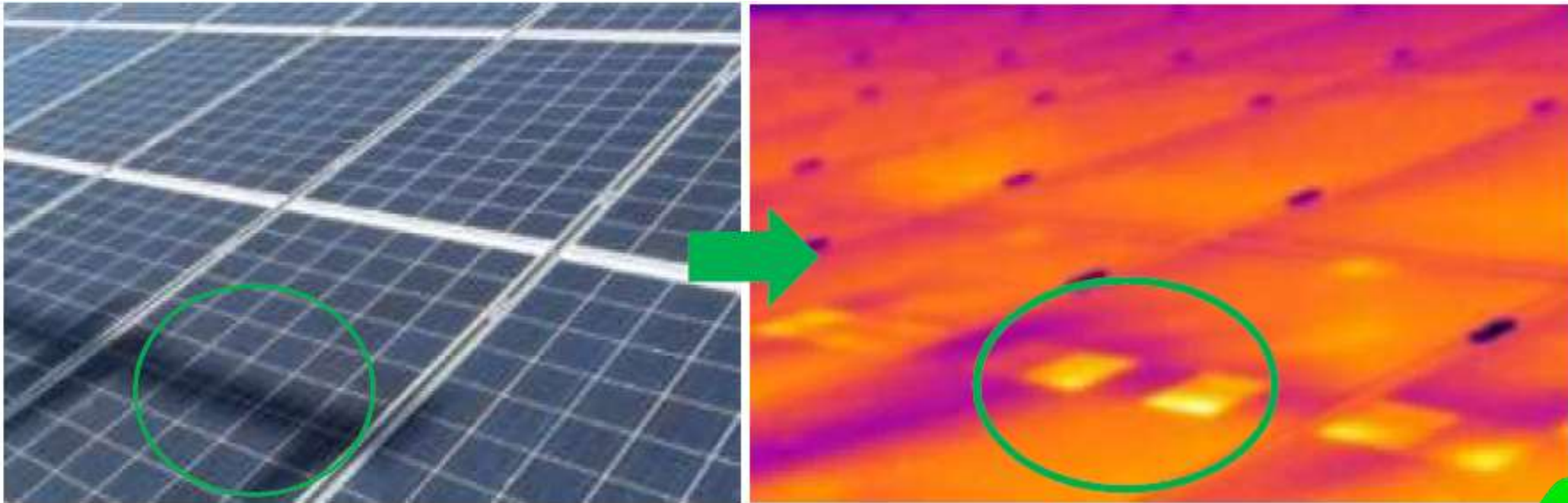
Mantenimiento Preventivo: Módulos FV

Monitoreo y determinación de los intervalos de limpieza de los módulos FV:



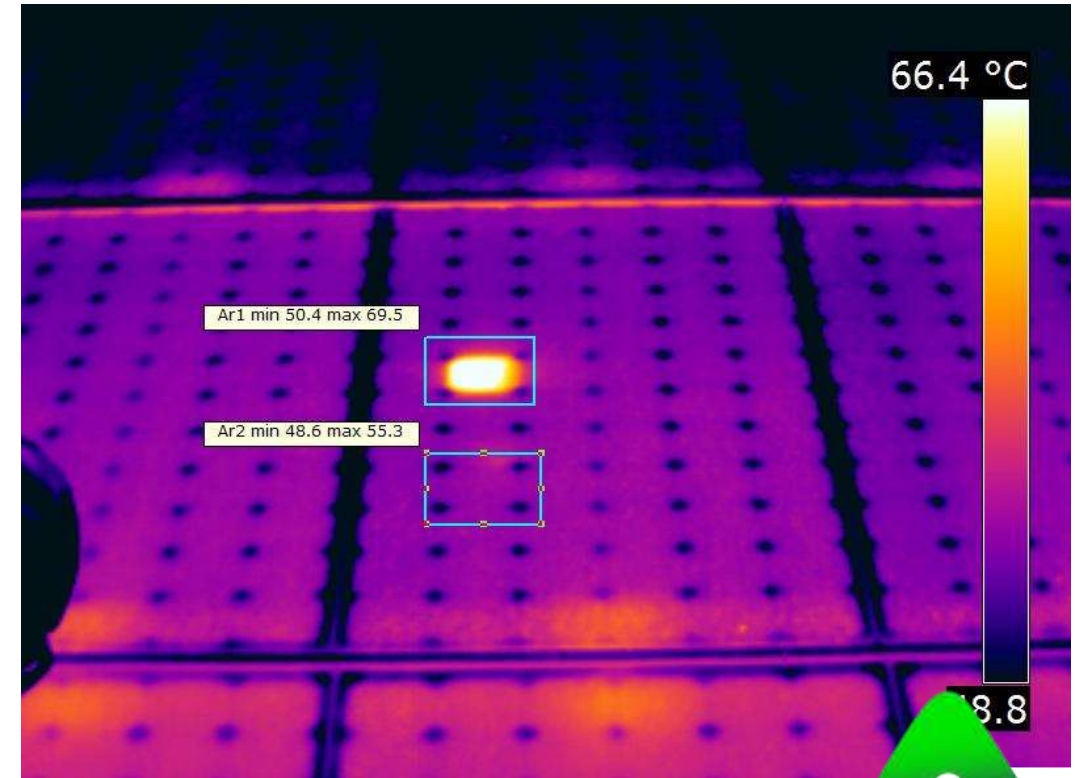
Mantenimiento Preventivo: Módulos FV

Efecto de las sombras:



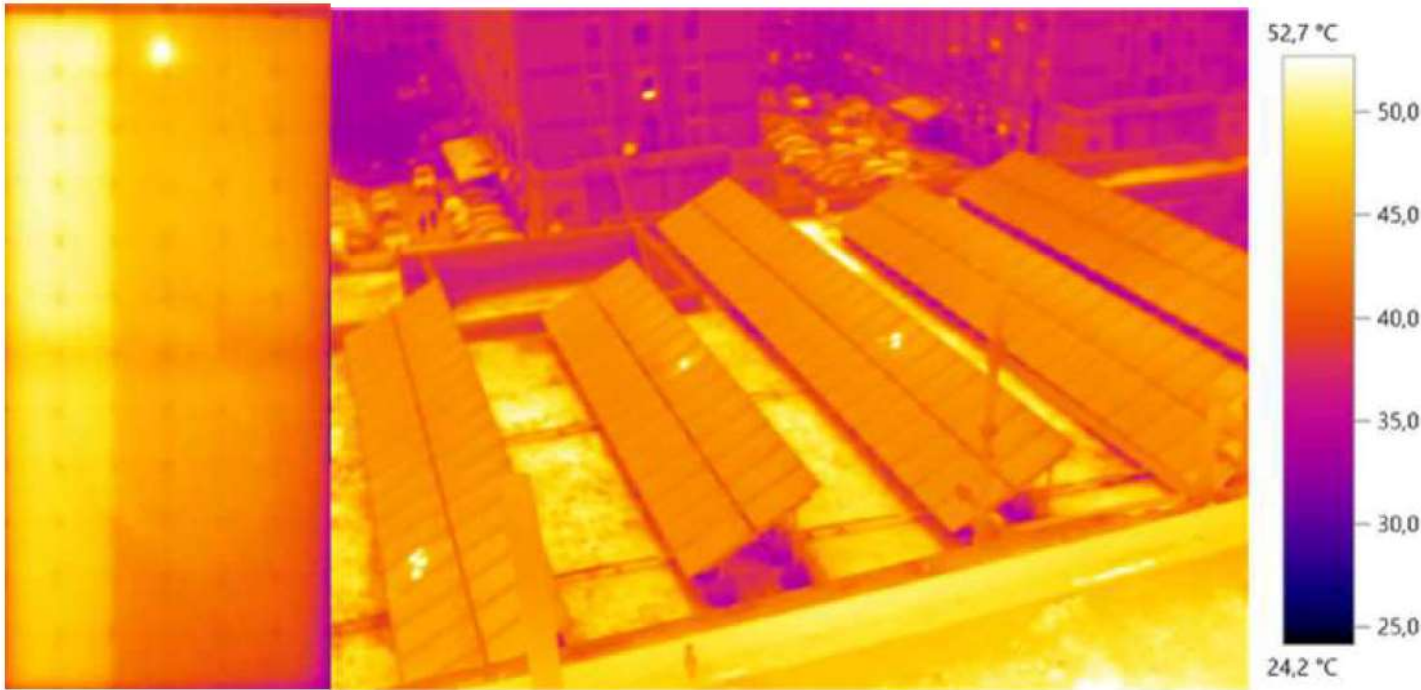
Mantenimiento Predictivo: Módulos FV

Análisis termográfico:



Mantenimiento Predictivo: Módulos FV

Análisis termográfico:



Izquierda: string de celdas inactivo; derecha: presencia de hot spots

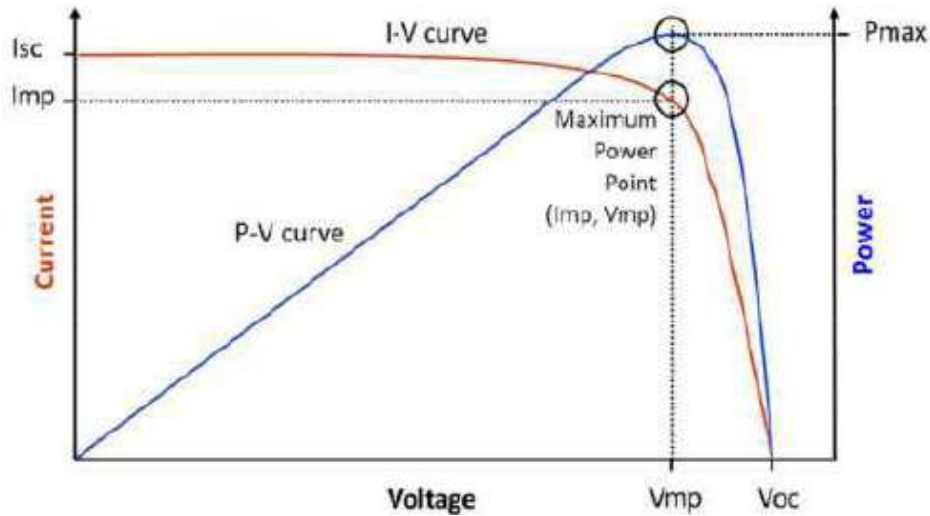
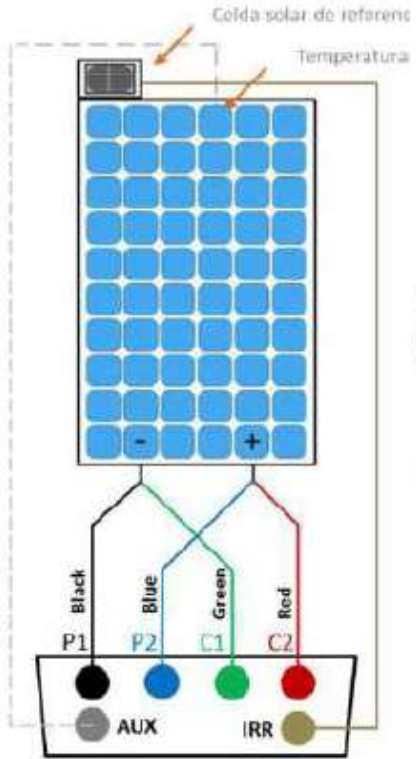
Condiciones de medida:

- Irradiación mínima de 600 W/m^2 en el plano del módulo FV.
- Velocidad del viento: brisa moderada (max. 20-28 km/h).
- Nubosidad: Max. 2 okta = 1/4 parte del cielo está cubierto por nubes.



Mantenimiento Predictivo: Módulos FV

Medición de curva IV



Las condiciones necesarias de medición.

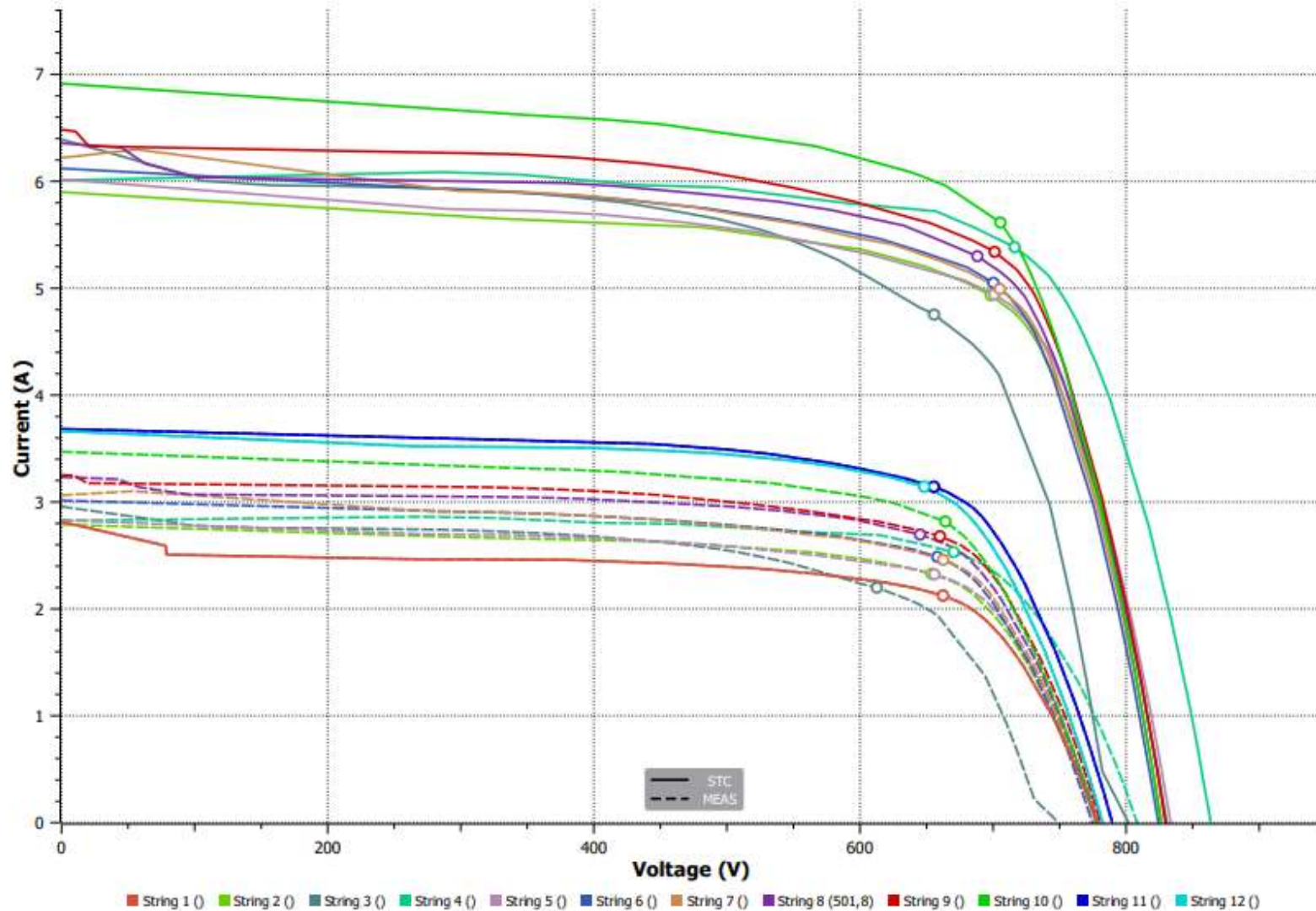
- Irradiación sobre el plano inclinado: $E > 500-700 \text{ W/m}^2$ (dependiendo del fabricante).
- Cielo despejado.
- Incidencia lo más ortogonal posible de la luz solar sobre el plano inclinado ($\pm 10^\circ$).
- Superficie de los módulos limpia y completamente libres de sombras.

¿Que se necesita?

- Trazador de curvas IV.
- Piranómetro (Medidor de irradiancia)
- Pinza amperimétrica.
- Controlador del ángulo de irradiación.
- Guantes de seguridad de 1000 V.
- Conectores MC4.



Medición de curvas IV

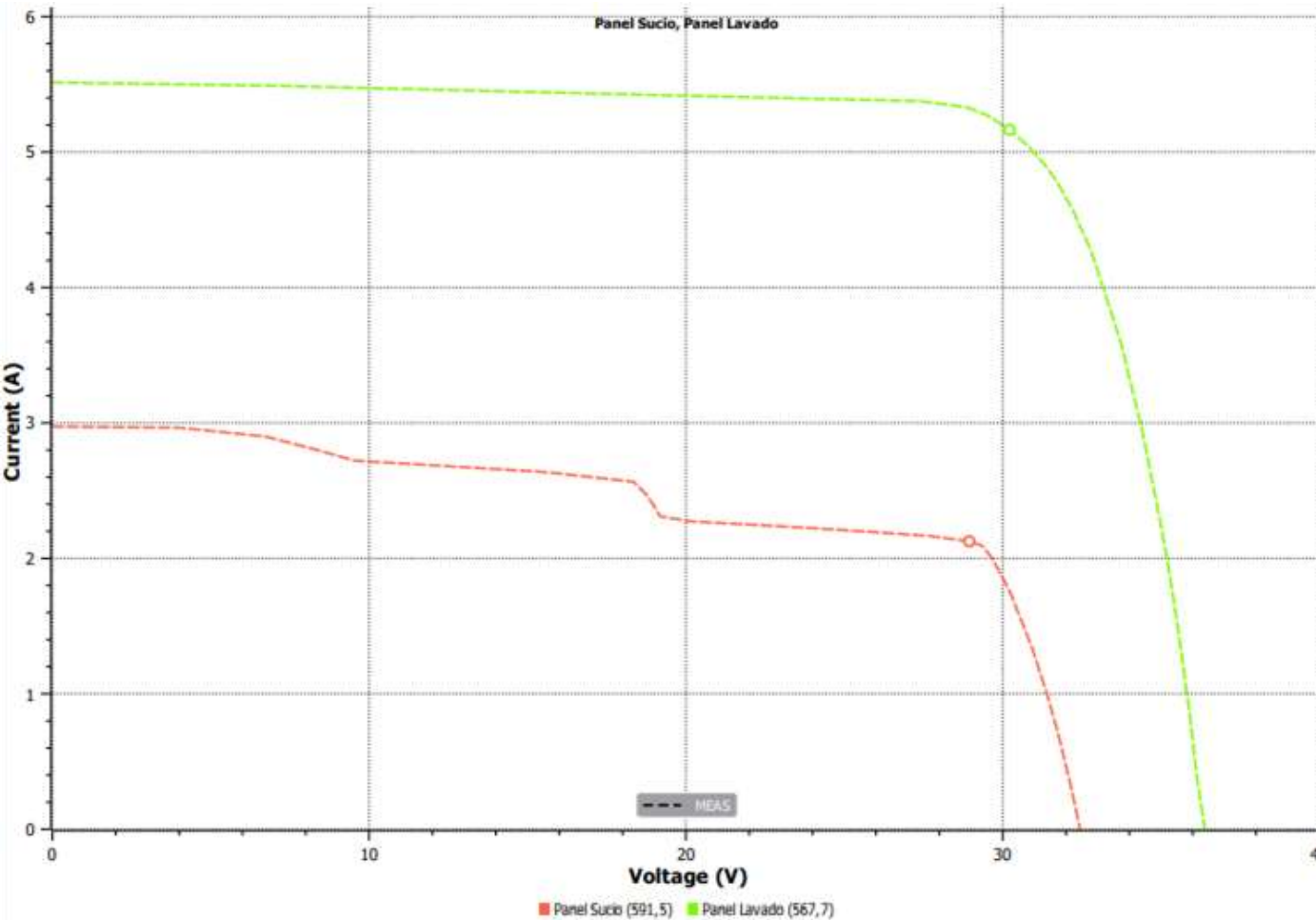


Curva real prueba de string

Curva teórica de string



Medición de curvas IV



String Test Report

Site	leonba	Module	Jinko Solar JK4265PP-60	Instrument	10M-0795
Substation		α (A/°C)	0,005237	Start Time	3/12/2021 12:16:08
Inverter		β (V/°C)	-0,12595	End Time	3/12/2021 12:24:24
Combiner		R_s (Ω)	0,291		

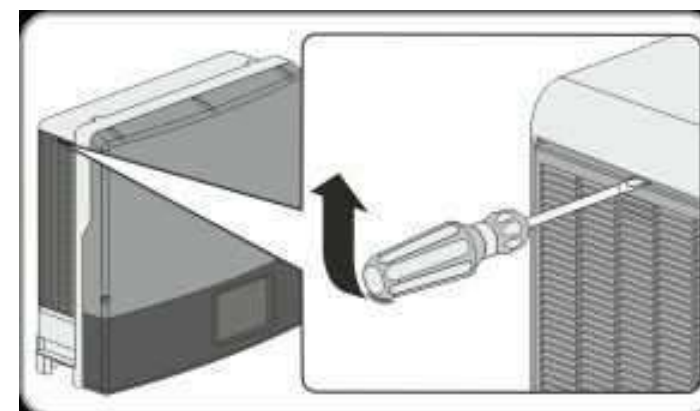
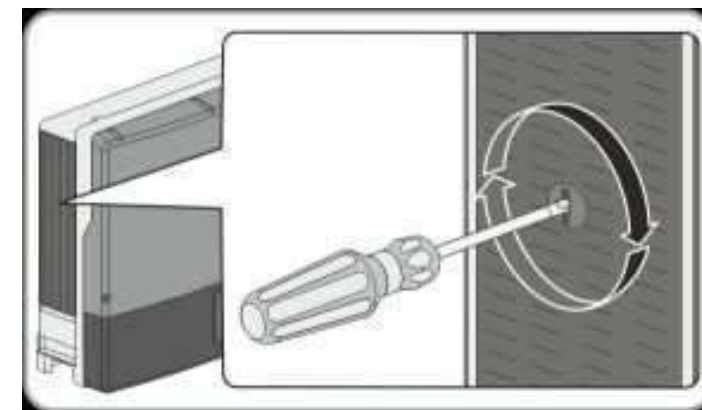
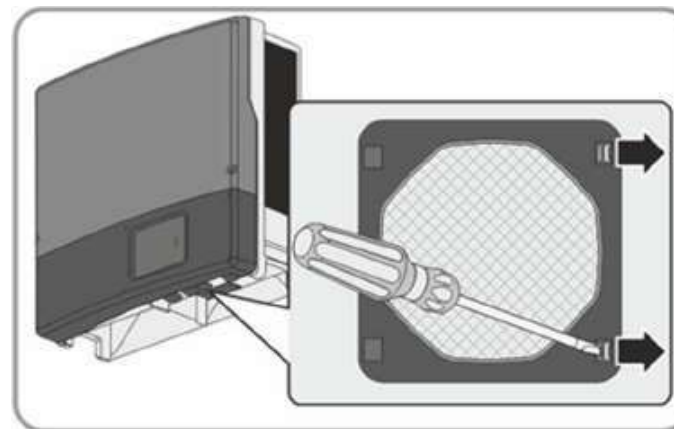
String Name	Date	Ir (W/m²)	Tpv (°C)	FF	No. Modules
Panel Sucio	3/12/2021 12:16:08	592	49,1	64	1
Panel Lavado	3/12/2021 12:24:24	568	35,1	78	1

String Name	Pmpp				Voc			Vmpp			Isc			Impp		
	MEAS	STC	NOM	Diff	MEAS	STC	NOM	MEAS	STC	NOM	MEAS	STC	NOM	MEAS	STC	NOM
	W	W	W	%	V	V	V	V	V	V	A	A	A	A	A	A
Panel Sucio	62	119	265	55,0	32,4	37,7	38,6	28,9	33,6	31,4	2,97	4,95	9,03	2,13	3,55	8,44
Panel Lavado	156	284	265	7,3	36,4	36,6	38,6	30,2	31,6	31,4	5,51	9,61	9,03	5,17	9,01	8,44



Mantenimiento Preventivo: Inversores

En general los inversores requieren bajo nivel de mantenimiento. 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 mal funcionamiento el inversor se sobrecalienta innecesariamente, lo que puede resultar en limitación de potencia temporal, significando una pérdida de rendimiento



Mantenimiento Preventivo: Inversores

De ser posible, proveer un medio de bloqueo a la radiación directa del sol.



Indicador clave de desempeño (KPI)

KPI Planta Solar Fotovoltaica

- Rendimiento de referencia
- Rendimiento específico
- índice de rendimiento (PR)
- Índice de rendimiento con corrección de temperatura
- índice de rendimiento energético
- Tiempo de operación
- Disponibilidad en tiempo
- Disponibilidad en energía

KPI Inversores

- Tiempo medio entre fallas (MTBF)
- Pérdidas de energía específicas del inversor y cantidad de incidencias mensuales en cada equipo
- Eficiencia específica del inversor
- Pérdidas del módulo por suciedad

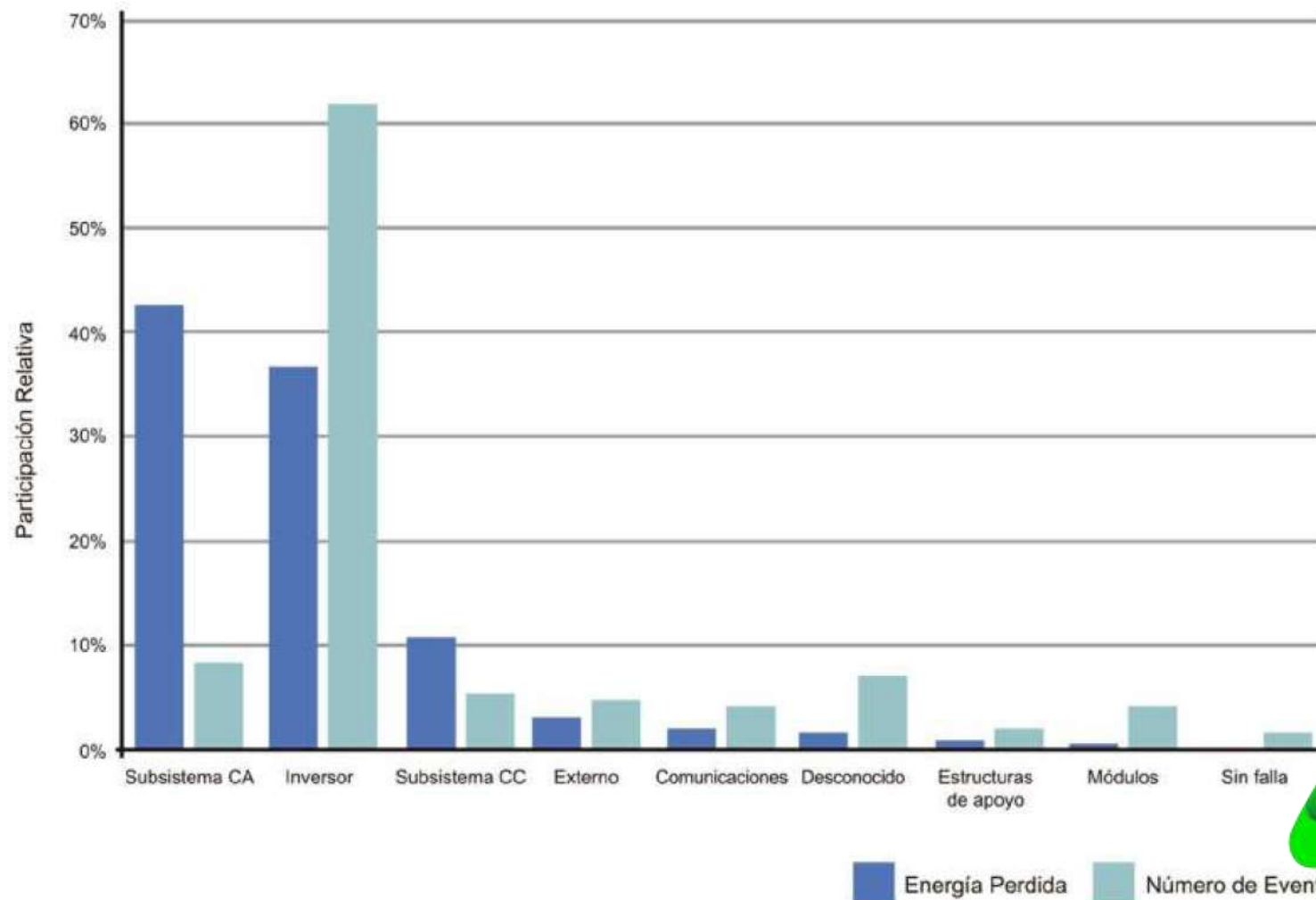
KPI O&M

- Tiempo de confirmación
- Tiempo de intervención
- Tiempo de respuesta
- Tiempo de resolución



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.



Mantenimiento Correctivo: Inversores

Fallas mas comunes:

- Interrupción total del inversor a causa de mantenimiento o falla en la red eléctrica.
- Interrupción total del inversor como consecuencia de algún trabajo en el sistema eléctrico del edificio.
- Operación de protecciones de la instalación existente.
- Falla de los ventiladores o del disipador pasivo por exceso de material acumulado (generalmente polvo).
- Falla del inversor, condición que continúa hasta su reparación o reemplazo.
- Corriente residual demasiado alta.
- Corriente de fuga demasiada alta.
- Corriente CC demasiada alta.
- Limitación de potencia a causa de temperaturas altas o sobrecarga (ubicación desfavorable).
- Falta de sincronización con la red.
- Voltaje y/o frecuencia fuera de rango.



Mantenimiento Correctivo: Módulos FV

Fallas mas comunes:



Rotura de vidrio



Degradación del laminado



Delaminación



Mantenimiento Correctivo: Módulos FV

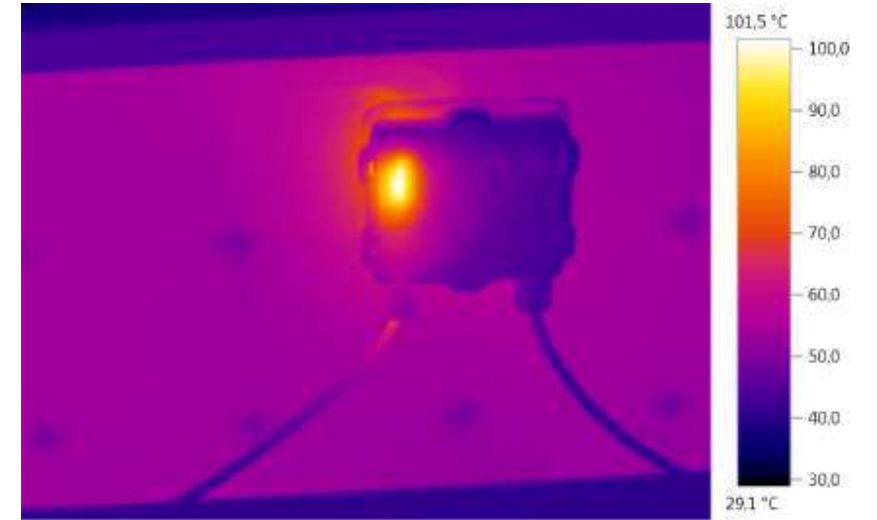
Fallas mas comunes:



Rotura de interconexión interna

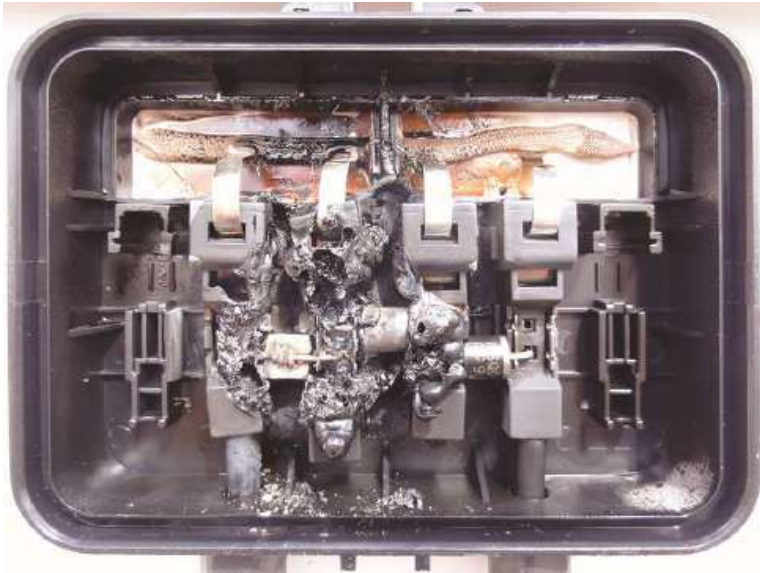


Caja de conexión quemada por conexión interna defectuosa

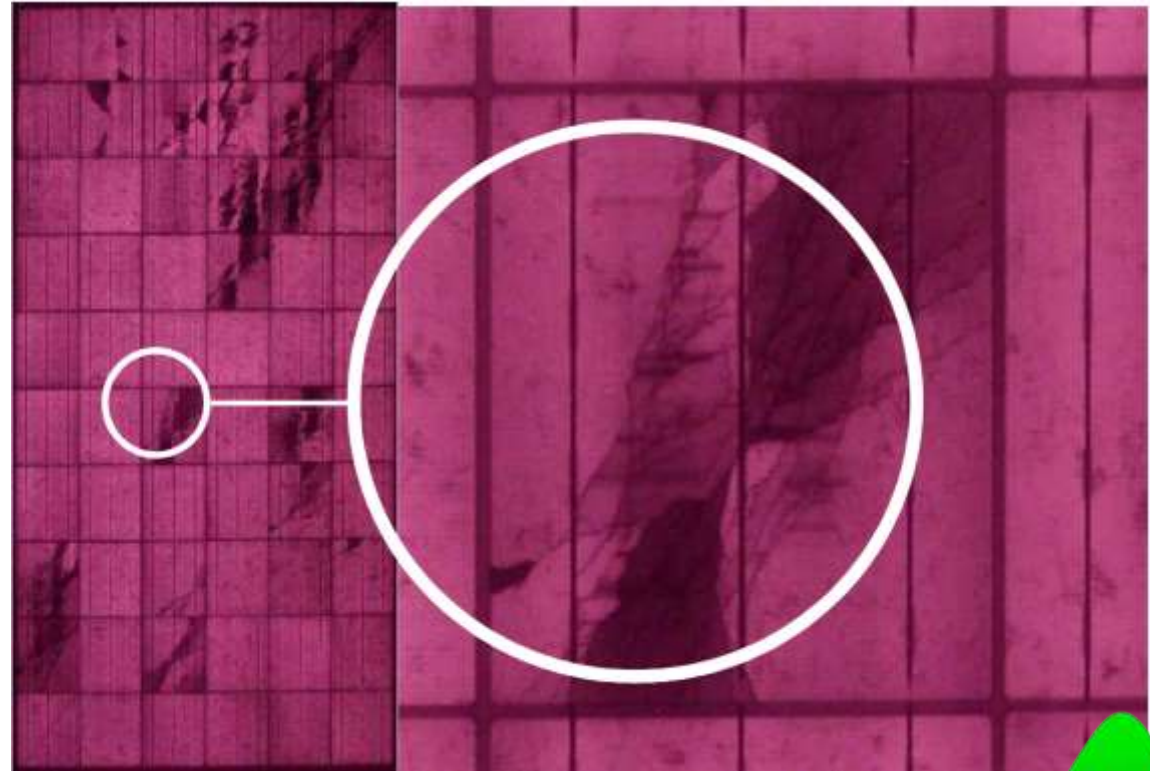


Mantenimiento Correctivo: Módulos FV

Fallas mas comunes:



Caja de conexión con diodos by-pass destruidos por sobretensión

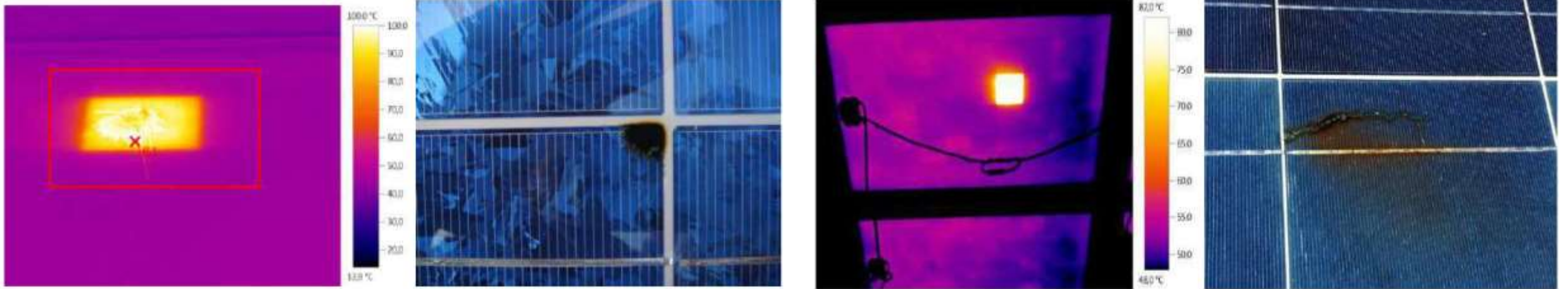


Módulo fv con micro-roturas (imagen tomada mediante electroluminiscencia). Muy comunes



Mantenimiento Correctivo: Módulos FV

Fallas mas comunes:



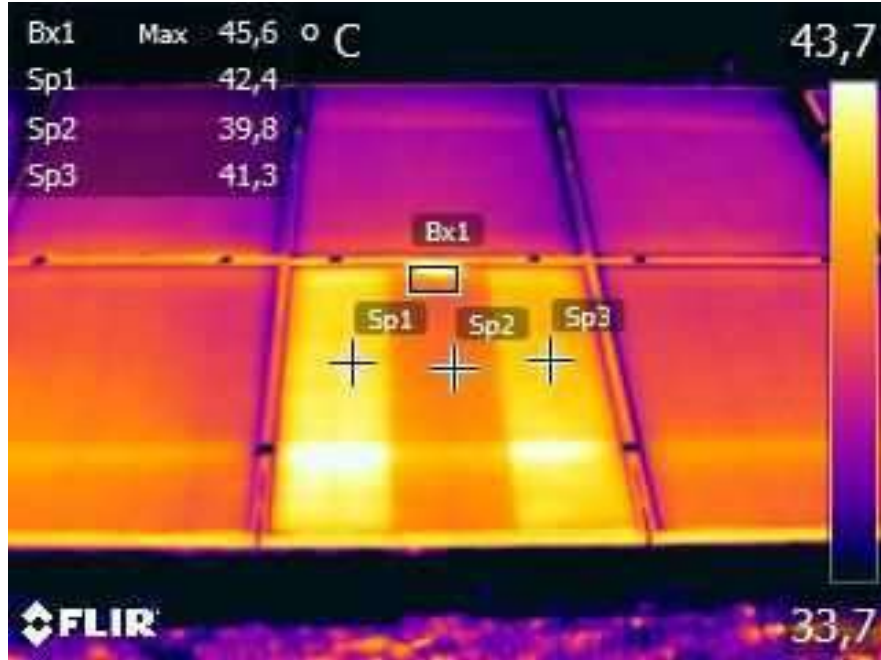
Punto caliente causado por un excremento de pájaro

Celda con rotura visible



Mantenimiento Correctivo: Módulos FV

Fallas mas comunes:



Dos tercios del módulo en circuito abierto a causa de dos diodos by-pass defectuosos

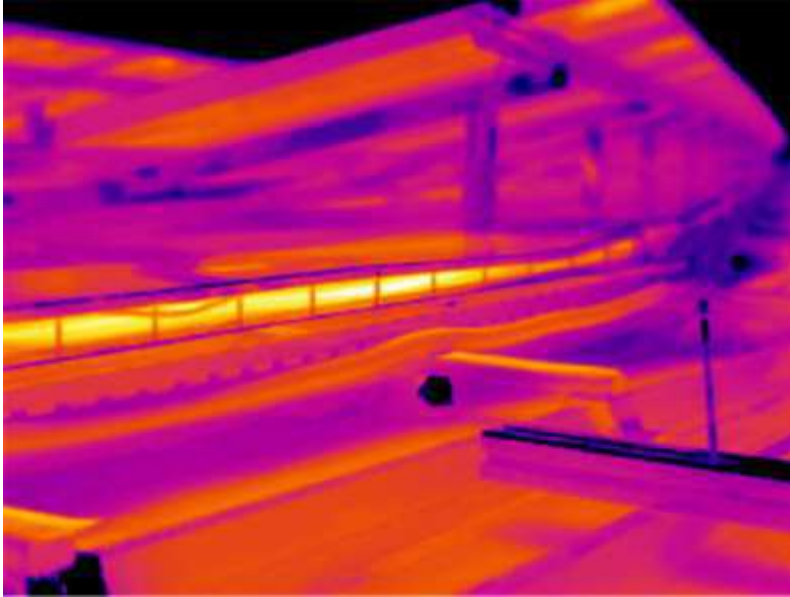


Rayaduras, por mala manipulación en la instalación. ¡Muy comunes!



Mantenimiento Correctivo: Cableado y conexión

Fallas mas comunes:



Reducción de la ampacidad por
acumulación de calor



Aislamiento del cable defectuoso
por acción de roedores



Radio de curvatura inapropiada



Mantenimiento Correctivo: Cableado y conexión

Fallas mas comunes:



Falta de sellado



Mal acoplamiento de la tubería



Sujeción inadecuada de los terminales de los cables



Mantenimiento Correctivo: Cableado y conexión

Fallas mas comunes:



Sujeción inadecuada de los terminales de los cables de string



Daños en el cableado por abrasión producida por aristas



Mantenimiento Correctivo: Estructura de Montaje

Fallas mas comunes:



Sujeción de los módulos con abrazaderas inadecuadas



Aflojamiento de los tornillos de sujeción de los perfiles transversales

Mantenimiento Correctivo: Estructura de Montaje

Fallas mas comunes:



Daños en el tejado por tránsito de personas



Pérdida de anclaje de la zapata de hormigón a la superficie del tejado



Falta de sellado de los orificios de penetración



Operación SSFV



Verificar generación en tiempo real

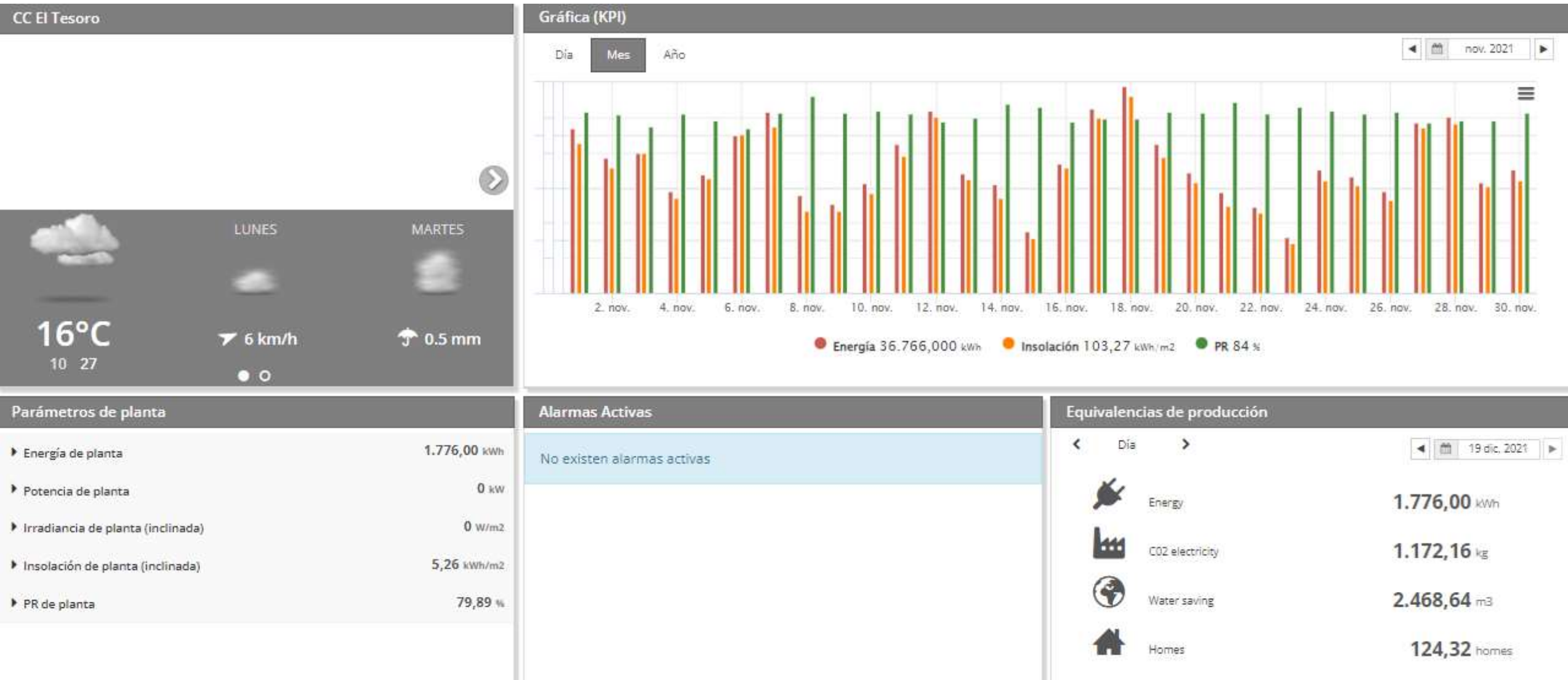
Registros de alarmas y alertas en tiempo real

Planes de mantenimiento de acuerdo a la operación

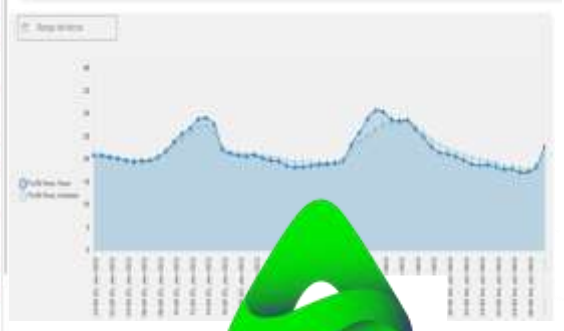
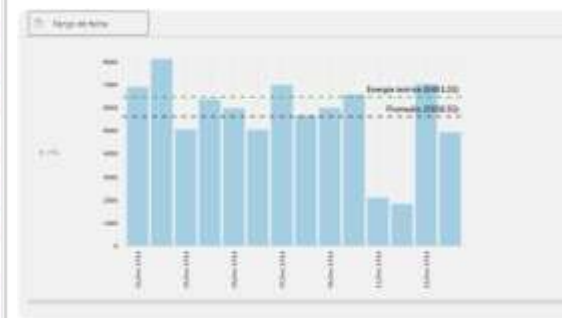
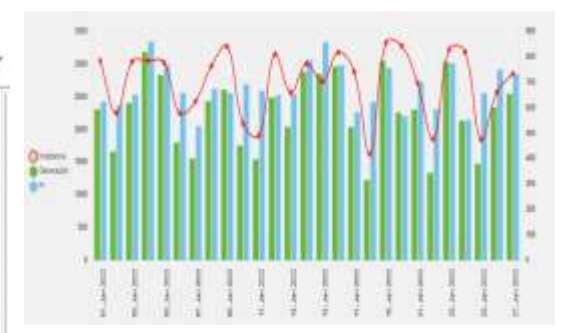
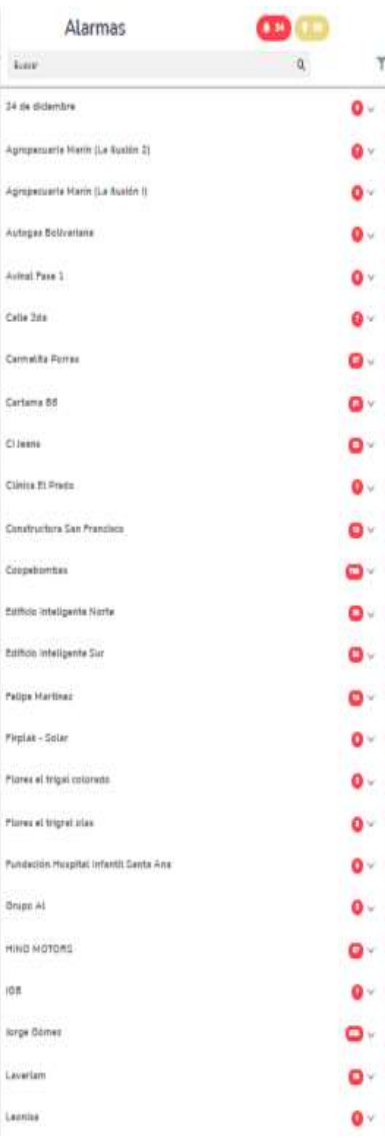
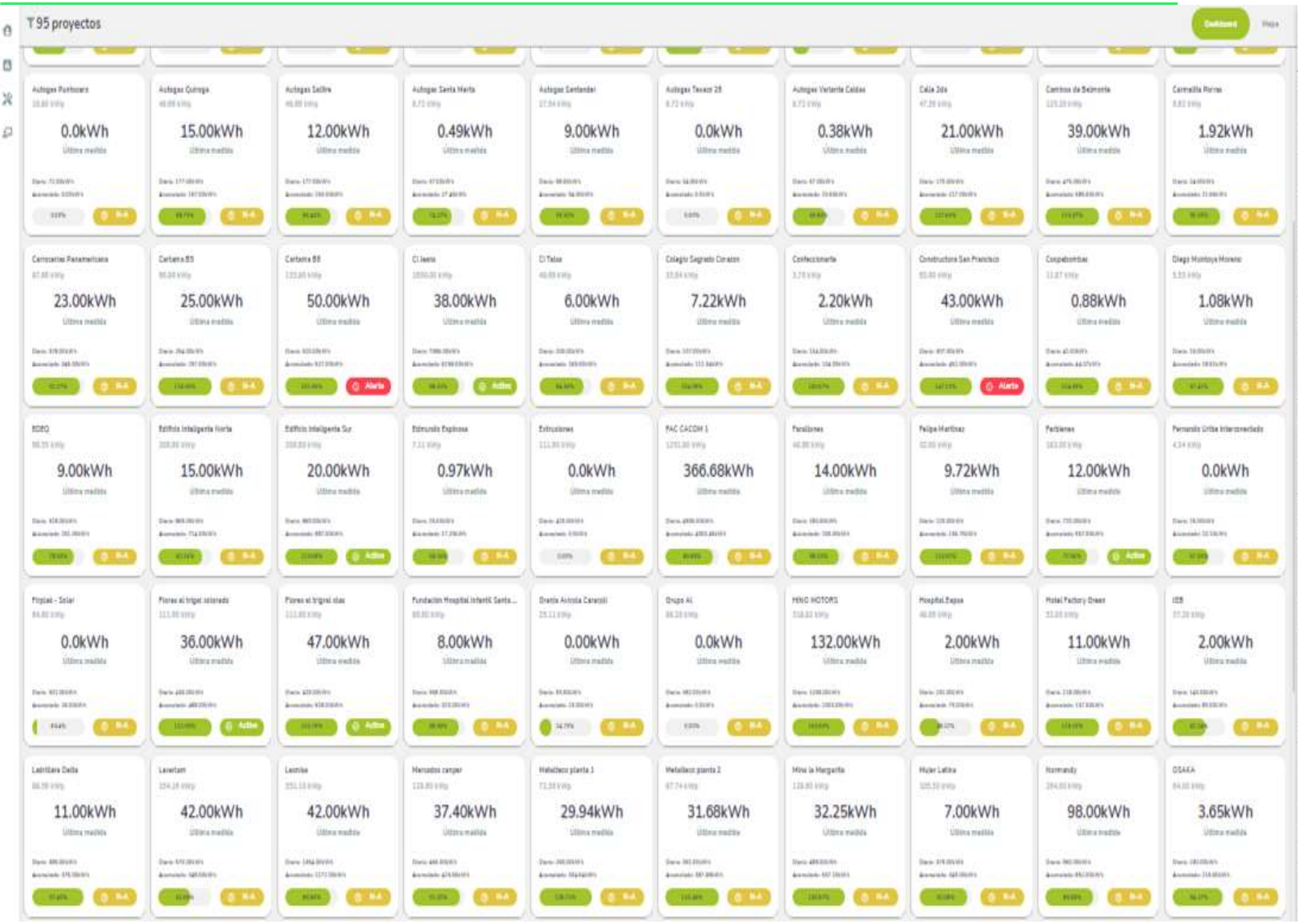
Informes y reportes completos de operación.



Operación SSFV



Operación SSFV



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

El mantenimiento preventivo se requiere para maximizar el rendimiento del SSFV y tomar medidas para prevenir fallas.

Se sugiere llevar a cabo los trabajos de mantenimiento preventivo temprano en la mañana o tarde en la noche para evitar el estrés por calor, reducir al mínimo el peligro por descarga eléctrica, y reducir al mínimo las pérdidas de producción.

A continuación se comparte una descripción de actividades para el mantenimiento preventivo, recomendadas por el “*PI Photovoltaik Institut Berlin AG*”.



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

Items	No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Critico	Importante	Util	Notas	Frecuencia (meses)					
									1	12	24	48		
1	Módulos FV													
1.1	Inspección visual de cambios ópticos	No se detectan indicios de "Browning", vidrio empañado, corrosión, decoloración, <i>hotspots</i> , delaminación, babas de caracol o burbujas en la superficie posterior de los módulos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			
1.2	Inspección visual de daños mecánicos	No se detectan módulos rotos o marcos doblados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			
1.3	Anti-robo	La protección contra robo está operativa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="checkbox"/>	
1.4	Lámina posterior	No hay daños en la lámina posterior (arañazos, perforación)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					<input checked="" type="checkbox"/>		
1.5	Capa - elox	El estado de la capa-elox es buena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	
1.6	Radio de curvatura	El radio de curvatura de los cables del módulo respeta las indicaciones del fabricante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
1.7	Acumulación de polvo	No hay micro-sombreado debido al polvo acumulado entre el módulo y las abrazaderas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

Items	No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Critico	Importante	Util	Notas	Frecuencia (meses)			
									1	12	24	48
1 Módulos FV												
1.7 Acumulación de polvo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			X			X		
1.8 Limpieza del módulo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X			Depende de las peculiaridades del lugar				
1.9 Tornillos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X					X	
1.10 Sellado hermético	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X						X	
1.11 Vegetación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X			X			



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

Items		No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Critico	Importante	Útil	Notas	Frecuencia (meses)			
2	Sistema de montaje y estructura												
2.1	Daños mecánicos	No se observan muestras de daños mecánicos o deformación de la estructura de montaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				x	
2.2	Fijación de los módulos	La posición de las grapas de sujeción del módulo es correcta. Las grapas no producen sombreado sobre los módulos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				x	
2.3	Lastres	Revisar si se han producido movimientos del lastre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				x	
2.4	Valores de torque	La fijación de los elementos roscados es correcta.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X					x
2.5	Toma a tierra	El estado de la puesta a tierra del módulo y la estructura de montaje es correcta.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				x	
2.6	Revestimiento protector	La capa galvanizada por inmersión en caliente de los perfiles de montaje no muestra daños.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				x	
2.7	Reacciones electroquímicas, corrosión	No se observan indicios de reacciones electroquímicas entre metales con diferentes potenciales de ionización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				x	
2.8	Bordes afilados	No se observan cantos afilados en la estructural del sistema de montaje.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X					x
2.9	Tensiones mecánicas	El sistema soporta las tensiones mecánicas previstas (viento y nieve).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X					x	
2.10	Integridad estructural	La integridad estructural del tejado no se ve comprometida.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X					x	
2.11	Filtrado de agua	El tejado es estanco y no permite la filtración de agua al interior del edificio.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X				x		



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

Items			No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Critico	Importante	Util	Notas	Frecuencia (meses)		
3 Cajas de conexión de cadenas													
3.1	Inspección visual	No se observa decoloración, degradación, suciedad, daños mecánicos, humedad o corrosión de los equipos y las conexiones.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				X	
3.2	Inspección visual	La inspección visual y revisión de fusibles de cadena, monitoreo de cadenas, y protección contra sobretensiones arroja resultados positivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X					X	
3.3	Humedad	No hay humedad ni rastro de insectos en el interior de las cajas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				X	
3.4	Prueba funcional	La inspección del funcionamiento de los interruptores y dispositivos de protección de CA arroja resultados positivos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X						X

3.5	Ventilación	El estado de la ventilación de las cajas es bueno (especialmente en relación al estado de los filtros, si los hay)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X					X	
3.6	Acceso de los cables	La entrada de los cables a la caja de conexiones está ejecutada correctamente y no hay trazas de suciedad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				X			X	
3.7	Salida de los cables	La salida de los cables de la caja de conexiones está ejecutada correctamente y no hay trazas de suciedad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				X			X	
3.8	Verificación de par de apriete	Los pares de apriete de las conexiones del circuito primario son correctos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				X			X	
3.9	SPD después de tormentas	El dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD) se revisa después de las tormentas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X						Siempre después de una tormenta



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

Items			No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Critico	Importante	Usil	Notas	Frecuencia (meses)		
5.16	Paro de emergencia	La funcionalidad del paro de emergencia está asegurada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X						X
5.17	Contacto de las puertas	La funcionalidad de los contactos de la puerta está asegurada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X				X	
5.18	Actualización del software	El software se actualiza/mejora periódicamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X		Según el fabricante			
5.19	Revisión del almacenamiento	Los datos a largo plazo y la memoria de errores están disponibles.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X					X	
6	Protección contra rayos y puesta a tierra												
6.1	Conexión de cables	El estado de los cables en cuanto a integridad y daño mecánico es bueno.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X					X	
6.2	Revisión de conexiones atornilladas	Las uniones atornilladas no muestran holgura.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X						X
6.3	Revisión de continuidad y corrosión	La continuidad del sistema de puesta a tierra está asegurada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X						X
7	Equipos de medición y contadores												
7.1	Acceso	El acceso al contador está garantizado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X						X
7.2	Calibración	La calibración y la verificación de exactitud se realiza periódicamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	X						X
7.3	Envejecimiento	La protección contra condiciones ambientales agresivas (humedad, calor, productos químicos, etc.) está asegurada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		X					X



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

Items	No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Crítico	Importante	Urgil	Notas	Frecuencia (meses)					
8 Sistema de monitoreo y vigilancia														
8.1	Grabación/ registro de todos los eventos	Toda la información se graba digitalmente y está disponible.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					x		
8.2	Prueba de plausibilidad	Los datos son plausibles.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					x		
8.3	Verificación de la comunicación	La comunicación entre todos los componentes del SCADA está asegurada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		Comprobación de error de comunicaciones en base diaria. Evaluación completa, incluyendo la simulación de fallas en base anual.			x		
8.4	Actualización del software	El software se actualiza/mejora periódicamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		A medida que las actualizaciones estén disponibles por parte del proveedor del SCADA.					
8.5	Conexión con la centralita de seguridad	El contratista está permanentemente disponible por <i>email</i> y teléfono.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					x		
8.6	Registro de los valores de medición	Todos los valores de medición se registran en el SCADA (contador de energía).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					x		
8.7	Registro de los valores de PR	Todos los valores de PR se registran en el SCADA y se comparan con los valores esperados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					x		
8.8	Monitoreo de la suciedad	Cálculo de las pérdidas debido a la acumulación de polvo en zonas representativas de la planta.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		Estos valores serán comparados con los valores contractuales.			x		
8.9	Sistema de vigilancia	El sistema de vigilancia está operativo y en buen estado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					x		



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

Items		No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Critico	Importante	Útil	Notas	Frecuencia (meses)			
9	Estación meteorológica y celdas de referencia												
9.1	Mantenimiento de rutina conforme a las especificaciones del fabricante	○	○	○	○	X			Según el fabricante				
9.2	Inspección visual	○	○	○	○		X				X		
9.3	Limpieza	○	○	○	○	X					X		
9.4	Calibración	○	○	○	○	X							X



Mantenimiento Preventivo: Diagnostico y pruebas

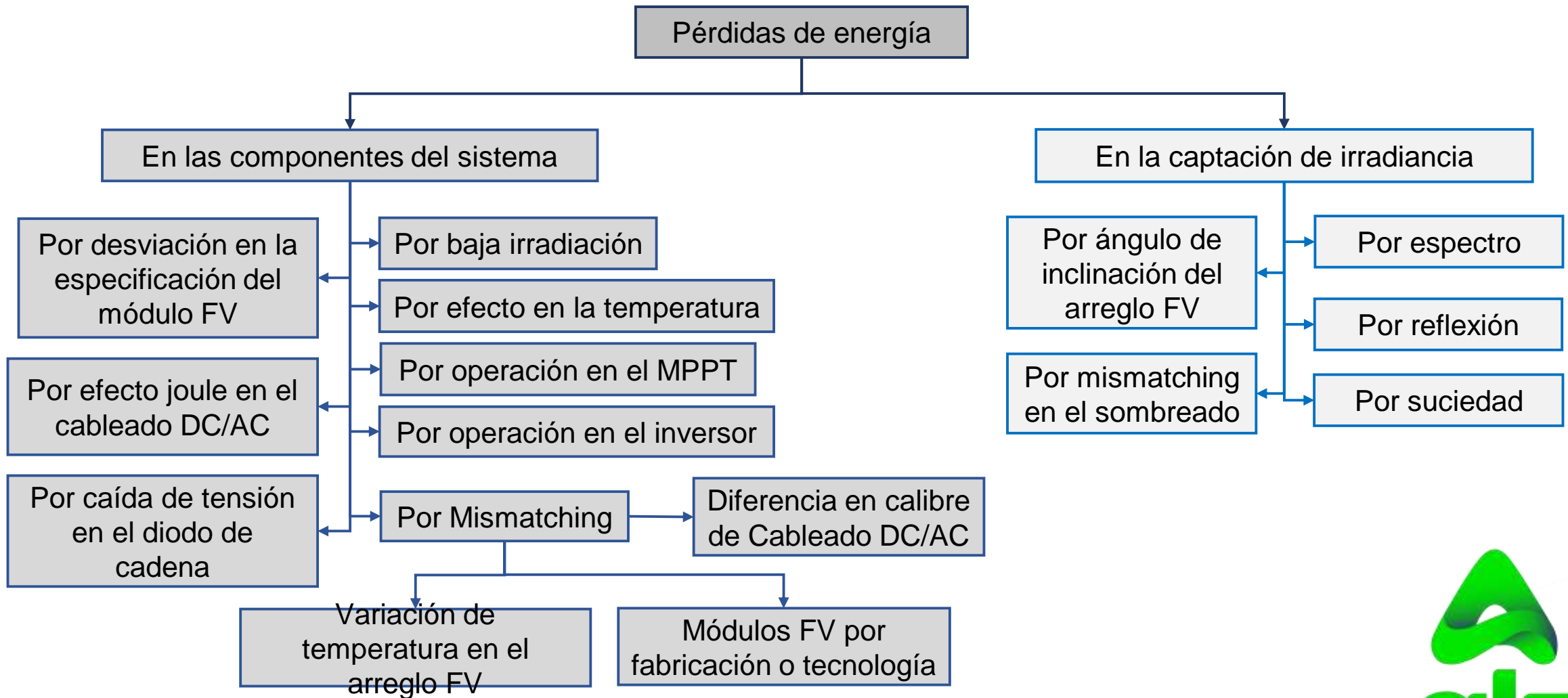
Items	No aplica	OK	No OK	Evaluación no posible	Critico	Importante	Uti	Notas	Frecuencia (meses)				
10 Mediciones													
10.1	Mediciones de tensión de circuito abierto	Mediciones de la tensión de circuito abierto en el 100% de los strings.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		Estas mediciones pueden realizarse también de forma complementaria en una selección de módulos FV			X	
10.2	Mediciones de corriente de cortocircuito	Mediciones de la corriente de cortocircuito en el 100% de los strings.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>						X
10.3	Mediciones de curva I-V	Mediciones de curva I-V en el 100% de los strings.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>						X
10.4	Análisis de infrarrojo	Análisis de infrarrojos del 100% de los módulos FV incluidos conectores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				X		
10.5	Análisis de infrarrojo	Análisis de infrarrojos del 100% de las cajas de combinación.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				X		
10.6	Electroluminiscencia	Análisis de electroluminiscencia en una selección de módulos FV.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				X		
10.7	Degradación del módulo FV	Seguimiento de la degradación del módulo en una cantidad representativa de módulos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		X	Las pruebas se realizarán siempre en los mismos módulos.		X	
10.8	Aislamiento	La resistencia de aislamiento de corriente continua supera los límites establecidos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>			Esta medición la realiza el medidor de aislamiento de forma continua, aún así se realizarán pruebas a nivel de string cada 24 meses..			X
10.9	Toma de tierra	El sistema de puesta a tierra es funcional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>					X	
11 Otros													
11.1	Sombras	Podar árboles cercanos que puedan proyectar sombras sobre los módulos FV.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>						X
11.2	Objetos extraños	Retirar cualquier residuo detrás de los colectores y canaletas tales como plásticos, latas o cartones.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		X				X
11.3	Nidos de aves	Retirar nidos de aves del área del arreglo FV o de su estructura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		X				X



Pronóstico de generación de energía



Pronóstico de generación de energía: Pérdidas

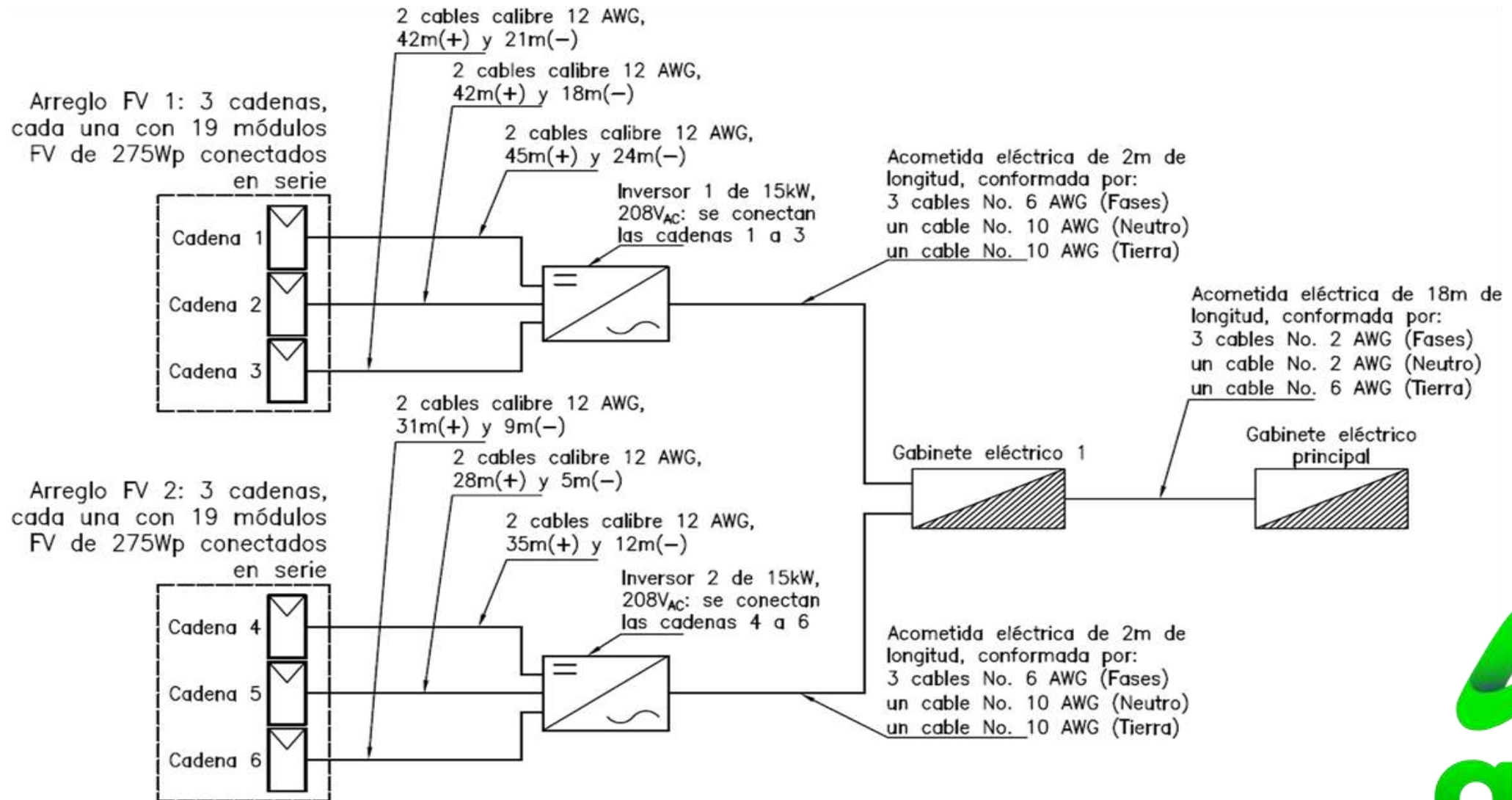


Pronóstico de generación de energía: Pérdidas

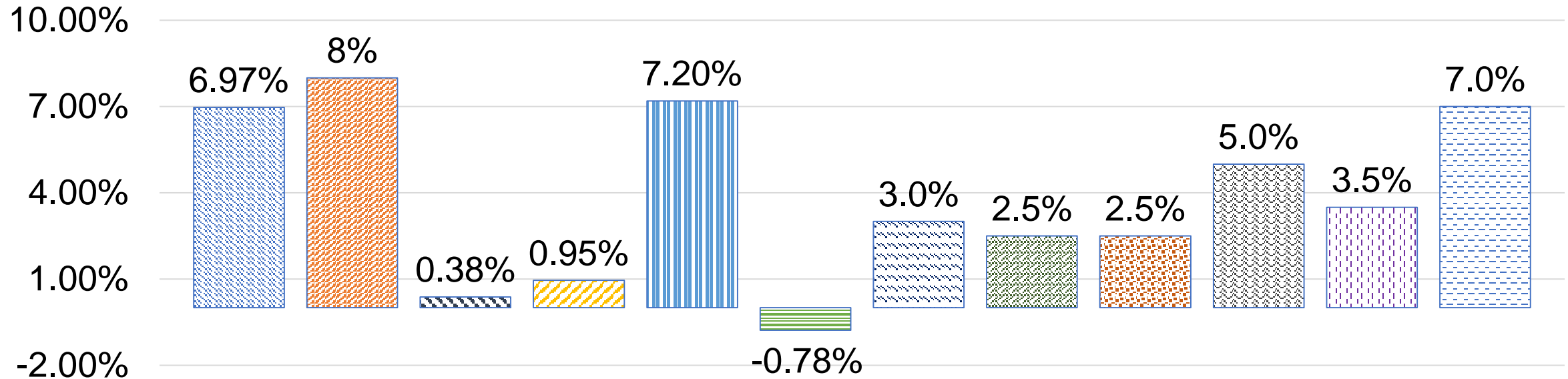
Clasificación	Tipo de Pérdida	Rango de pérdidas
Pérdidas de irradiación	Efecto del ángulo de Inclinación	3%-10%
	Por Reflexión	hasta un 3%
	Por espectro	1.5%-9%
	Por sombreado	2%-10%
Pérdidas del sistema	Por suciedad	hasta un 5%
	Desviación en la especificación del módulo FV	2%-10%
	Por baja Irradiación	2%-15%
	Efecto de la temperatura	1%-4%
	Por caída de tensión en Cableado DC y AC	0.5%-2%
	Diodo de cadena	2%-4%
	Por mismatching en dispositivos	4%-6%
Por MPPT	2.5%-6%	
Por Inversor		



Pronóstico de generación de energía: Pérdidas



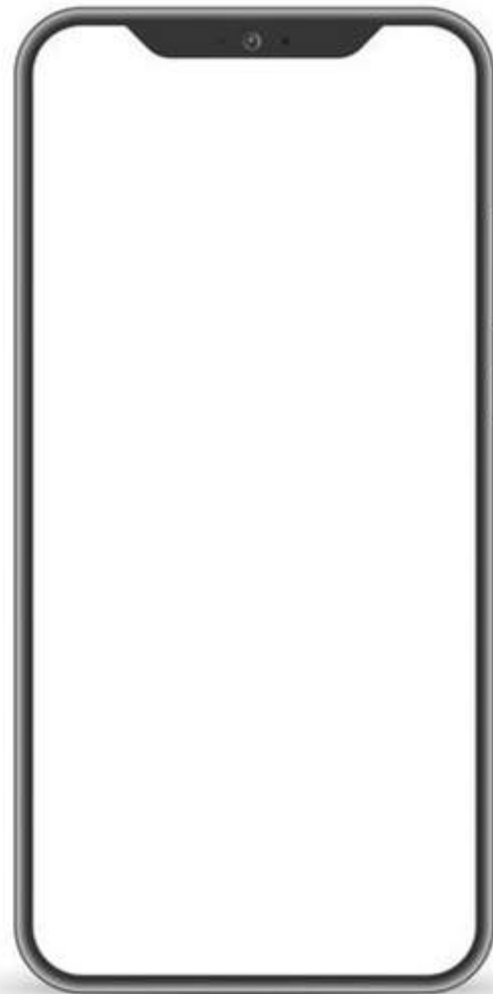
Pronóstico de generación de energía: Pérdidas



- Angulares y por reflexión
- Óhmicas DC
- Temperatura
- Mismatching en los equipos
- Baja irradiancia

- Suciedad
- Óhmicas AC
- SF
- DIL
- MPPT





Mantenimiento Preventivo: Baterías

- Para todas las baterías, se recomienda realizar medida de tensión, ajuste de terminales y limpieza con los lubricantes recomendados por el fabricante (normalmente se utiliza soda caustica), en caso de existir sulfatación. Lo anterior con un intervalo entre 6 a 12 meses.
- Para las baterías OPZS se debe verificar el nivel de llenado cada 6 seis meses o en el intervalo de tiempo indicado por el fabricante. En caso de requerirse ajustar el nivel de llenado, utilizar el componente indicado por el fabricante (normalmente se utiliza agua desmineralizada).
- Para todas las baterías se recomienda medir la resistencia interna o la impedancia por batería, máximo cada año.
- Hacer pruebas de capacidad de carga por medio del uso de bancos de resistivos según lo indicado por el fabricante.



Mantenimiento Correctivo: Diagnósticos y Pruebas

La siguiente tabla elaborada por la Sociedad Alemana de Energía Solar (DGS) y el PI Photovoltaik Institut Berlín AG, muestra algunas de las fallas más comunes y las pruebas o medidas que se puede realizar para detectarlas. Cabe señalar que las fallas no siempre se comportan de la misma manera, por lo tanto, no siempre es posible utilizar las pruebas que a continuación se mencionan. Las pruebas que están marcadas con una “X” azul son particularmente convenientes de realizar y las pruebas marcadas con una “X” entre paréntesis deben ser aplicadas bajo ciertas condiciones



Mantenimiento Correctivo: Diagnósticos y Pruebas

Tipo de falla		Inspección visual	Multítester (V, Ω)	Medición de corriente de operación	Medición de puesta a tierra	Medición de resistencia de aislamiento	Curva característica	Curva característica oscura	Termografía	Pruebas de continuidad	Electroluminiscencia	Análisis de datos del inversor / monitoreo	Análisis de la red CA	Análisis funcional
Módulo FV	Ensuciamiento y sombras	X		X			x		X			(X)		(X)
	Delaminación	X												
	Diodos <i>bypass</i>		X	X			X	X	X			X		X
	Contactos/Conexiones	X		X			X	X	X		X	X		X
	Humedad	X				X								
	Rotura de vidrio	X		(X)		X	X	X	X					X
	Roturas y microrroturas de células	X					X				X			
	Puntos calientes	X		X			X		X					X
	Scratches	X				X								
	Degradación			X			X	X	X			X		X



Mantenimiento Correctivo: Diagnósticos y Pruebas

Tipo de falla		Inspección visual	Multímetro (V, Ω)	Medición de corriente de operación	Medición de puesta a tierra	Medición de resistencia de aislamiento	Curva característica	Curva característica oscura	Termografía	Pruebas de continuidad	Electroluminiscencia	Análisis de datos del inversor / monitoreo	Análisis de la red CA	Análisis funcional	
Inversor	Eficiencia de conversión								(X)					X	
	Eficiencia del MPPT											X		X	
	Armónicos												X		
	Ajuste de torques	X													
	Pérdida de aislamiento					X									
	Apagados incorrectos	(X)										X	X		
	Puesta a tierra de la carcasa									X					
	Identificación de circuitos	X													
	Funcionalidad del paro de emergencia														X
	Ventilación inadecuada	X							X						
	Falla en la red (mala calidad de suministro)		X									X	X		



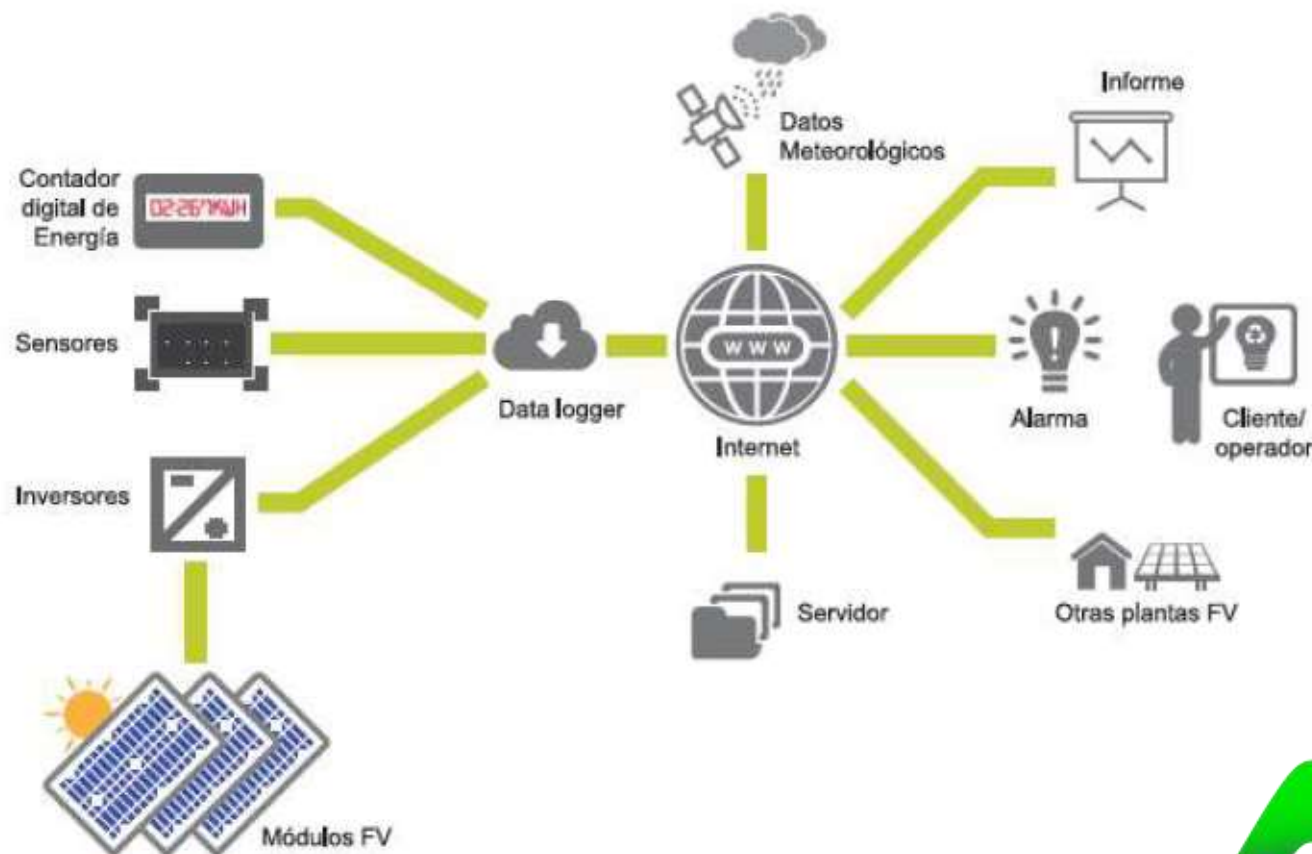
Mantenimiento Correctivo: Diagnósticos y Pruebas

Radios de curvatura mínimos	X												
Diodo de <i>string</i> defectuoso		X	X			X	X	X			X		X
Cortocircuito	X	X			X	X	X	X			X		X
Protección de sobretensión defectuosa	X	X											
Cable defectuoso (rotura/corrosión)			X			X	X	X			X		X
Aislamiento defectuoso, falla a tierra	X	X			X						(X)		
Conexiones defectuosas	X	X	X			X	X	X			X		X
Resistencia a tierra elevada		X		X									



Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo 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 fallas o encontrándolas tempranamente.



Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo 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 fallas o encontrándolas tempranamente.

