



Escuela de Ingeniería Electromecánica

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DE
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MEDIANTE LA INTERPRETACIÓN
DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS

*Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Ingeniería en
Mantenimiento Industrial con el grado académico de Licenciatura*

Autor:

Mariana Solís Aguilar

Cartago, Junio 2025

Carrera Acreditada por:



Hoja de Datos

Información del Estudiante:

Nombre: Mariana Solís Aguilar

Cédula: 1-1737-0073

Carné ITCR: 2019065075

Dirección de residencia: El Bosque de Oreamuno, Residencial Vista Real, Casa C18.

Teléfono: 8649-2667

Correo electrónico: mariso99@estudiantec.cr / solis.mari9915@gmail.com

Información del Proyecto:

Título: Evaluación del rendimiento energético de sistemas fotovoltaicos mediante la interpretación de imágenes termográficas

Asesor Industrial: Dr. Ing. Carlos Meza Benavides

Profesor Guía: Dr. Ing. Gustavo Gómez Ramirez

Jurado Evaluador:

- Dr. Ing. Luis Diego Murillo Soto
- Mag. Ing. Carlos Muñoz Luis

Información de la Universidad exterior:

Nombre: Universidad de Ciencias Aplicadas de Anhalt

Zona: Köthen, Alemania

Dirección: Bernburger Str. 55, Köthen (Anhalt), 06366, Alemania.

Actividad principal: Enseñanza de artes, ciencias y tecnología

Contacto: Dr. Carlos Meza Benavides

Teléfono: +49 (0) 3496 67 2374

Información de la Universidad local:

Nombre: Tecnológico de Costa Rica

Zona: Cartago, Costa Rica

Dirección: Calle 15, Avenida 14., 1 km Sur de la Basílica de los Ángeles, Cartago, 30101, Costa Rica.

Actividad principal: Enseñanza de ciencias e ingenierías

Contacto: Ing. Carlos Mauricio Segura Quirós

Teléfono: +506 2550 2728

Resumen

La energía fotovoltaica es de reciente aparición en Costa Rica, sin embargo, a nivel global se ha convertido en una fuente renovable de gran crecimiento. El Tecnológico de Costa Rica (TEC) cuenta con un parque solar que se encuentra conectado a la red eléctrica de la institución, lo que genera ahorro en la factura del servicio. El Complejo Solar TEC está liderado por el Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad Tecnológico de Costa Rica (SESLab), quien no posee un registro completo del estado del parque y sus componentes. El proyecto a continuación desarrolla un diagnóstico de la condición actual de operación, aplicando inspección visual, termografía y fluorescencia UV. Se realizó un estudio inicial en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Anhalt, Alemania, para desarrollar una base de datos inicial contra la cual se adquiriera el conocimiento necesario para emitir el diagnóstico, utilizando, adicional a las técnicas mencionadas, la electroluminiscencia, la cual resulta ser la de mayor confiabilidad entre las pruebas realizadas.

A partir de la base de datos y la comparación contra la literatura, se logró estimar que, en el estado actual del Complejo Solar TEC, se están dejando de producir alrededor de c9.000.000, principalmente al tener toda una terraza de 160 módulos fuera de funcionamiento. Dejando a un lado esta terraza y realizando una estimación sobre la zona que está en generación, se encontró un aproximado del 9% en pérdidas de energía, lo cual no implica más de c2.000.000 en el ahorro de la factura del servicio eléctrico. Sin embargo, al escalar este resultado a un parque solar industrial, como el localizado en Honduras de una capacidad de 500MW, una pérdida del 9% significan \$17.000.000.

Las pruebas realizadas y las implicaciones técnicas y financieras abrieron camino para que el SESLab empiece a realizar un monitoreo del estado de su equipo y fundamentar mejor sus informes tanto de labores como para la solicitud del equipo y fondos necesarios para mantener en condiciones óptimas de operación el Complejo Solar y permitir seguir ahorrando en la factura eléctrica de la institución.

Palabras Claves: Parque solar, sistema fotovoltaico, inspección visual, termografía infrarroja, electroluminiscencia, fluorescencia UV, curvas I-V.

Abstract

Photovoltaic energy is a recent development in Costa Rica, but globally, it has become a rapidly growing renewable energy source. The Costa Rica Institute of Technology (TEC) has a solar park connected to the institution's electrical grid, which generates savings on utility bills. The TEC Solar Complex is led by the Tecnológico de Costa Rica's Electronic Systems Laboratory for Sustainability (SESLab), which does not have a complete record of the status of the park and its components. The project then develops a diagnosis of the current operating condition, applying visual inspection, thermography, and UV fluorescence. An initial study was conducted at the Anhalt University of Applied Sciences, Germany, to develop an initial database against which the necessary knowledge would be acquired to issue the diagnosis, using, in addition to the aforementioned techniques, electroluminescence, which turns out to be the most reliable among the tests performed.

Based on the database and comparisons with the literature, it was estimated that, in the current state of the TEC Solar Complex, around c9,000,000 are being lost, primarily due to the fact that an entire terrace of 160 modules is out of service. Leaving aside this terrace and estimating the area currently generating, an approximate 9% energy loss was found, which does not imply more than c2,000,000 in savings on the electricity bill. However, when scaling this result to an industrial solar park, such as the 500 MW solar park located in Honduras, a 9% loss represents \$17,000,000.

The tests conducted and the technical and financial implications paved the way for SESLab to begin monitoring the status of its equipment and better substantiate its reports on both its work and its requests for the equipment and funds necessary to maintain the Solar Complex in optimal operating conditions and allow it to continue saving on the institution's electricity bill.

Key Words: Solar park, photovoltaic system, visual inspection, infrared thermography, electroluminescence, UV fluorescence, I-V curves.

Agradecimientos

*A Dios en primer lugar, por permitirme un entorno en el que pude decidir por mí
y hoy ser lo que amo.*

*A mi familia, por nunca quitarme el sueño que tuve desde niña y
brindarme los recursos para lograrlo.*

*A todos mis compañeros, porque sin que hubiésemos trabajado juntos,
ninguno estaría donde estamos ahora.*

*A mis profesores, por darme parte de su formación profesional, por creer en mí
y porque nunca existieron barreras para seguir adelante.*

*A mi gran amor, por cuidarme, apoyarme, darme un hogar y siempre
desear que logre mis sueños.*

*Por último, pero igual de importante, a mí, por no rendirme, por probar mi capacidad,
por los principios y valores que formamos, por todo el crecimiento personal y profesional
que logramos, por las noches de no dormir, por ser la razón por la que nunca se
espera menos de mí, por formar un nombre desde ya. Gracias a mí.*

Dedicatoria

*A Perrillo, por ser mi compañero por tantos años. Por mostrarme cómo ser mejor persona, que la vida da segundas oportunidades a todos, por mostrarme que el amor más puro no necesita palabras.
A vos y a todas tus canitas, te lo dedico.*

Índice general

1. Introducción	XV
1.1. Reseña de los centros académicos	XV
1.2. Planteamiento del Problema	XVI
1.3. Objetivo General	XVI
1.4. Objetivos Específicos	XVI
1.5. Justificación	XVII
1.6. Antecedentes del Proyecto	XVII
1.7. Metodología	1
2. Marco Teórico	2
2.1. Marco conceptual	2
2.1.1. Rendimiento energético	2
2.1.2. Espectroscopía	2
2.1.3. Principios de funcionamiento	5
2.1.4. Composición del módulo y del sistema fotovoltaico	6
2.2. Marco referencial	10
2.2.1. International Energy Agency y International Electrotechnical Commission	10
2.2.2. Descripción del entorno de prueba	13
2.2.3. Parámetros energéticos	14
2.2.4. Tarifas de generación a nivel nacional	14
2.2.5. Horas sol efectivas	15
2.2.6. Asignación de códigos a los módulos en inspección	16
2.2.7. Coordenadas del panel	16
2.2.8. Códigos de imágenes	16
2.3. Marco normativo	17
2.3.1. Normativa asociada a pruebas	17
2.3.2. Requerimientos del equipo	18
2.3.3. Exposición a radiación UV	19
3. Base de datos de referencia: espectroscopía aplicada	20

3.1. Metodología	20
3.1.1. Conocimiento del sistema y planta	20
3.1.2. Preparación del equipo de prueba	20
3.1.3. Registro de los parámetros de inspección	21
3.1.4. Realización de las pruebas y elaboración del reporte	21
3.1.5. Finalización del reporte	22
3.1.6. Registro de las pruebas (biblioteca fotográfica de hallazgos)	23
3.2. Resultados	23
3.2.1. Módulo LAB1	23
3.2.2. Módulo LAB2	24
3.2.3. Módulo LAB3	24
3.2.4. Módulo TZK5-1	25
3.2.5. Módulo TZK5-2	26
3.2.6. Módulo TZK5-3	27
3.2.7. Módulo TZK5-4	28
3.3. Análisis de resultados	30
3.3.1. Módulo LAB1	30
3.3.2. Módulos LAB2 y LAB3	31
3.3.3. Módulo TZK5-1	32
3.3.4. Módulo TZK5-2	32
3.3.5. Módulo TZK5-3	32
3.3.6. Módulo TZK5-4	33
4. Clasificación de fallas y gravedad	34
4.1. Reporte 1: Laboratorio PV, Köthen	34
4.1.1. Hallazgos en IV	35
4.1.2. Hallazgos en IR	38
4.1.3. Hallazgos en EL	38
4.1.4. Hallazgos en UV	41
4.2. Reporte 2: Bernburg	42
4.2.1. Hallazgos en IV	43
4.2.2. Hallazgos en IR	44
4.3. Reporte 3: Technik Zentrum Köthen, Hochschule Anhalt	47
4.3.1. Hallazgos en IV	48
4.3.2. Hallazgos en IR	51
4.4. Material adicional sobre exposición a sombra	53
5. Diagnóstico del Complejo Solar TEC	57
5.1. Reporte 4: Parque Solar, Campus Central TEC	57

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	IX
5.1.1. Terraza 0	58
5.1.2. Terraza 1	59
5.1.3. Terraza 2	64
5.1.4. Terraza 3	67
5.1.5. FundaTEC	68
5.2. Reporte 5: Paneles externos	68
6. Implicaciones técnicas y financieras	77
6.1. Estimación de datos	77
6.2. Proyección de datos	81
6.2.1. Complejo Solar	81
6.2.2. Paneles de donación	85
6.2.3. Parque solar industrial	85
6.3. Establecimiento de KPIs	86
7. Conclusiones y Recomendaciones	87
7.1. Conclusiones	87
7.2. Recomendaciones	89
A. Guía de lectura de curvas: PROVA 1011	90
A. Plano de distribución Technik Zentrum Köthen (TZK)	92
B. Plano de distribución Teilgenerator 1: Einfamilienhaus	94
C. Plano de distribución Teilgenerator 2: Verfahrenstechnik	96
D. Plano de distribución Teilgenerator 3: Elektrolyse	98
E. Plano de distribución Teilgenerator 4: Energiesparhaushalt	100
F. Plano de distribución Teilgenerator 5: Montage	102
G. Reporte 1	104
H. Reporte 2	149
I. Reporte 3	171
J. Reporte 4	228
K. Reporte 5	295

Índice de tablas

2.1. Contraste de las técnicas de inspección.	4
2.2. Desglose de la asignación de códigos para biblioteca de imágenes.	17
3.1. Desglose de la asignación de códigos para biblioteca de imágenes	23
3.2. Características de los módulos analizados	29
3.3. Datos eléctricos de los módulos analizados	30
3.4. Características del equipo utilizado en las pruebas	30
4.1. Resumen de condiciones del reporte 1	34
4.2. Resumen de condiciones del reporte 2	42
4.3. Resumen de condiciones del reporte 3	47
4.4. Resumen de defectos encontrados y sus consecuencias	52
5.1. Resumen de condiciones del reporte 4	58
5.2. Especificaciones de la terraza 0	58
5.3. Especificaciones de la terraza 1	59
5.4. Especificaciones de la terraza 2	64
5.5. Resumen de condiciones del reporte 5	69
5.6. Especificaciones de muestra de módulos de donación	69
5.7. Especificaciones de equipo adicional	69
5.8. Especificaciones técnicas del trazador de curvas	73
5.9. Comparación de resultados obtenidos mediante el trazador de curvas.	76
6.1. Resumen de defectos comunes y sus consecuencias	78
6.2. Estimado de ahorro por año a factura eléctrica por la producción solar. Fuente: SESLab.	79
6.3. Estimación de pérdidas según los hallazgos reales	80
6.4. Estimación de pérdidas al aumentar la cantidad de paneles afectados, mismo porcentaje de daño.	82
6.5. Estimación de pérdidas al aumentar la cantidad de paneles afectados, mismo porcentaje de daño.	83

6.6. Estimación de pérdidas al aumentar la cantidad de paneles afectados, mismo porcentaje de daño.	84
6.7. Capacidad entre terrazas 0, 1 y 2	84
6.8. Capacidad entre terrazas 0, 1 y 2	85

Índice de figuras

2.1. Efecto fotoeléctrico. Elaboración propia.	5
2.2. Red cristalina de silicio. (a) Dopada con Antimonio. (b) Dopada con Boro. Elaboración propia.	6
2.3. Efecto fotovoltaico. (a) Zona positiva con huecos y zona negativa con electrones libres. (b) Al impactar la radiación los electrones saltan a la zona positiva. Elaboración propia.	6
2.4. Componentes típicos del módulo c-Si (más comunes). Elaboración propia.	7
2.5. Celdas: (a) monocristalina (b) policristalina. Elaboración propia.	8
2.6. (a) Conexión de celdas en serie. (b) Conexión de celdas en paralelo. Elaboración propia.	9
2.7. Curva I-V (Isc y Voc) y curva P-V (MPP y Voc), su intersección genera los puntos Imp y Vmp. Elaboración propia.	10
2.8. Ejemplo de fisura en una celda, sin impacto en seguridad (verde) y sin efecto sobre el desempeño (1). Fuente: Photovoltaic Failure Fact Sheets (PVFS) [26]	12
2.9. Tarifas de JASEC. Fuente: ARESEP	15
2.10. Irradiancia reportada por Solargis. Fuente: Blog HiPower [29]	15
2.11. Cuadrícula de identificación, la celda señalada corresponde a la celda 2C. Elaboración propia.	16
2.12. Archivo correspondiente al TZK5-1.P5.1.Fr.IV: inspección visual de la parte frontal, desarmada en la prueba 5 al módulo TZK5-1. Elaboración propia.	17
3.1. Módulo LAB1: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.	24
3.2. Módulo LAB2: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.	24
3.3. Módulo LAB3: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.	25
3.4. Módulo TZK5-1: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.	26
3.5. Módulo TZK5-2: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.	27
3.6. Módulo TZK5-3: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.	28
3.7. Módulo TZK5-4: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.	29
3.8. Curva de desempeño I-V para el módulo LAB1. Elaboración propia.	31
3.9. Curva de desempeño I-V para el módulo LAB2. Elaboración propia.	31
3.10. Curva de desempeño I-V para el módulo LAB3. Elaboración propia.	31
3.11. Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-1. Elaboración propia.	32
3.12. Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-2. Elaboración propia.	32
3.13. Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-3. Elaboración propia.	33

3.14. Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-4. Elaboración propia.	33
4.1. Brown marks	35
4.2. Decoloración del encapsulante	35
4.3. Delaminación frontal	36
4.4. Delaminación frontal (burbujas)	36
4.5. Delaminación en backsheet	37
4.6. Delaminación en backsheet (ampolla)	37
4.7. Degradación Inducida por Potencial (PID)	38
4.8. Fisura completa	38
4.9. Fisura incompleta	39
4.10. Interrupción de las interconexiones	39
4.11. Rayaduras en el silicio	39
4.12. Áreas sombreadas	40
4.13. Puntos oscuros/negros	40
4.14. Degradación Inducida por Potencial (PID)	41
4.15. Envejecimiento del encapsulante	41
4.16. Envejecimiento del encapsulante	41
4.17. Vista en Google Maps de Schwenk Beton Anhalt, Bernburg	42
4.18. Acercamiento de los módulos de acceso a Hochschule Anhalt	43
4.19. Vidrio trasero quebrado	43
4.20. Alta suciedad	44
4.21. Múltiples hot spots	44
4.22. Hot spot desde la parte trasera del panel	45
4.23. Diodo de bypass en termografía IR	45
4.24. Reflejo de sombras y su efecto térmico	46
4.25. Sombras causadas por vegetación	46
4.26. Vista en Google Maps del Technik Zentrum Köthen	47
4.27. Fisura múltiple en celdas o snail track	48
4.28. Fisura en celdas	48
4.29. Decoloración del encapsulante	49
4.30. Decoloración del encapsulante - yellowing	49
4.31. Suciedad - Moho	50
4.32. Suciedad - Humedad	50
4.33. Corrosión de buses	50
4.34. Hot spot	51
4.35. Diodo de bypass a través de IR	51
4.36. Efecto de exposición a sombra por 10 minutos	53
4.37. Efecto de exposición a sombra visto en vivo	54

4.38. Diferentes reacciones a la exposición de sombra	55
5.1. Vista en Google Maps del parque solar, Cartago	58
5.2. Vista Terraza 0	59
5.3. Vista Terraza 1	59
5.4. Hallazgos comunes en condiciones <i>outdoor</i>	60
5.5. Suciedad en termografía IR	60
5.6. Efecto de la suciedad, pueden aparecer <i>dark spots</i> o <i>hot spots</i>	61
5.7. <i>Hot spots</i> , celdas	61
5.8. <i>Hot spots</i> , caja de conexiones	62
5.9. <i>Dark spots</i> , perfil de soporte	62
5.10. Fisuras completas degradando el encapsulante	63
5.11. Fisuras puntuales degradando el encapsulante	63
5.12. Posible delaminación en las orillas de las celdas	63
5.13. Posición de la caja de conexiones	64
5.14. Vista Terraza 2	65
5.15. Suciedad de difícil acceso dada la altura	65
5.16. Sombra generada por poste en tres columnas de la cadena 2.1	66
5.17. <i>Hot spot</i> en la caja de conexiones	67
5.18. <i>Hot spot</i> en celda aleatoria	67
5.19. Vista Terraza 3	68
5.20. Condición de los módulos en el edificio de FundaTEC	68
5.21. Módulos en mal estado	70
5.22. Módulos en buen estado	70
5.23. Comparación de la termografía de los módulos de donación	71
5.24. Hallazgos mediante UV en paneles de donación	72
5.25. Módulo SL6	73
5.26. Módulo SL1	73
5.27. Módulo SL2	74
5.28. Módulo SL3	74
5.29. Módulo SL4	74
5.30. Módulo SL5	75
5.31. Módulo SL6	75
6.1. Gráfica de representación de la generación mensual durante 3 años consecutivos. Fuente: SESLab.	79

Capítulo 1

Introducción

Existe actualmente un alza del uso de fuentes renovables para el abastecimiento energético, dentro de las cuales ha crecido la energía solar. Este tipo de energía puede ser captada como energía térmica o fotovoltaica según el equipo utilizado. En el caso específico de la captación fotovoltaica (PV, por sus siglas en inglés), se sabe que una celda PV produce como máximo 5 W aproximadamente a 0.5Vdc, así que, según el requerimiento energético, los arreglos de paneles presentan conexiones serie-paralelo entre las celdas para suplir la demanda [1].

Si bien los paneles son el corazón del sistema, no son el único componente que lo integra y todos pueden presentar anomalías de operación que pueden resultar invisibles a una inspección visual, lo que sugiere el uso de otras técnicas y la interpretación de datos de un personal capacitado en el tema [2]. La termografía es una de las técnicas de ensayos no destructivos que permiten evaluar la condición de un material, equipo o superficies varias a distancia mediante el uso del espectro electromagnético dentro del infrarrojo [3]. Además, son de reciente crecimiento el uso de la electroluminiscencia y la fluorescencia para la detección en módulos fotovoltaicos.

El interés del presente proyecto es utilizar el análisis termográfico y fluorescencia UV como principales pruebas para la detección de fallas en condiciones externas de funcionamiento, es decir, fuera de los parámetros de laboratorio. Para realizar esto se realiza un análisis previo bajo situaciones controladas, se lleva a cabo una base de datos que permita reconocer el tipo de falla asociada con sus respectivas pruebas para, posteriormente, realizar un diagnóstico sobre los arreglos propiedad del Tecnológico de Costa Rica, lo que fomenta el uso eficiente del recurso y propiciar la eficiencia energética, tal como lo establece el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 [4].

1.1. Reseña de los centros académicos

La Universidad de Ciencias Aplicadas de Anhalt, Alemania, fue fundada en 1991 como universidad estatal que actualmente cuenta con siete divisiones o áreas de conocimiento, entre las que figuran las ingenierías eléctrica, electrónica y mecánica. Las tres sedes impulsan el desarrollo de conocimiento mediante la evaluación del estudiante frente a la aplicabilidad práctica de su conocimiento. La misión de la universidad es el compromiso con el estado a las contribuciones económicas y sociales a través de la educación orientada a la práctica. Actualmente se enfocan en las oportunidades internacionales que permitan expandir el diálogo multicultural para la formación del perfil profesional de sus graduados.

El Tecnológico de Costa Rica, fundado en 1971 también como universidad estatal, está enfocado en el campo de ingenierías tanto en la enseñanza como en la investigación. A lo largo de su desarrollo y a través de las diferentes rectorías se ha permitido ampliar áreas del saber aplicadas y también establecer procesos de acreditación, entre las cuales, Mantenimiento Industrial figura como una de las primeras. Ante el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, el Colegio de Ingenieros Tecnólogos CITEC fue fundado a partir de 1979 para los egresados en ingenierías del Tecnológico de Costa Rica. Hoy en día sigue expandiendo no solo la enseñanza sino también la investigación y la vinculación mediante programas de intercambio con diferentes países del mundo.

1.2. Planteamiento del Problema

Los sistemas fotovoltaicos actuales, no tienen una alta eficiencia en cuanto al aprovechamiento de toda la radiación que reciben, se estima que el promedio de eficiencia no supera el 25 % para casos de tecnologías más avanzadas y el rango normal está entre un 15 % a 20 %, lo que significa entre 150 W/m^2 y 350 W/m^2 [5]. Aun así, la energía de fuente fotovoltaica se está posicionando como una de las que próximamente tendrá mayor desarrollo e impacto debido a las condiciones del cambio climático, donde el recurso hídrico se prevé que disminuya y la radiación solar aumente.

El Tecnológico de Costa Rica (campus central) está aprovechando actualmente el recurso solar con más de 1000 paneles distribuidos en edificios que forman el Complejo Solar. A pesar de que su instalación provee alrededor del 30 % de la energía demandada por el campus [6], no se cuenta con planes de mantenimiento definidos ni se conoce con certeza el estado de operación de los módulos fotovoltaicos. Por tanto, el problema que se espera resolver es llenar el vacío de conocimiento que existe sobre la operación actual y la condición real del sistema fotovoltaico a cargo del SESLab, gracias a la interpretación de imágenes dentro del espectro infrarrojo y otras técnicas para adentrar en las consecuencias del rendimiento energético del estado de operación actual.

1.3. Objetivo General

Desarrollar un análisis en el sistema de paneles fotovoltaicos del Tecnológico de Costa Rica mediante termografía infrarroja correlacionando los efectos técnicos y financieros de los resultados obtenidos para la evaluación del impacto en el rendimiento de la energía generada.

1.4. Objetivos Específicos

1. Analizar patrones de identificación de fallas en sistemas fotovoltaicos mediante la creación de una base de datos de imágenes de espectroscopía para la clasificación de las fallas y su gravedad.
2. Evaluar los patrones previamente asociados a cada tipo de falla muestreada y su gravedad mediante la revisión de antecedentes para su comparación contra el Complejo Solar TEC.
3. Diagnosticar desperfectos en el sistema fotovoltaico mediante la comparación realizada con el trabajo de laboratorio para el diagnóstico del estado del Complejo Solar TEC.
4. Evaluar el impacto técnico-financiero de las detecciones realizadas al sistema fotovoltaico proyectando el impacto a un parque solar industrial a través del análisis de indicadores técnicos y financieros para la valoración de las consecuencias de fallas no detectadas mediante otras técnicas de inspección.

1.5. Justificación

El valor asociado a este proyecto es visualizar el estado de operación actual del Complejo Solar mediante el uso de ensayos no destructivos, los cuales no han sido previamente registrados como parte de un plan de mantenimiento o simple conocimiento. Se debe rescatar que la eficiencia y el rendimiento disminuidos en los módulos fotovoltaicos implica una pérdida de rentabilidad del sistema a largo plazo [7]. A pesar de que muchos de los modos de falla en módulos fotovoltaicos son ya conocidos, para los usuarios finales representan un problema puesto que no se conoce el impacto real y la frecuencia con la que ocurren en un sistema real como los parques solares [8]. En este sentido, bajo el objetivo de evaluar y proyectar las implicaciones técnico-financieras en las instalaciones del Campus Central, se expone una metodología para alcanzar los objetivos de forma que los ensayos realizados se puedan replicar en otras instalaciones. Es de gran importancia mencionar que este proyecto logra vincular a otras entidades educativas extranjeras, lo que permite ampliar el conocimiento existente mediante pruebas y comprobaciones que logran dar validez al diagnóstico a realizar en el Tecnológico de Costa Rica. El proyecto permite solventar las necesidades de estructura e información para el mantenimiento del Complejo, así como vincular a Mantenimiento Industrial en proyectos de interés sobre energías renovables, puesto que la carencia de un vistazo objetivo desde el mantenimiento es de vital importancia en sistemas de alta complejidad e inversión como el que se encuentra bajo estudio.

1.6. Antecedentes del Proyecto

La Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM), desarrolla estándares internacionales acerca de normas técnicas, entre ellas, para procedimientos de inspección. La norma E1934-99a, sirve de guía para examinar equipo eléctrico y mecánico con termografía infrarroja. Dentro de sus aspectos a tratar, y de interés para el desarrollo del proyecto, extienden como definición de excepción a un componente anormalmente caliente o frío del equipo inspeccionado. De particular importancia, una excepción caliente en equipo eléctrico significará un aumento en la resistencia por diferentes causas como conexiones flojas o deterioradas, corto circuitos, entre otros, mientras que excepciones frías significarán componentes que ya hayan fallado. Se hace la aclaración donde los datos extraídos de un análisis termográfico proveen información solamente al momento de inspección y que no se tratan de un remedio. *per sé*.

El procedimiento recomendado por la norma implica el desarrollo de un listado de equipos a ser examinados idealmente en un orden lógico, seguro y eficiente a seguir. Se debe asegurar que el equipo esté debidamente calibrado y, de requerirse una inspección cuantitativa, será necesario calibrar antes de cada uso. Se deben realizar las inspecciones cuando las condiciones ambientales sean favorables para la toma de datos (incluyendo radiación, viento, humedad, entre otros). De ser necesario y pertinente a la aplicación, deben realizarse mediciones de variables eléctricas. [9].

Las principales normas de apego para este proyecto serán principalmente estipuladas por la International Electrotechnical Commission (IEC) y la International Energy Agency (IEA). La IEC TS 62446: requerimientos para prueba, documentación y mantenimiento está orientada específicamente en sistemas fotovoltaicos. La 62446-1 establece los parámetros de la documentación, puesta en servicio y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Dentro del documento se da un acercamiento a la interpretación de las curvas I-V para visualizar las características de la generación del equipo [10]. La 62446-2 redacta sobre el mantenimiento de equipo fotovoltaico acoplado a la red y la 62446-3, de particular interés, marca las pautas para el uso de termografía infrarroja en el exterior en condiciones de operación. Esta última establece que la inspección puede incluir de igual manera cables, fusibles, inversores, entre otros componentes adicionales a los paneles. El propósito de esta inspección es el mantenimiento preventivo en temas como protección de incendio, la disponibilidad del sistema para la producción de energía y la inspección de

cualidades de los módulos.

La 62446-3 establece como requisitos mínimos del equipo termográfico, como longitud de onda, temperaturas de trabajo, entre otras. Se exponen las condiciones ambientales ideales para realizar la inspección y se recalca la necesidad de estar en operación. Será necesario anotar en el reporte cualquier irregularidad durante la inspección. El procedimiento propuesto incluye parámetros como la posición de la cámara frente al panel, en cuyo caso, será necesario un ángulo de al menos 30° , asegurando que la distancia sea la adecuada según la resolución de la cámara. Se debe tomar en cuenta la emisividad de los objetos estudiados según el material, la condición de la superficie (suciedad, por ejemplo) y el ángulo de la cámara contra el panel para ajustar el equipo.

En la inspección simplificada, donde no es necesario una certificación del personal para la inspección mediante termografía, no precisan los datos exactos de temperatura, sino la comparación contra patrones para evaluar los hallazgos. La evaluación de anomalías térmicas, en referencia con datos de temperatura, se aplica a mayor detalle para la inspección detallada. Es recomendado hacer una matriz de identificación de las celdas para que el reporte brinde una ubicación más detallada del hallazgo. Se brinda un esquema de las anomalías para la inspección simplificada que se pueden observar si se ha seguido correctamente el procedimiento junto a qué puede estarse presentando si se detectan. Por otra parte, para la inspección detallada, permite analizar más a fondo con datos de temperatura y métodos de inspección otras anomalías también presentes. [11].

Kanddeal et al. Utilizan el monitoreo de condición mediante técnicas no destructivas, específicamente la termografía infrarroja. El proyecto lo desarrollan comparando técnicas de termografía activa (excitación del módulo) y pasiva (solamente cámara IR). El estudio presenta una revisión de diferentes técnicas y expone la tabla de patrones de diferentes fallas detectadas por Herraiz et al., concluyendo la eficacia de los diferentes métodos que se han desarrollado, en conjunto con Machine Learning para para detección y diagnóstico. [12].

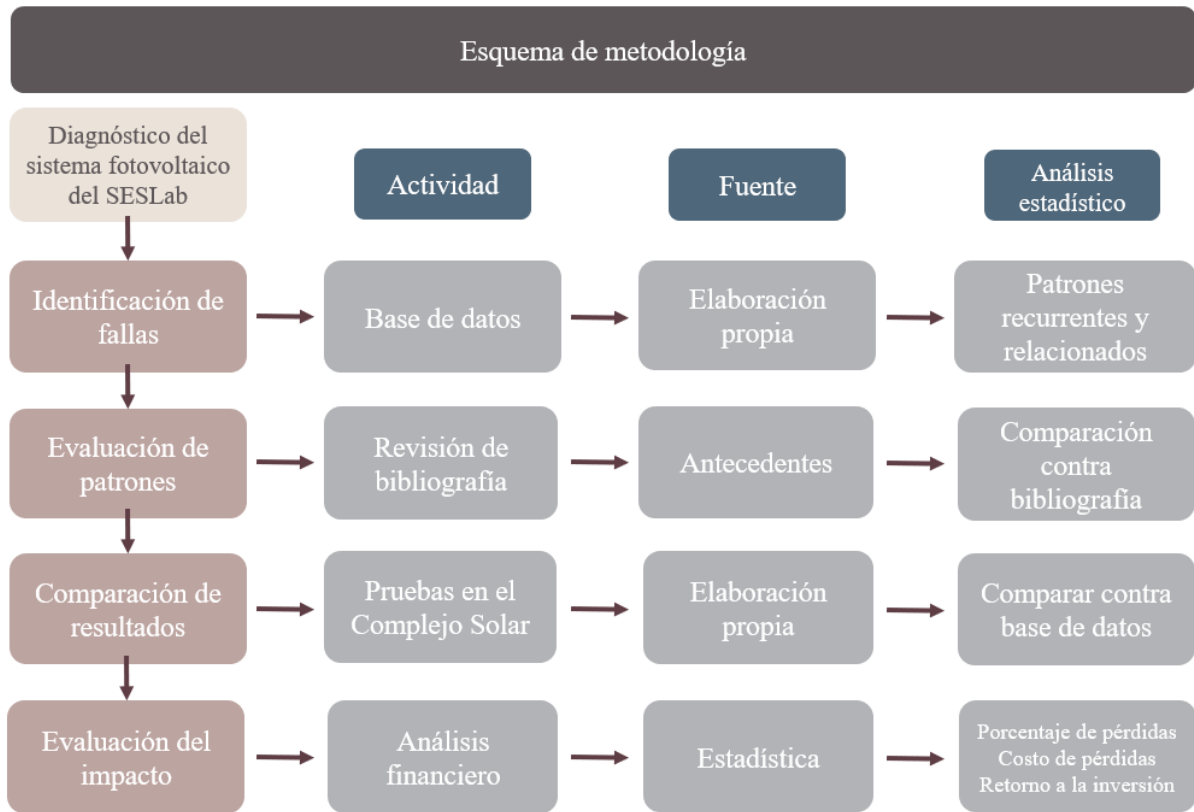
Kumar et al. Dirigen su estudio a la investigación cuantitativa de la degradación inducida por potencial sobre módulos cristalinos debido a corrientes parásitas, donde hacen una relación de las curvas I-V de los módulos y realizan una inspección mediante electroluminiscencia para detectar con mayor profundidad que la técnica de termografía básica. Para este proyecto, se evaluará la posibilidad de la combinación de otras técnicas, como la electroluminiscencia, la cual actualmente puede mostrar más información que la técnica básica [13].

Cardinale-Villalobos et al. Desarrollan un caso de estudio en el que realizan una comparación de las técnicas de termografía, inspección visual y análisis eléctrico, con el objetivo de encontrar cuál método es mayormente concluyente acerca de alguna falla en el sistema fotovoltaico. Los autores concluyen, para tres tipos de prueba, incluyendo suciedad, sombra y falla eléctrica se deberían combinar las tres técnicas para un análisis integral, dado que alguna de las técnicas puede no detectar lo que otra sí. Se menciona también que los datos obtenidos mediante termografía y análisis eléctricos son complementarios y equivalentes, por lo que se puede prescindir de alguna de las dos. [14].

En tanto uno de los casos de estudio de mayor peso para el presente desarrollo, corresponde al trabajo final de graduación Análisis de defectos en paneles solares de plantas fotovoltaicas mediante termografía y electroluminiscencia. Se concuerda en la importancia del adecuado control y mantenimiento del sistema dado que operar paneles defectuosos significa una caída de la eficiencia energética producida. El análisis presentado por el autor revela que las imágenes mediante electroluminiscencia son más concluyentes que la termografía, sin embargo, se parte de un buen instrumento para comprender el estado y operación del módulo. Ramos concluye que la termografía es hoy una herramienta indispensable en el análisis de

funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, no obstante, se ve limitada ante modos de falla más sutiles, por lo que lo recomendable será la combinación de los métodos y la evaluación de curvas I-V. [15].

1.7. Metodología



Capítulo 2

Marco Teórico

Este capítulo pretende definir los conceptos, teorías y demás material, necesarios para el desarrollo del proyecto. La sección 2.1 presenta el marco conceptual, la sección 2.2 el marco referencial y la sección 2.3 el marco legal y normativo aplicable a los objetivos a desarrollar.

2.1. Marco conceptual

El marco conceptual expone los criterios básicos y generales de los temas alrededor de la investigación realizada e importantes para entender el desarrollo de esta. Existen muchos más conceptos relacionados que son igual de importantes, mas no toman relevancia en el enfoque del presente proyecto.

2.1.1. Rendimiento energético

El rendimiento energético, o energy yield, (en el contexto de sistemas PV) se define como la energía que es producida realmente por un sistema tomando en cuenta las pérdidas por factores externos como calor, suciedad, sombra u otros factores; mientras que la eficiencia se refiere a realizar pruebas bajo condiciones controladas. Evaluar el rendimiento energético periódicamente implica asegurar condiciones de operación adecuadas y por lo tanto un mejor retorno a la inversión; es decir, relacionar las implicaciones técnicas y financieras del estado real de la planta en condiciones de operación [16] [17].

2.1.2. Espectroscopía

Dentro del espectro electromagnético existe una región dentro de la frecuencia y longitud de onda en la que se posiciona la luz visible. Sin embargo, en contraste con la extensión total del espectro, la región de luz visible es muy pequeña, lo que significa que hay fenómenos que se extienden a cualquiera de las otras dos regiones (infrarroja o ultravioleta). La espectroscopía utiliza técnicas y aparatos que posibilitan obtener una imagen virtual de lo que puede estar fuera del espectro visible, es decir, mediante estudio del comportamiento de radiación de los cuerpos con su entorno. [18].

Las técnicas de espectroscopía que se relacionan principalmente con los sistemas fotovoltaicos son:

Inspección visual

La inspección visual es la más básicas de las técnicas de revisión y es en la que no se requiere de ninguna herramienta especial para realizarse. La IV se basa en el rango del espectro de luz visible, es decir, los hallazgos encontrados pueden ser reconocidos a simple vista. En el orden de realización de las inspecciones de mantenimiento, esta es mediante la cual se inicia. De encontrar algún hallazgo o no, se puede profundizar o complementar mediante las siguientes técnicas.

En módulos o plantas PV, es importante determinar visualmente primero si existe algún factor o elemento que pueda entorpecer o modificar los resultados obtenidos, como suciedad, elementos que generen sombras o reflejos y, por supuesto, por temas de seguridad durante el recorrido [11].

Termografía infrarroja

Generalmente, seguido de la inspección visual se utiliza la termografía, que utiliza el espectro infrarrojo, es decir, por debajo de la luz visible. Es un ensayo no destructivo, por lo que no invade el objeto de estudio ni cambia sus propiedades o estado al momento de realizar la prueba. La finalidad de la termografía es proveer información térmica sobre el objeto, de forma cualitativa, donde sólo se analizan los patrones o puntos calientes o fríos; o de formas cuantitativa, donde además de lo anterior se recurre a los datos exactos de medición de temperatura. [9].

Electroluminiscencia

La inspección con electroluminiscencia se ha posicionado en una de las más certeras para determinar la integridad física de las celdas fotovoltaicas. Su principio de funcionamiento es la generación de luz al hacer pasar corriente eléctrica por el cuerpo. La luminiscencia como tal es la capacidad de emitir luz sin elevar la temperatura del cuerpo, por lo que se le llama también luz fría y se genera debido a la excitación de electrones que pasan a un mayor nivel de energía y emiten fotones. Para la inspección de paneles fotovoltaicos se necesita de un ambiente oscuro, generalmente nombrado en literatura como *dark room*, y se aplica voltaje sobre el panel mediante una fuente externa. Las celdas emiten luz infrarroja que se capta mediante un filtro especial a una cámara CCD. Esta técnica se ha empleado principalmente para evaluar micro fisuras, dado que las celdas bien iluminadas en la imagen son celdas en buen estado, mientras que las áreas defectuosas varían su iluminación. [15].

Fluorescencia

La fotoluminiscencia es el fenómeno en el que se da la emisión de luz al irradiar luz UV. La fluorescencia implica una excitación de los electrones más no un cambio en el espín, por lo que la emisión de luz cesa al dejar de ser irradiado [19]. El material encapsulante que se encuentra entre el vidrio y la celda puede (o no) tener una respuesta fotoluminiscente, lo que se puede aprovechar para diagnosticar el estado de este, como filtraciones debido a fisuras en las celdas. Es importante aclarar que las evidencias encontradas mediante esta técnica no son directamente las fisuras que existen en celdas o vidrio, tal como lo puede mostrar la inspección visual o electroluminiscencia, sino las consecuencias de la fisura sobre el material encapsulante. [20].

Cada método presenta sus ventajas y desventajas, aunque a su vez logran complementarse en muchas ocasiones. Lo ideal será poder realizar tantas pruebas como sean posibles empleando diferentes técnicas que permitan ampliar o confirmar el diagnóstico realizado. A continuación, se muestra una comparación entre las técnicas mencionadas mostrando sus ventajas y desventajas, así como su complementación, principalmente entre la termografía y la electroluminiscencia.

	Ventajas	Desventajas	Hallazgos
IV	Técnica más sencilla. No se requiere equipo especial.	No es concluyente. Muchos ‘defectos’ visuales no implican repercusiones de operación o rendimiento.	Grietas, coloración, delaminación, quemaduras, corrosión, integridad, suciedad, sombra.
IR	Sin contacto con el objeto de estudio. Toma lecturas de temperatura. Contrasta puntos fríos y calientes. Se puede emplear en condiciones de operación (<i>outdoor</i>).	No todo defecto implica un cambio en temperatura. Existen factores externos que pueden implicar falsos resultados. Se debe tener conocimiento de las temperaturas de operación para dar un diagnóstico.	Quemaduras, falla de interconexiones, PID, conexión de celdas, diodo de bypass, aislamiento, patrones térmicos, sombra, falla total.
EL	Permite una evaluación más profunda y precisa que la IR. Se puede visualizar y analizar cada celda independiente. Posibilita encontrar micro fisuras, lo que no es posible actualmente con las técnicas anteriores. Alta resolución.	Se requiere un ambiente controlado (<i>indoor</i>). Equipo de alto costo. Puede comprometer la integridad del panel si el voltaje inyectado supera los parámetros de operación.	Fisuras, falla de interconexiones, PID, conexión de celdas, diodo de bypass, falla total.
FL	Las pruebas se pueden realizar en sitio, sin necesidad de desmontar o desconectar. Únicamente requiere lámpara especial, las imágenes pueden ser captadas a través de cualquier cámara.	Solo puede hacerse bajo oscuridad. El equipo requiere exactitud en las longitudes de onda utilizadas.	Fisuras, encapsulante.

Tabla 2.1: Contraste de las técnicas de inspección.

A pesar de que cada prueba puede mostrar más detalles sobre la condición del panel, ninguna llega a ser concluyente por sí sola y se requiere complementarlas o realizar pruebas eléctricas para evaluar si el resultado incide en su rendimiento. Una forma de realizar esta evaluación puede ser el análisis de las curvas I-V, las cuales ya poseen una forma estandarizada que se prevé visualizar si el panel funciona adecuadamente.

2.1.3. Principios de funcionamiento

Se debe iniciar por lo más básico, desde los principios de funcionamiento, su composición, su estructura y su puesta en marcha en una red. Los principios de funcionamiento más básicos son:

Efecto fotoeléctrico

Se conoció a finales del siglo XIX y tomó alta relevancia en los estudios realizados por Einstein en 1905. Este efecto consiste en una manifestación eléctrica a partir de la incidencia de radiación electromagnética en un material. Esta manifestación puede consistir en la liberación de electrones o en un cambio en la conductibilidad eléctrica. En el primer caso se conoce como efecto fotoeléctrico externo, mientras que el interno consiste en una fuerza electromotriz inducida. Para que el efecto tome lugar, es necesario que la longitud de onda de la luz se coloque en el ultravioleta o parte de la luz visible, más el mínimo admisible depende de la naturaleza de cada material para generar el efecto. El efecto fotoeléctrico es parte del efecto fotovoltaico, más no necesariamente se produce siempre que exista. [21].

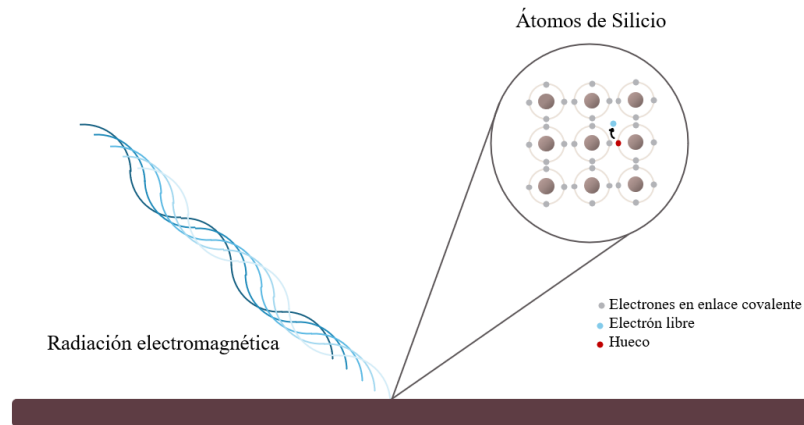


Figura 2.1: Efecto fotoeléctrico. Elaboración propia.

Efecto fotovoltaico

Entendiendo que hay materiales que pueden cambiar su comportamiento eléctrico al incidir radiación sobre estos, se debe ahora conocer los tipos de semiconductores necesarios para generar el efecto fotovoltaico. El Semiconductor tipo N tiene dentro de la estructura de Silicio algún elemento que libera un electrón al enlazarse, en tanto el tipo P tiene algún elemento al que le queda un espacio libre o hueco en su orbital. En un conjunto PN, ambas zonas se neutralizan, al desplazar los electrones libres y los huecos entre ambos tipos. La radiación electromagnética incide en el tipo N, por lo que se rompen los enlaces y se liberan electrones, lo que resulta en una diferencia de potencial entre la zona N y la zona P. Si dentro del flujo de electrones se conecta una carga, se consume la corriente que se genera por la diferencia de potencial entre ambos materiales. [22].

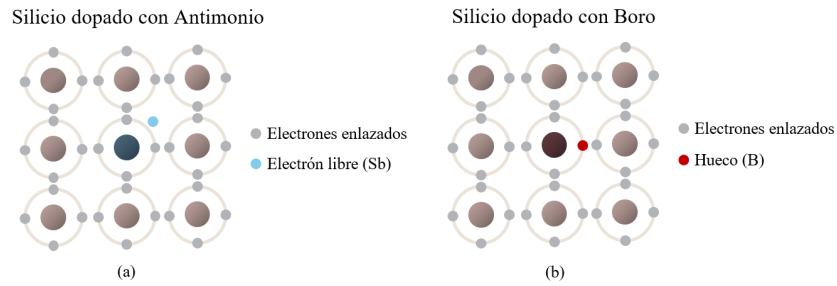


Figura 2.2: Red cristalina de silicio. (a) Dopada con Antimonio. (b) Dopada con Boro. Elaboración propia.

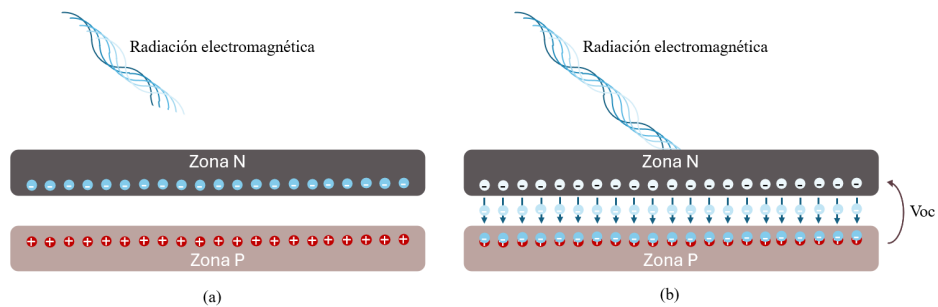


Figura 2.3: Efecto fotovoltaico. (a) Zona positiva con huecos y zona negativa con electrones libres. (b) Al impactar la radiación los electrones saltan a la zona positiva. Elaboración propia.

2.1.4. Composición del módulo y del sistema fotovoltaico

Partes del módulo fotovoltaico

Para entender la estructura de un sistema fotovoltaico se debe iniciar desde el componente más pequeño que lo integra. La celda solar es el elemento más pequeño del conjunto, están hechas de material fotovoltaico de alguna de las tecnologías mencionadas anteriormente, protegidas por un encapsulante y finalmente el vidrio y/o capa posterior. Los fingers son las barras que permiten la colección de electrones liberados por cada celda entre las capas del semiconductor. Los busbar corresponden a las barras de mayor tamaño que unen los fingers y permiten el paso de corriente generado en la celda. La unión de celdas por medio de busbars de mayor tamaño forma un módulo fotovoltaico, mientras que la unión de, generalmente tres, módulos forma un panel solar fotovoltaico. En la conexión de los módulos para formar un panel se da mediante bypass diodes, los cuales se encargan de la regulación de corriente entre módulos para evitar condiciones que arriesguen la integridad del panel. Cuando existe sombra en una de las celdas, por ejemplo, la corriente producida desciende, lo que puede generar sobrecalentamiento, para evitar que este problema incida en la salud del panel, el diodo de bypass hace fluir la corriente a través de sí para dar estabilidad a la generación. La conexión de dos o más paneles forma un string, que al interconectarse formarían un array que da lugar a un sistema fotovoltaico [23].

- *Backsheet*: Actúa como barrera para proteger de la humedad y esfuerzos. Según la tecnología y el fabricante, puede ser otro vidrio o una lámina a base de algún polímero, uno comúnmente usado es el PVF-poliéster-PVF, PVF siendo *polyvinil fluoride* y el poliéster típicamente utilizado el PET. (*polyethylene terephthalate*).

- Encapsulante: El encapsulante abraza la celda por ambos lados para protegerla adicionalmente al vidrio frontal y el *backsheet*. El material más utilizado es el EVA (*ethylene-vynil-acetate*) que se ubica en la familia de los plásticos.
- Celdas: Son el material fotosensible que produce energía. Se colectan los electrones mediante *fingers* y *buses*.
- Vidrio: Es la capa frontal que provee la estabilidad mecánica y resistencia a impactos (temperado). Al ser transparente permite pasar la mayor cantidad de luz a las celdas.
- Caja de conexiones: Corresponde al elemento que resguarda los elementos eléctricos y electrónicos mediante los cuales se conecta el módulo al resto del sistema.
- Marco: típicamente de aluminio, aporta refuerzo mecánico a la vez que sella y sostiene todas las capas en su lugar.

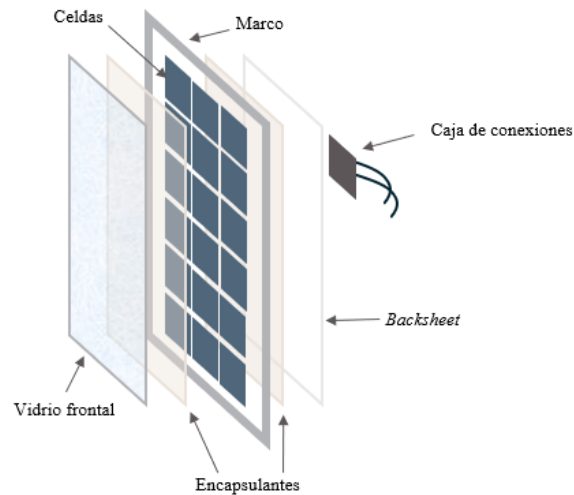


Figura 2.4: Componentes típicos del módulo c-Si (más comunes). Elaboración propia.

Tecnología *Cristalline Silicon* (c-Si)

Una estructura cristalina es tal que posea un orden molecular y estructura simétricas. El silicio cristalino posee propiedades que permiten el efecto fotovoltaico, posee un bandgap de $1,12 \text{ eV}$, lo que teóricamente le permite generar 45 mA por cm^2 de densidad de corriente de cortocircuito. Existen dos tecnologías asociadas al silicio cristalino:

- Monocristalino: la estructura molecular de la red cristalina de silicio es continua y no se interrumpe por otras redes, el grano es regular en toda la celda.
- Policristalino: el material se compone de múltiples granos cristalizados con orientación aleatoria, por lo que la estructura no es uniforme ni continua [23].

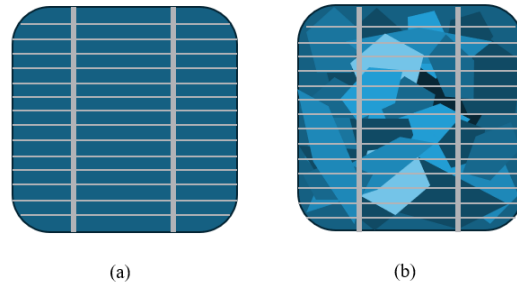


Figura 2.5: Celdas: (a) monocristalina (b) policristalina. Elaboración propia.

La tecnología monocristalina, al no tener fronteras o límites entre granos, logra un mayor voltaje de circuito abierto por sobre la tecnología policristalina (bajo las mismas condiciones de radiación). Adicionalmente, la tecnología monocristalina tiene mayor vida útil, con una mayor resistencia a factores que pueden afectar su rendimiento como el viento y la sombra. No obstante, la tecnología policristalina es más accesible en cuanto a inversión inicial, además es frecuentemente más utilizada en climas cálidos por su capacidad de absorber a mayor velocidad el calor y no genera un auto sobrecalentamiento, en tanto la tecnología monocristalina se utiliza en climas fríos por absorber mayor radiación aún con niebla o nubosidad, pero tiene una tendencia a sobrecalentarse [24].

Tecnología *Thin film*

La tecnología thin film o película delgada es la tecnología de segunda generación en módulos fotovoltaicos. Se trata principalmente del depósito de una o varias capas delgadas de material que permita el efecto fotovoltaico sobre algún sustrato, generalmente vidrio, plástico o metal, el cual es el que le brindará soporte al panel, no obstante, si este no se deposita en algún material rígido, es posible hacer celdas solares flexibles a partir del material fotovoltaico. En esencia las capas del semiconductor activo se encuentran entre capas de un óxido conductor transparente (TCO), que se encarga de conducir la luz incidente a las capas del semiconductor activo, actuando como un contacto eléctrico en la parte frontal, por lo que se requiere también de un contacto eléctrico en la parte trasera que no precisa de ser un TCO. El semiconductor activo puede estar hecho de elementos raros como Indio, Selenio o Telurio, sin embargo, para gran escala será necesario utilizar elementos abundantes en el manto terrestre. A pesar de ser la segunda generación, siguen siendo menos eficientes que las de primera generación, es decir, crystalline silicon, además de no encontrarse económicamente viables hasta el momento frente a la tecnología de primera generación. [23].

Conexión serie-paralelo

La conexión entre celdas que forman un módulo fotovoltaico se puede dar en serie o paralelo según sea más conveniente. El voltaje esperado por celda no supera el voltaje de diodo de 0,6 V, por lo que se toma este como valor de referencia. La conexión en serie puede aumentar el valor de voltaje por tantas celdas que se encuentren conectadas en serie, más limita el valor de corriente al menor generado, es decir, si se tiene una conexión de tres celdas en serie, se obtiene un voltaje de circuito abierto de 1,8 V, mas si alguna de las tres tiene sombra, la corriente de las tres se limita al valor de la que genera menos. La conexión en paralelo, por el contrario, permitirá trabajar bajo el mismo voltaje a todas las celdas (0,6 V), pero el valor de corriente se suma entre el generado por cada una. En este ejemplo, si alguna de las tres presenta sombra, el valor de corriente no se triplica, pero no será menor a la suma de dos de las corrientes. De igual forma es común encontrar una conexión mixta, donde cadenas de celdas en serie se pueden interconectar

en paralelo como módulos [23].

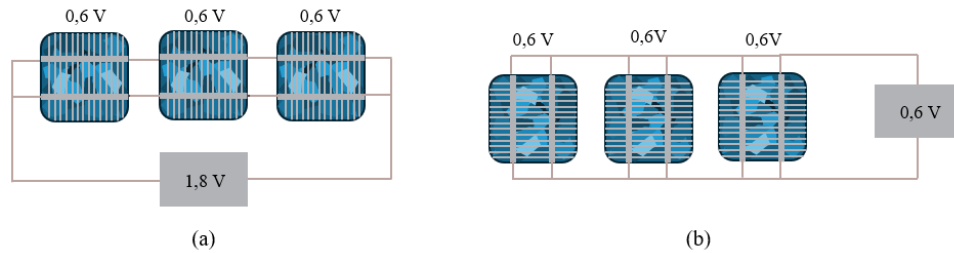


Figura 2.6: (a) Conexión de celdas en serie. (b) Conexión de celdas en paralelo. Elaboración propia.

Adicional a los paneles solares y todo lo que los integran, hay un conjunto de elementos externos que componen un sistema fotovoltaico, principalmente para la electrónica de potencia. Dichos componentes son:

Inversor

Generalmente el término inversor puede referirse a un conjunto de componentes electrónicos además del inversor real, esto según esté conectado a la red u operando independiente. Un inversor, en esencia, es aquel componente que convierte electricidad de corriente directa (DC) a electricidad de corriente alterna (AC). Para un sistema conectado a la red, los paneles están directamente conectados al inversor y este a la red, por lo cual se debe asegurar que el inversor esté en fase con la red y eliminar la mayor cantidad posible de armónicos. Debido a la interferencia que puede causar con la red, generalmente el aparato que se conoce como inversor para el consumidor final contiene también un MPP tracker y un convertidor DC-DC integrados. Para un sistema aislado (no conectado a la red) el inversor se conecta directamente a las baterías, por lo que requiere una construcción distinta para no implicar descarga de la batería, no requiere convertidor DC-DC ni MPPT . [23].

Convertidor DC-DC

Para un sistema conectado a la red, donde el inversor contiene además el MPPT, el convertidor sirve de propósito para transformar el voltaje variable de la salida de los paneles a un voltaje constante para entrar al inversor DC-AC. En un sistema aislado, el voltaje real de salida de los paneles puede no ser suficiente para sobrellevar la batería y la carga conectada, por lo que se utiliza el convertidor. [23].

Max Power Point Tracker (MPPT)

Entendiendo que la salida de un arreglo fotovoltaico es una curva de corriente y voltaje que depende de la irradiancia exterior y la temperatura del panel, esta curva puede ser variable en el tiempo en el momento en el que alguno de los dos factores aumente o disminuya, lo que se conoce como punto de operación. El punto de operación se debe asociar también a un punto en la curva de potencia-voltaje, donde se interseque el punto máximo en la curva P-V con el punto de operación I-V, se conoce como el punto de máxima potencia (MPP), mas puede ser variable en el tiempo según las condiciones de irradiancia y temperatura. El MPPT, rastreador del punto de máxima potencia, es aquel que monitorea los cambio en la curva I-V al cambiar las condiciones ambientales y encuentra un nuevo punto de máxima potencia asociado a la condición nueva. El MPPT logra rastrear el punto de máxima potencia, mas no logra por sí solo establecerlo, de esto se encarga generalmente el convertidor DC-DC [23].

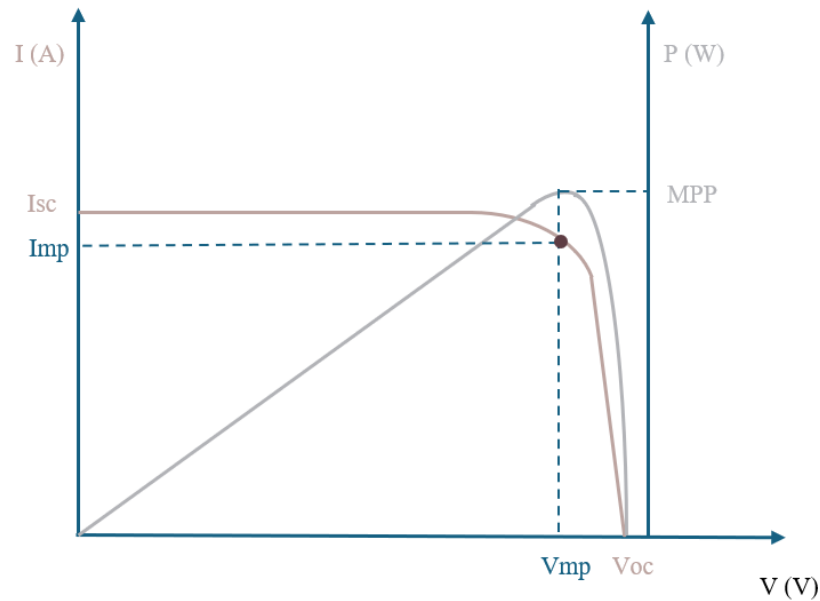


Figura 2.7: Curva I-V (I_{sc} y V_{oc}) y curva P-V (MPP y V_{oc}), su intersección genera los puntos I_{mp} y V_{mp} . Elaboración propia.

Controlador de carga

Para un óptimo funcionamiento de una batería y preservar su vida útil, existe un rango de voltaje en el que la batería debe operar, es decir, un valor máximo y mínimo de voltaje en el cual opera entre carga y descarga. Un controlador de carga se utiliza comúnmente en sistemas aislados, principalmente por la salud de la batería en los momentos pico de generación: si se genera mayor voltaje del máximo de la batería, el controlador se encarga de aislar la batería para no sobrecargarla, mientras que si se genera menor del mínimo, el panel consumirá el voltaje al mismo tiempo que la carga conectada, lo que puede sobredescargarla y generar calentamiento de los paneles. Para prevenir el consumo del panel, se integra en el controlador un diodo de bloqueo cuando el panel genera muy poco voltaje [23].

2.2. Marco referencial

El marco referencial coloca las entidades y aspectos a tomar en cuenta sobre las pruebas y los resultados obtenidos. La primera parte agrupa los referentes generales en el contexto del proyecto, mientras que en la segunda parte, se establecen las referencias propias dentro del trabajo realizado.

2.2.1. International Energy Agency y International Electrotechnical Commission

La *International Energy Agency* (IEA) es una entidad que, en conjunto con gobiernos e industrias, permanece como referente en temas de producción energética con un énfasis en la seguridad y sostenibilidad. En su creación en 1974, se enfocaba en los lineamientos del uso y suministro de aceite para la producción de energía, en tiempos actuales la IEA ha evolucionado a las nuevas formas de producción como las energías renovables. Alemania, al igual que gran parte de la Unión Europea, han contribuido ampliamente

con la investigación que realiza la IEA y actualmente, mucha de la investigación y normativa alemana se apoya en las publicaciones de la IEA. La *International Electrotechnical Commission* (IEC) por otra parte, se encarga de la preparación y publicación de estándares y normativas sobre temas eléctricos, electrónicos y tecnología afín. A continuación se encuentran documentos de alta importancia para la realización de las pruebas y la interpretación de los resultados durante la extensión del proyecto.

IEA: Task 13

La IEA, en su división de recursos renovables, tienen una sección llamada *Photovoltaic Power Systems Programme*. La tarea número 13, o *task 13*, se encarga de la fiabilidad y rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, mediante el uso de datos e información del desempeño de estos sistemas. Los objetivos generales se enfocan en la facilitación de una plataforma para difundir aspectos técnicos de sistemas fotovoltaicos, recopilando datos de plantas al rededor de todo el mundo. La tarea 13 comenzó en 2022 y presenta varias publicaciones que sirven como referente en temas técnicos del comportamiento de la energía solar. Dentro de las publicaciones de la tarea 13 se encuentran las tres secciones siguientes.

IEA: Review of Failures of PV Modules

Dentro de la tarea 13, esta publicación presenta un resumen de los principales resultados sobre las inspecciones en sistemas fotovoltaicos. Extiende definiciones primordiales sobre fallas, técnicas, resultados y un machote de reporte para la inspección, en el cual se basan los reportes realizados y adjuntos en los apéndices. Este catálogo indica también sus referencias, la mayoría apoyadas en estándares de la IEC, por lo que resume los aspectos más importantes a tomar en cuenta para las pruebas y resultados estandarizados. Incluye las técnicas de inspección visual, termográfica, mediante electroluminiscencia, fluorescencia UV e interpretación de curvas I-V [25].

IEA: Failure Fact Sheets

Esta publicación de la tarea 13 hace una recopilación y resumen gráfico de los modos de falla más comunes y registrados en sistema fotovoltaicos, junto con una categorización de los riesgos que representan, del efecto en el desempeño del módulo y/o sistema y las técnicas mediante las cuales se pueden evidenciar. La publicación extiende una guía visual de las evidencias, explicación escrita de la apariencia, origen, impacto y mitigación del hallazgo, escalas en cuanto al impacto en la seguridad (verde: sin efecto en la seguridad, amarillo: puede causar daños, rojo: causa daño) y el desempeño (de 1 a 5, donde 1 no implica efecto sobre el desempeño y 5 tiene un impacto catastrófico) [26]. Un extracto de ejemplo se encuentra en la imagen a continuación:

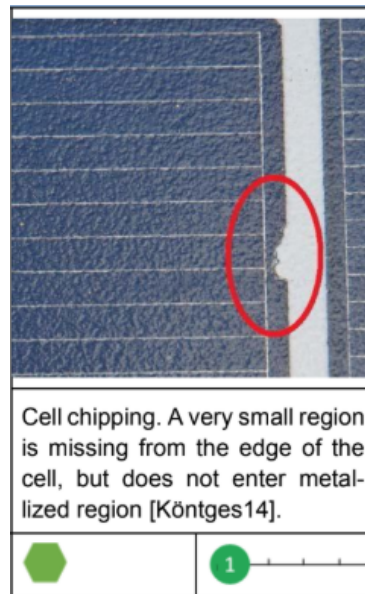


Figura 2.8: Ejemplo de fisura en una celda, sin impacto en seguridad (verde) y sin efecto sobre el desempeño (1). Fuente: Photovoltaic Failure Fact Sheets (PVFS) [26]

IEA: Key Performance Indicators

Para establecer una métrica en el desempeño de un sistema, es necesario aclarar los parámetros bajo los cuales se está evaluando. La IEA preparó una publicación con el fin de unificar estos parámetros que corresponden a los *Key Performance Indicators* (KPIs) tanto en el área técnica, como en el área económica y adicionalmente en sostenibilidad [27]. Los KPIs técnicos establecidos en la publicación son:

- Rendimiento energético Pxx: Se trata de la producción de energía esperada, donde Pxx describe la probabilidad de exceder el valor esperado en ciertas condiciones. Por ejemplo P50 es el escenario en el que el 50 % del tiempo el rendimiento supera el valor y el otro 50 % estará por debajo. P90 y P99 se reservan generalmente para ensayos controlados (laboratorio).
- Razón de desempeño: Es una medida de eficiencia del sistema completo y contrasta la producción energética contra el desempeño teórico, tomando en cuenta la irradiancia.
- Disponibilidad: Define qué tanta producción real hubo durante el período de análisis. La fórmula general se resume como el tiempo en el que estuvo en operación menos en el que no entre el tiempo en operación.
- Razón de suciedad: Este KPI calcula la razón de producción de una celda sucia en comparación a la producción nominal si estuviera limpia. No es un KPI estandarizado aún, pero dada la importancia y el impacto de la suciedad en la producción se considera un indicador conveniente y válido.
- Tasa de degradación y pérdida de desempeño: La tasa de degradación mide los daños irreversibles que presentan los módulos o el sistema, mientras que la pérdida de desempeño puede abarcar tanto reversibles como irreversibles que estén generando una pérdida de producción.
- Índice de desempeño energético: Expresa la relación entre el rendimiento medido y el rendimiento que se espera. Para calcular el rendimiento esperado se requiere del uso de un modelo descrito en IEC 61724-3.

- Prueba de capacidad: Es un método mediante el cual se compara la potencia con las condiciones ambientales y climáticas, similar a las pruebas donde se establece la capacidad bajo condiciones estándar.
- Factor de utilización de la capacidad: comprende la razón de la energía producida frente a la energía que teóricamente se puede obtener dadas la capacidad del sistema.
- Tiempo de respuesta de mantenimiento: mide el tiempo en el que se apersona un operador a la planta una vez que se activa alguna alarma de detección de falla.

Tomando en cuenta los parámetros CAPEX y OPEX (gastos de capital y gastos de operación) y otros referentes a costos, los KPIs financieros establecidos en la publicación son:

- Costo nivelado de la electricidad: Compara el costo de sistemas de generación, en este caso, incluye la ganancia frente a los costos de fabricación, instalación, desarrollo, operación y mantenimiento. No se refiere al costo de la energía según las empresas dedicadas a compra y venta de energía, sino al costo de producirla según los CAPEX y OPEX internos.
- Valor actual neto: Se refiere a la diferencia entre valores actuales de entradas y salidas de efectivo por un período t . Generalmente deja visualizar la rentabilidad del proyecto durante su vida financiera.
- Tasa Interna de Retorno: Estima la rentabilidad de una inversión potencial. Se resuelve la ecuación para la tasa de descuento igualando el VAN a 0.

IEC: Requirements for testing, documentation and maintenance

La norma IEC 62446 establece los requerimientos básicos para la prueba, documentación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos. La parte 1 se enfoca en la documentación, pruebas de puesta en marcha y la inspección. La parte 2 se dedica únicamente al mantenimiento de los sistemas y la parte 3 es sobre el uso de termografía IR en condiciones externas [10] [11].

2.2.2. Descripción del entorno de prueba

El resultado de cualquier prueba puede ser afectado por el entorno y las condiciones en las que se está llevando a cabo, por esto, es importante realizar una descripción y documentación del entorno de prueba o las condiciones bajo las cuales se realiza. Algunos términos importantes respecto al tema son:

Indoor-Outdoor

Es importante describir si las pruebas se están realizando en un ambiente controlado o a la interperie, donde no hay control sobre parámetros externos. Generalmente, una prueba *indoor*, interior, es aquella que se desarrolla en condiciones controladas de laboratorio, mientras que la prueba *outdoor*, exterior, se da a la interperie en el lugar y condiciones de operación, donde no se controla el entorno. De estas dos modalidades se habla de *Standard Test Conditions* o *Operating Conditions*.

Standard Test Condition

Según la IEC, las condiciones estándar de prueba (STC) corresponden a una irradiancia de 1000 W/m^2 , 25°C (temperatura de la celda) y AM1,5 (Air Mass) [23] [25]. Proponer condiciones de prueba estándar permite establecer un parámetro donde se puedan comparar rendimientos según lo que se establece de fábrica como capacidad nominal. El simulador solar y *test chambers* están contruidos de tal forma que se garanticen estas condiciones durante la extensión de la prueba.

Operating Condition

Dado que las condiciones en operación (externas) son fluctuantes, al momento de realizar una prueba se debe tomar en cuenta las condiciones reales dado que todas pueden afectar el resultado sin que signifique que el desempeño del panel se ha disminuido. Lo más importante será reportar la temperatura, irradiancia al momento de la prueba, nubosidad, suciedad y viento [11], entre otras cosas como presencia de lluvia, nieve, etc. Aún así, existen varias normativas que definen los parámetros mínimos y máximos para poder realizar una inspección en este campo, la norma en [11] indica una irradiancia mínima de 600 W/m^2 , viento de máximo 28 km/h, máximo de 2 octas de nubosidad y baja o nula suciedad. Por lo tanto, pruebas en lluvia o nieve no se consideran estandarizadas y sus datos no son fiables.

La nubosidad se mide en octas, lo que se logra al hacer una estimación dividiendo el cielo en 8 partes iguales y observando cuántas de estas están cubiertas por nubes [28].

2.2.3. Parámetros energéticos

Se refieren a las principales mediciones o variables que caracterizan un panel [23]. Se adjuntan siempre en la hoja de datos en la parte trasera del panel.

- P_{max} (W): Es la potencia máxima que puede entregar. la indica el fabricante bajo las STC.
- V_{pm} (V): Es el voltaje en el punto de potencia máxima.
- I_{mp} (A): Es la corriente en el punto de potencia máxima.
- V_{oc} (V): Corresponde al voltaje en circuito abierto, es decir, cuando no fluye corriente en el circuito. Es el mayor voltaje al que se puede someter o entregará.
- I_{sc} (A): Corresponde a la corriente que circula cuando las terminales se encuentran en corto circuito. Depende del flujo de fotones en las celdas.

2.2.4. Tarifas de generación a nivel nacional

La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) es la encargada de establecer los precios de comercialización de distintos servicios incluyendo la energía. El Tecnológico de Costa Rica (Campus Central) corresponde al sector bajo poder de la Junta Administrativa de Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (JASEC), según la cual la ARESEP establece un precio de ₡79,98 el kWh en los bloques mayores a 200 kWh. Será bajo este precio con el que se establezcan costos en el capítulo 6.



Figura 2.9: Tarifas de JASEC. Fuente: ARESEP

2.2.5. Horas sol efectivas

Solargis es una empresa que se dedica a la trazabilidad de datos solares y meteorológicos. Actualmente cuenta con un software que permite visualizar un mapa mundial con la cantidad de radiación aprovechable. La empresa HiPower en Costa Rica, en su blog publicó que, según Solargis, Costa Rica tiene en promedio 5,2 horas sol diarias efectivas para la producción de energía, y trae la comparación con Alemania que cuenta con solo 3 horas.

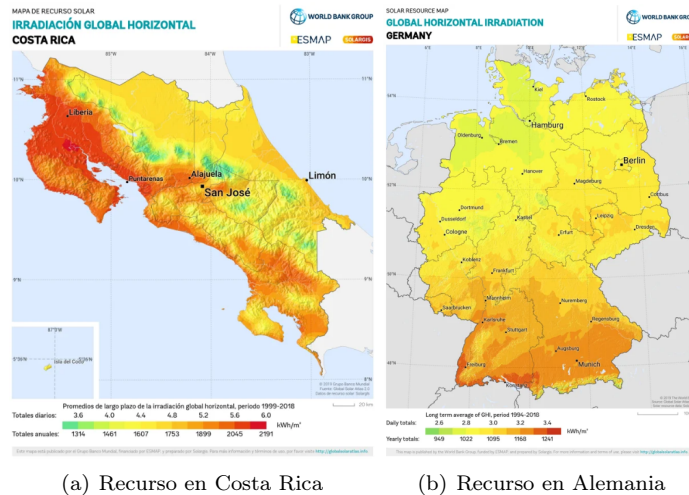


Figura 2.10: Irradiancia reportada por Solargis. Fuente: Blog HiPower [29]

No existe normativa de uso obligatorio para guardar el registro de los resultados, ensayos o muestras inspeccionadas, sin embargo, se realizó una codificación especial de uso exclusivo de este trabajo para la identificación de todo lo relacionado con los resultados obtenidos.

2.2.6. Asignación de códigos a los módulos en inspección

A cada elemento inspeccionado se le asignó un código único de identificación, tomando en cuenta su ubicación principal, string al que pertenece y su ubicación dentro del mismo. Tanto el trabajo realizado en Alemania como el realizado en Costa Rica presenta planos con su propia designación, sin embargo, se creó una propia en la realización de las pruebas.

Así como ejemplo se tienen:

- Módulo TZK5-4: Ubicación en el edificio TZK, pertenece al inversor 5 y es el número 4 dentro del circuito.
- Módulo LAB1: No tiene mayor especificación puesto que es uno de los paneles que se encuentra en laboratorio de Anhalt.
- Módulo CST1.3-6: Ubicación en el Complejo Solar CS, pertenece a la cadena 3 de la Terraza 1 T1.3 y es el número 6 en el circuito.

2.2.7. Coordenadas del panel

Para identificar las celdas en las que se encuentra algún daño, se asignó una cuadrícula con números de fila y letras de columna, tal como se muestra en la imagen:

	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Figura 2.11: Cuadrícula de identificación, la celda señalada corresponde a la celda 2C. Elaboración propia.

2.2.8. Códigos de imágenes

Al igual que con la asignación de un nombre único a cada módulo, cada archivo de imagen generado y guardado en la base de datos tiene un código único. Se compone de la siguiente manera:

Ítem	N. Prueba	N. Imagen	Parte	Tipo de prueba
TZK5-1	P5	1	Fr	IV
Código del panel	Trazabilidad del entorno de prueba	Según la cantidad de imágenes del mismo ítem	Parte o coordenada del panel	IV, IR, EL, UV

Tabla 2.2: Desglose de la asignación de códigos para biblioteca de imágenes.

El archivo correspondiente al ejemplo anterior se encuentra de la siguiente manera en el almacén fotográfico:

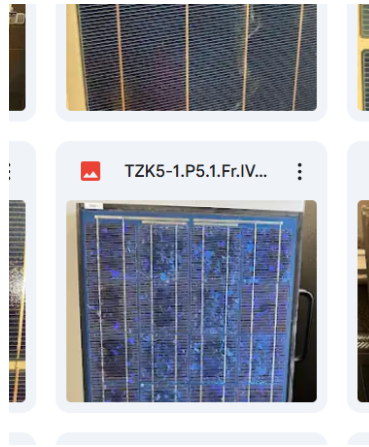


Figura 2.12: Archivo correspondiente al TZK5-1.P5.1.Fr.IV: inspección visual de la parte frontal, desarrollada en la prueba 5 al módulo TZK5-1. Elaboración propia.

2.3. Marco normativo

El marco legal abarca las normativas y estándares, bajo las cuales se trabaja en el desarrollo del proyecto y se basarán en decisiones, criterios o diagnósticos sobre los resultados obtenidos.

2.3.1. Normativa asociada a pruebas

Termografía

Norma ASTM E1934-99a: Standard Guide for Examining Electrical and Mechanical Equipment with Infrared Thermography, indica las responsabilidades del personal, el procedimiento a seguir, partes básicas del reporte [9].

Manual IEA Review on Infrared and Electroluminescence Imaging for PV Field Applications (Reporte IEA-PVPS T13-10:2018): brinda estado del arte de la técnica, requerimientos de la prueba, clasificación de los resultados, comparación entre IR y EL [30].

Electroluminiscencia

Estándar IEC TS 60904-13:2018: Photovoltaic devices - Part 13: Electroluminescence of photovoltaic modules, aporta las características del equipo requerido, procedimiento y evaluación de los resultados.

Manual IEA Review on Infrared and Electroluminescence Imaging for PV Field Applications (Reporte IEA-PVPS T13-10:2018): brinda estado del arte de la técnica, requerimientos de la prueba, clasificación de los resultados, comparación entre IR y EL [30].

Fluorescencia UV

Debido a su reciente aparición y curva de prueba, aún no hay normativas aprobadas, únicamente guías y recomendaciones.

2.3.2. Requerimientos del equipo

Termografía

El reporte IEA-PVPS T13-10:2018 [30] establece como requerimientos mínimos de la cámara termográfica los siguientes:

- Certificado de calibración.
- Rango de temperatura de -20°C a 250°C .
- Resolución de 160×120 .
- Sensibilidad térmica menor a $0,1\text{K}$.
- Rango de emisividad entre $0,01$ y 1 .

Electroluminiscencia

El reporte IEA-PVPS T13-10:2018 [30] establece como requerimientos mínimos de la cámara para electroluminiscencia los siguientes:

- Sensor tipo CDD
- Resolución mayor a 5MP
- Tiempo de exposición de 10s .

La fuente de poder no tiene especificación de requerimientos mínimos, sin embargo, será necesaria una capacidad de al menos los parámetros V_{oc} e I_{sc} .

Fluorescencia UV

Dado que para cada material la respuesta de fluorescencia varía en el espectro a diferentes longitudes de onda, se debe realizar ensayos de ajuste de la longitud adecuada. Generalmente se inicia con al menos 315 nm [25]. Apoyado en la investigación de [31], donde obtuvieron una respuesta mejorada y un rango de respuesta mayor al hacer ajustes, se utilizan 365 nm para la prueba fluorescente (capacidad de la lámpara y filtro band pass).

2.3.3. Exposición a radiación UV

Debido a que la prueba UV involucra exposición del operador a los rayos UV se presenta esta sección para tratar el tema de seguridad del operador. La fundación del cáncer de piel [32] informa que el sol emite rayos UV de 2 niveles principales de energía que corresponden a rayos UVA (320 nm a 400 nm) y rayos UVB (280 nm a 320 nm). Los rayos UVA son los que poseen mayor longitud de onda y por lo tanto menos energía y son los más abundantes en el entorno diurno normal. La exposición UV requerida por las pruebas se estableció en 365 nm, lo que ubica la emisión dentro de los rayos UVA. Si bien es una exposición a un rango normal de rayos UV emitidos por el sol, se recomienda la protección adecuada contra estos como el uso de bloqueador solar al momento de realizar la prueba.

Capítulo 3

Base de datos de referencia: espectroscopía aplicada

El capítulo tercero atiende lo obtenido para el primer objetivo específico planteado, que pretende identificar fallas comunes en módulos fotovoltaicos creando una base de datos como punto de referencia. La actividad realizada para lograr este objetivo tomó lugar en el laboratorio de tecnología fotovoltaica de la universidad de Anhalt, Alemania; donde se realizaron pruebas en ambientes controlados para respetar las condiciones estándar.

3.1. Metodología

La metodología propuesta pretende ser replicable tanto para la investigación en curso como para la inspección en general de las granjas solares de pequeña escala como la que forma parte del Complejo Solar TEC. La primera etapa será el preámbulo relacionado al entorno de prueba, seguidamente la segunda etapa asociada al equipo, la tercera etapa sobre el registro de las pruebas y por último la realización de las pruebas y elaboración del informe. Esta metodología integra las 4 técnicas de inspección: visual, termografía, electroluminiscencia y fluorescencia UV, los pasos podrán ser editados según la disponibilidad de equipo al momento de realizar la prueba.

3.1.1. Conocimiento del sistema y planta

1. Recopilar todos los datos existentes de la planta a inspeccionar: modelos de paneles instalados y sus respectivos datos de placa, tiempo en servicio, registros de mantenimiento anteriores y otros datos que se consideren relevantes.
2. Revisar los datos técnicos de los equipos de inspección (cámara IR, cámara EL, lámpara y cámara UV) con el fin de conocer los parámetros de calibración y posibles fuentes de error y asegurar que cumplen los requerimientos mínimos para la inspección.

3.1.2. Preparación del equipo de prueba

1. Asegurar las condiciones de seguridad necesarias para la realización de las pruebas (accesibilidad, rutas de evacuación en caso de emergencia, espacios libres de obstaculización, uso de equipo de protección personal, etc.).

2. Realizar un sectorizado estratégico y lista de inventario para el orden de inspección.
3. La inspección visual y termográfica infrarroja se puede realizar en el sitio de operación, en caso de realizarse electroluminiscencia y fluorescencia, será necesario preparar el montaje del dark room:
 - Colocar el bastidor de soporte.
 - Colocar la cámara EL a una distancia que abarque la totalidad del panel.
 - Configurar la fuente de alimentación del panel a parámetros de V_{oc} y I_{sc} .
 - Mantener la habitación en oscuridad y a una temperatura de 25°C (STC).

3.1.3. Registro de los parámetros de inspección

1. Desglosar en el reporte las condiciones mediante las cuales se realizó la inspección:
 - Registrar la fecha y hora a la que se hace la prueba.
 - Detallar latitud, longitud y altitud del lugar de inspección.
 - Anotar las condiciones ambientales al momento.
2. Detallar los datos técnicos de los instrumentos:
 - Marca, modelo y serie del instrumento (cámaras).
 - Longitudes de onda, temperaturas, características de lentes o filtros, etc.
 - Distancias de uso, ángulo, posición.
3. Registrar el uso de otros equipos como las baterías, fuentes de poder, simulador solar, etc., y sus configuraciones para la prueba.
4. Generar la lista de inventario de la sectorización realizada:
 - Generar un código único asociado a cada módulo y sus partes inspeccionadas, según ubicación, circuito, número de paneles.
 - Identificar cada panel (rotularlos con el código asignado).
 - Anotar los datos de placa y características de los módulos.

3.1.4. Realización de las pruebas y elaboración del reporte

1. Realizar la inspección visual:
 - Parte trasera del panel.
 - Parte frontal del panel, implicando el marco, celdas y vidrio en general.
 - Conexiones y equipo eléctrico.
 - Realizar la captura de evidencias.
2. Realizar la termografía infrarroja:
 - Calibrar la cámara a la temperatura ambiental al momento de la prueba, y ajustar los rangos de emisividad según la superficie a inspeccionar.
 - a. Bajo condiciones controladas (laboratorio):
 - Inyectar corriente a un equivalente de no más del 30% de I_{sc} .
 - Posicionar la cámara a 90° respecto la superficie del panel y evitar sombras.

- Evaluar tanto desde la parte frontal como de la parte trasera del panel.
 - Comparar contra los valores de corto circuito y punto de potencia máxima (MPP).
- b. Bajo condiciones de operación:
- Se debe asegurar un mínimo de 600 W/m^2 para realizar la inspección.
 - Posicionar la cámara entre 90° y 60° grados máximo de la superficie frontal del panel (vidrio) y entre 90° y 45° en el polímero del backsheet. Evitar sombras.
- Considerar las lecturas de temperatura para los hotspots: deben existir diferencias de temperatura de múltiplos de 10 K para considerarse una falla potencial.
 - Realizar la captura de evidencias.
3. Realizar pruebas de electroluminiscencia:
- Colocar el panel sobre el montaje del dark room, a temperatura e iluminación controladas.
 - Colocar la cámara a aproximadamente 2,5 m del panel.
 - Inyectar el 30 % de la I_{sc} por 5 minutos.
 - Realizar la captura de evidencias.
4. Realizar la prueba de fluorescencia UV:
- Colocar el panel sobre el montaje del dark room, a temperatura e iluminación controladas.
 - De ser posible, identificar los polímeros de los encapsulantes del panel.
 - Utilizar una lámpara UV de 365 nm junto con un filtro (idealmente band pass) e iluminar las celdas directamente evitando reflejos externos o de la lámpara utilizada.
 - Realizar la captura de evidencias.

El formato de reporte utilizado y de elaboración propia apegándose a estándares de IEA e IEC se presenta en el apéndice. El reporte presenta una guía estructurada mediante la secuencia de los pasos descritos anteriormente, por lo que seguir el reporte satisface la metodología expuesta. Una vez que se realicen las inspecciones consideradas, se debe realizar una sección adicional en la que se puedan relacionar los hallazgos encontrados entre cada técnica y, mediante los datos técnicos de cada módulo, realizar un diagnóstico aproximado.

3.1.5. Finalización del reporte

Para la adecuada conclusión del reporte y emitir un diagnóstico, se deben asociar las implicaciones energéticas de los hallazgos mediante espectroscopía, debido a que posiblemente existan hallazgos registrados en imágenes que no comprometan el rendimiento del panel. Para esta evaluación integral se debe recopilar:

1. Datos de estación meteorológica del sitio con las curvas de comportamiento en cuanto a la variación de irradiancia, temperatura, nubosidad, que puedan influir en falsos hallazgos, para lo cual ya se hizo registro de fecha y hora anteriormente.
2. Curvas I-V.
3. Datos de los inversores, MPPT, u otros que puedan indicar la producción de energía.

Una vez encontrados estos datos, realizar una comparación donde se puedan asociar las imágenes con el comportamiento energético de la planta inspeccionada.

3.1.6. Registro de las pruebas (biblioteca fotográfica de hallazgos)

Para la correlación de las imágenes entre diferentes técnicas será necesario crear una biblioteca fotográfica donde se muestren los resultados por panel, inspección y técnica implementada, se sugiere asignar un código a cada imagen que permita interpretar tanto el ítem inspeccionado, como su parte, condiciones al momento de la prueba, técnica y hallazgo. La tabla 3.1 muestra el desglose de los códigos implementados en la investigación utilizando como ejemplo la imagen TZK-1.P5.1.Fr.IV.

Ítem	N. Prueba	N. Imagen	Parte	Tipo de prueba
TZK5-1	P5	1	Fr	IV
Código asignado por sectorización	Trazabilidad del entorno de prueba	Según la cantidad de imágenes del mismo ítem	Parte o coordenada del panel	IV, IR, EL, UV

Tabla 3.1: Desglose de la asignación de códigos para biblioteca de imágenes

3.2. Resultados

Siguiendo la metodología, considerando el marco legal y referencial, se conformó la base de datos que funcionará como referencia para el diagnóstico posterior. Las muestras utilizadas corresponden a módulos cuyos parámetros de operación ya son conocidos y se encuentran fuera de funcionamiento; tres corresponden a paneles de demostración en laboratorio y cuatro pertenecieron al circuito 5 Teilgenerator 5: Montage del edificio Technik Zentrum Köthen, con una capacidad de 0,26 kWp que consta de los 4 paneles modelo MSX64 sometidos a inspección (ver apéndices E y F). La tabla en la figura ?? muestra los datos técnicos de los módulos de prueba. Las imágenes obtenidas mediante las cuatro técnicas de inspección se muestran a continuación.

3.2.1. Módulo LAB1

- IV: etiqueta de datos en parte trasera (dañada). Suciedad y coloración irregular entre celdas. Marcas de metal expuesto (celdas 1A-7A, 10A-12A, 1D, 12D, 12E, 1F-12F).
- IR: columnas A, B, E y F sin respuesta térmica. Hot spot en 4D.
- EL: fisura parcial el 1C, 2C. Fisura completa (5C, 12C). Interrupciones en fingers y dark spots.
- UV: manchas irregulares em 1C y 1D.
- Resultado integral:
 1. Las columnas A, B, E y F se encuentran fuera de funcionamiento según la interpretación en IR y EL.
 2. Las fisuras son visibles únicamente mediante EL, dado que no se ven evidencias asociadas en UV, sin embargo, la única evidencia UV se asocia a la ubicación de la caja de conexiones en la parte trasera.

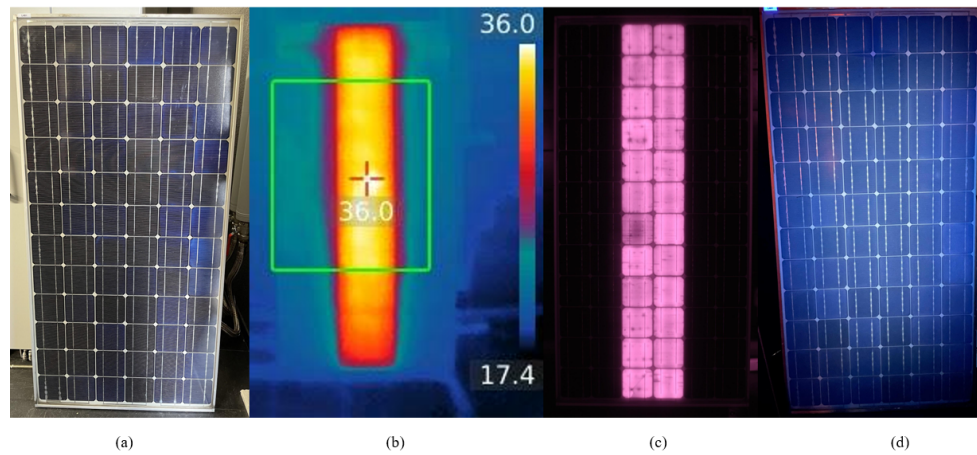


Figura 3.1: Módulo LAB1: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.

3.2.2. Módulo LAB2

- IV: rayaduras en 3A. Burn marks en los bordes de las celdas (que tocan los fingers) con patrón uniforme en 2A, 3A, columnas B y C, 2D, 3D y 2F.
- IR: Patrones asociados a PID.
- EL: fisura parcial en 8C, celdas oscurcidas en 4B, 7B, 3D, 2E, 4E y 8F.
- UV: interrupción del patrón fluorescente en 8C.
- Resultado integral:
 1. Celda 8C presenta fisura (EL) e interrupción del encapsulante (UV).
 2. Se aprecia PID tanto en IR como EL.

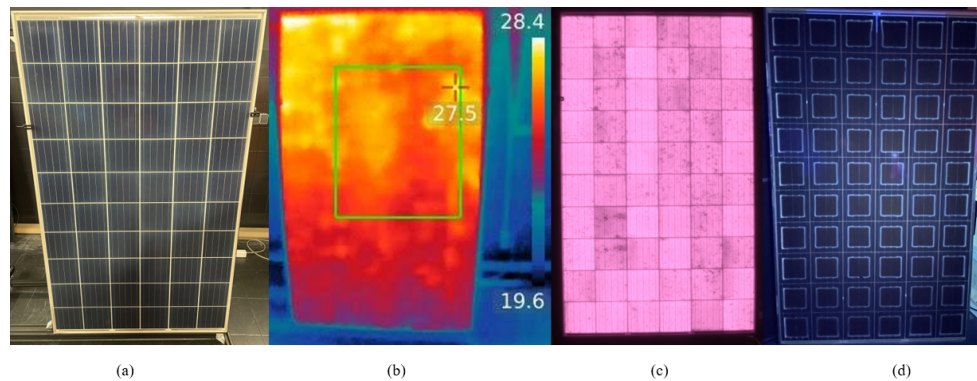


Figura 3.2: Módulo LAB2: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.

3.2.3. Módulo LAB3

- IV: coloración irregular entre celdas, burn marks en los bordes de las celdas (que tocan los fingers) con patrón uniforme.

- IR: aspecto de PID
- EL: fisura parcial en 5C. Daño no identificado en 10F. Aspecto de PID.
- UV: interrupción de fluorescencia en 10F.
- Resultado integral:
 1. Celda 5C presenta fisura pero sin evidencia UV aún.
 2. Celda 10F presenta un daño no identificado (EL) con una interrupción del encapsulante (UV).

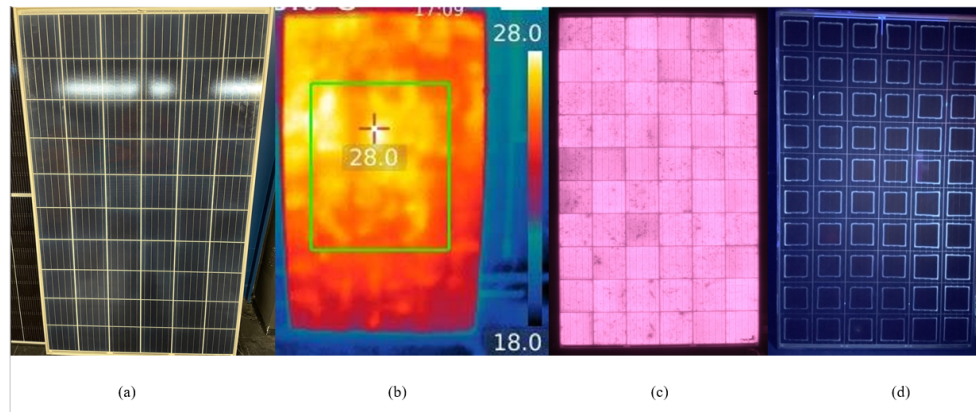


Figura 3.3: Módulo LAB3: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.

3.2.4. Módulo TZK5-1

- IV: Burbujas en la parte posterior de 4D. La lámina trasera tiene snail tracks. La etiqueta de datos se encuentra en el centro. El aislante entre el marco y el vidrio está degradado en la parte inferior y presenta alta suciedad. Se reflejan manchas entre el vidrio y las celdas 5B, 7D y 8D. Hay apariencia de corrosión o burn marks entre celdas.
- IR: Hot spots en 2A, 3A, 5D y 6D. Cold spots en 1B y 1C. Patrones asociados a PID.
- EL: fisura parcial en 2A y 9D. Interrupciones en 1C, 2D-4D y 9D. patrón asociado a PID.
- UV: Manchas irregulares en 5B y 5C. Degradación del encapsulante en 1A, 1B, 1C, filas 2-6, 7C, 7D, 8C, 8C, 9B-9D.
- Resultado integral:
 1. Mediante IR y EL se evidencia PID.
 2. Hay alta degradación UV a pesar de no existir tanta evidencia de fisuras en EL.

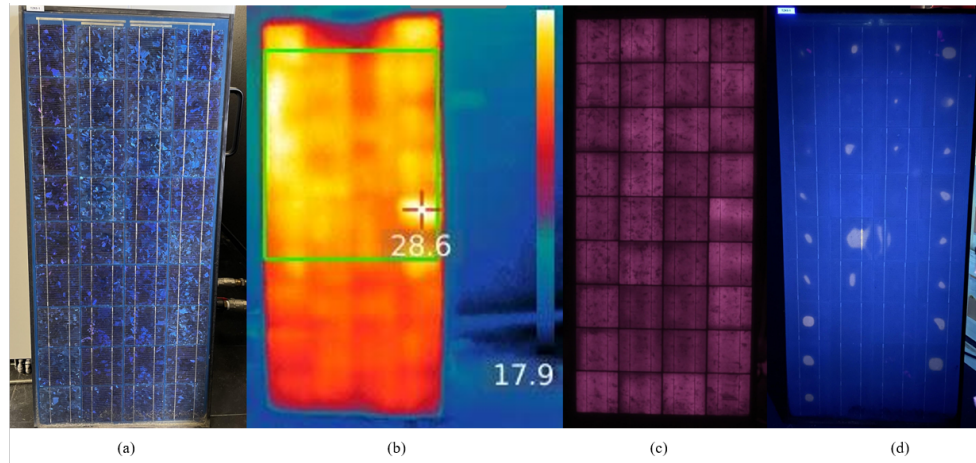


Figura 3.4: Módulo TZK5-1: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.

3.2.5. Módulo TZK5-2

- IV: Etiqueta de datos en la parte central. Se reflejan manchas entre el vidrio y la celda en 3B-6B, 4C-6C. Suciedad en la fila inferior. Hay apariencia de corrosión o burn marks en algunas celdas.
- IR: Hot spots en 1D, 2A, 2B, 5D-7D (mitad de la celda). Cold spots en 1B, 1C, 7D, 8A, 9A. Patrón asociado a PID.
- EL: fisura parcial en 6D, 8D y 9D. Fisura completa en 6A y 7D. Interrupciones en fingers en 1C, 2C, 5B, 8B, 9D. Celdas sombreadas 3A, 4C, 5A, 8A, 1B, 7A.
- UV: Manchas irregulares en 4B, 4C, 5B, 5C, 6B, 6C. Degradación del encapsulante en 1D, 2D, 6D, 7D, 8D, 9A, 9D.
- Resultado integral:
 1. Celdas 1B y 1C presentan dark spot (IR) y aparecen oscurecidas (EL).
 2. Celda 3A presenta hot spot (IR) y aparece oscurecida (EL).
 3. Celda 9A presenta dark spot (IR), fisura (EL) y degradación de encapsulante (UV).
 4. Celdas 6D, 7D, 8D y 9D presentan dark y hot spot (IR), fisuras (EL) y degradación del encapsulante (UV).
 5. Celdas 1D y 2D presentan hot spot (IR) y degradación del encapsulante (UV)
 6. Hay apariencia de degradación PID general en todo el panel (28 años en servicio).

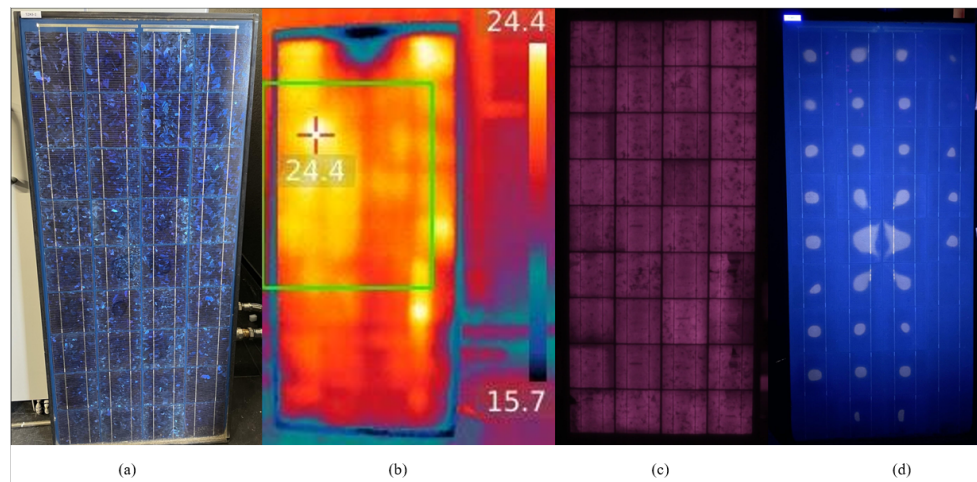


Figura 3.5: Módulo TZK5-2: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.

3.2.6. Módulo TZK5-3

- IV: Grietas en la lámina trasera que se extiende detrás de 1B-1D, adicional a una rayadura en 1D. La etiqueta de datos se encuentra en el centro. El marco está corroído en la esquina inferior izquierda. Suciedad en las filas superior e inferior, grietas, rayaduras y burbujas visibles desde el vidrio en la lámina trasera.
- IR: Hot spot en 1A, 4A-6A. sin respuesta térmica en las columnas C y D.
- EL: Interrupción de fingers en celdas 7B, 8A y 9A. Celdas oscurecidas en 3A y 4A. Sin luminiscencia en columnas C y D. Patrones asociados a PID.
- UV: Manchas irregulares en 5B, 5C, 6B y 6C. Degradación acelerada en 1D, 2D, 3C, 3D-7D, 8B Y 8C.
- Resultado integral:
 1. Celdas 3A, 4A, 5A presentan hot spots (IR) y son celdas oscurecidas (EL).
 2. Celda 9B presenta dark spot (IR) y manchas irregulares (EL).
 3. Según IR y EL, las columnas C y D están fuera de funcionamiento. La evidencia UV sugiere fisuras en la columna D, pero falta evidencia por EL.
 4. PID general en todo el panel (28 años en servicio).

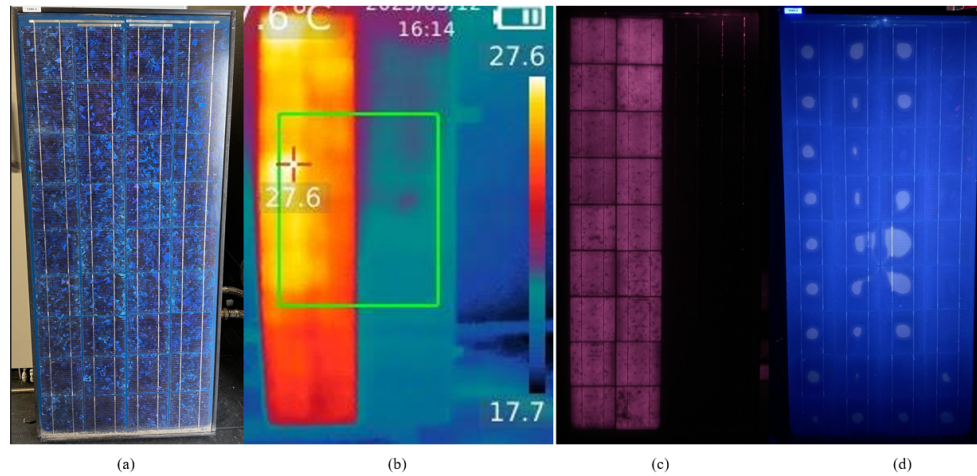


Figura 3.6: Módulo TZK5-3: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.

3.2.7. Módulo TZK5-4

- IV: Etiqueta de datos en el centro y caja de conexiones arriba. Suciedad en la parte inferior.
- IR: Patrón asociado a PID. Hot spot en 2D-4D. Áreas sombreadas en 1B y 1C.
- EL: Fisura parcial en 3D, 6A, 7C. Patrones no identificados en 6A-9A. Interrupciones en 3D y 4D. Se observan coloraciones irregulares asociadas a PID.
- UV: Manchas irregulares en 5B, 5C, 6B y 6C. Degradación acelerada en 3D, 6A, 7C, 9A, 6D.
- Resultado integral:
 1. Celda 3A presenta hot spot (IR), fisura (EL) y degradación de encapsulante (UV).
 2. Celda 6A presenta fisura (EL) y degradación de encapsulante (UV).
 3. Celda 7C presenta fisura (EL) y degradación de encapsulante (UV).
 4. Celda 9A no aparenta fisura (EL), pero hay degradación de encapsulante (UV).
 5. Celdas 5B, 5C, 6B y 6C no aparentan daño, la mancha irregular del encapsulante (UV) se asocia a la etiqueta de datos en la parte trasera.
 6. Celda 6D presenta dark spot (IR), hay degradación de encapsulante (UV), pero no presenta fisura (EL).
 7. PID general en todo el panel (28 años en servicio).

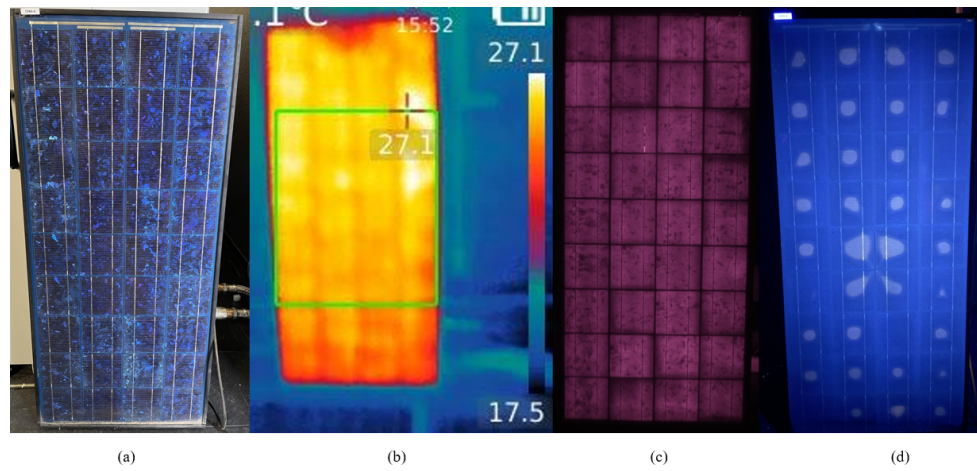


Figura 3.7: Módulo TZK5-4: (a) IV, (b) IR, (c) EL, (d) UV. Elaboración propia.

	Ubicación	Tecnología	Fabricante	Modelo
LAB1	Laboratorio	Monocristalino	-	-
LAB2	Laboratorio	Monocristalino	TrinaSolar	-
LAB3	Laboratorio	Monocristalino	TrinaSolar	-
TZK5-1	Teilg. 5	Policristalino	Solarex	MSX64
TZK5-2	Teilg. 5	Policristalino	Solarex	MSX64
TZK5-3	Teilg. 5	Policristalino	Solarex	MSX64
TZK5-4	Teilg. 5	Policristalino	Solarex	MSX64

Tabla 3.2: Características de los módulos analizados

	Capacidad	V_{oc}	I_{sc}	V_{mp}	I_{mp}
LAB1	110 W	43,5 V	3,54 A	35 V	3,15 A
LAB2	-	-	-	-	-
LAB3	-	-	-	-	-
TZK5-1	64 W	21,3 V	4,0 A	17,5 V	3,66 A
TZK5-2	64 W	21,3 V	4,0 A	17,5 V	3,66 A
TZK5-3	64 W	21,3 V	4,0 A	17,5 V	3,66 A
TZK5-4	64 W	21,3 V	4,0 A	17,5 V	3,66 A

Tabla 3.3: Datos eléctricos de los módulos analizados

	Termografía IR	Electroluminiscencia	Fluorescencia UV
Fabricante	Uni-t	Nikon	Apple Inc.
Modelo	UTi260B	Z6 II	Dual 12 MP
Sensor	no esp.	35,9 x 23,9 mm	wide- ultra wide
Resolución	256 x 192	4K UHD	12 MP HDR
Rango	-20°C ÷ 550°C	-	-
Equipo adicional	-	Filtro near IR Linios heliopan ES58	Lámpara UV con filtro bandpass 365nm

Tabla 3.4: Características del equipo utilizado en las pruebas

3.3. Análisis de resultados

Para un correcto diagnóstico e interpretación de los resultados obtenidos mediante las técnicas de inspección se deben incorporar las curvas I-V de cada panel, que es el único método certero para evaluar la condición de producción real y compararlo contra los datos de fábrica. La tabla 3.3 muestra los datos de fábrica de los módulos sometidos a prueba, los cuales se garantizan bajo las condiciones estándar (STC), por lo que, para una comparación real, deben trazarse las curvas también bajo STC. Para esto se utilizó un Simulador Solar para generar una irradiancia de 1000 W/m^2 y Air Mass de 1,5, en una temperatura de habitación de 25°C.

3.3.1. Módulo LAB1

Las imágenes IR y EL muestran que sólo una tercera parte del panel está en funcionamiento, además de fisuras y dark spots sobre las celdas en funcionamiento. Analizando el desempeño I-V, de 110 W según los datos de placa, solo se producen 36,87 W, para una pérdida del 67%, y los voltajes V_{oc} y V_{mp} se ven disminuidos en dos terceras partes de su valor nominal. La prueba UV no permite concluir ni relacionar ningún resultado en este caso debido al tipo de encapsulante.

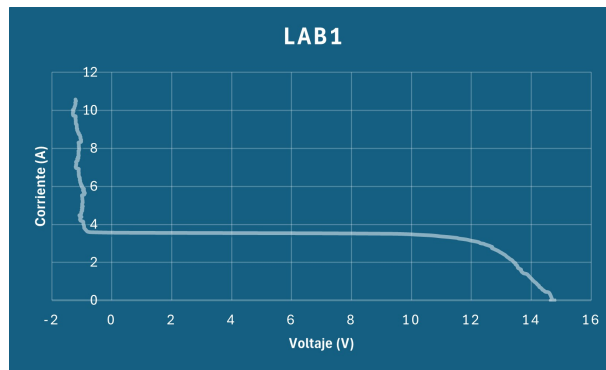


Figura 3.8: Curva de desempeño I-V para el módulo LAB1. Elaboración propia.

3.3.2. Módulos LAB2 y LAB3

No se tiene registro de los datos de placa de los módulos LAB2 y LAB3, no obstante, según las imágenes, aparenta mayor daño PID en módulo LAB2, lo cual concuerda con el desempeño mostrado por las curvas I-V, donde LAB2 genera 264,58 W y LAB3 270,4 W.

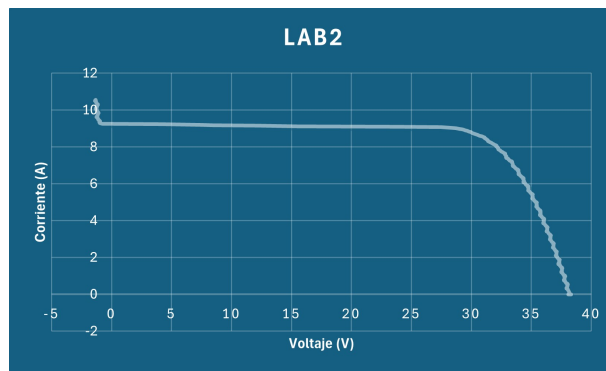


Figura 3.9: Curva de desempeño I-V para el módulo LAB2. Elaboración propia.

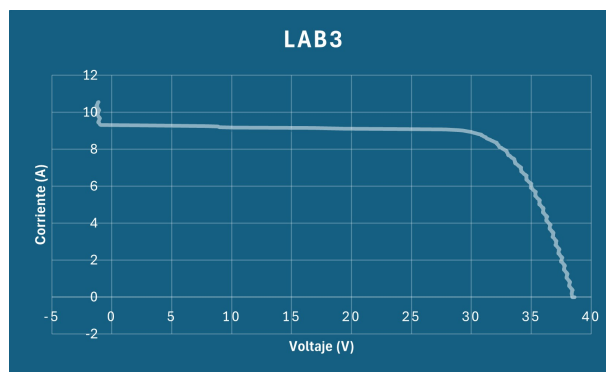


Figura 3.10: Curva de desempeño I-V para el módulo LAB3. Elaboración propia.

3.3.3. Módulo TZK5-1

Según muestra la curva de desempeño I-V, hay pérdidas por un 9% al producir 58,27 W frente a los 64 W en datos de placa. En este caso, la degradación PID y las interrupciones generan las pérdidas reportadas.

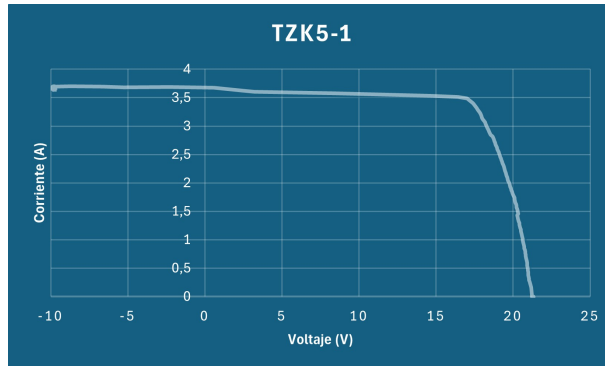


Figura 3.11: Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-1. Elaboración propia.

3.3.4. Módulo TZK5-2

La curva de desempeño indica una capacidad de 59,70 W, lo que implica una pérdida del 7%. Según las imágenes se interpreta el funcionamiento de todo el panel, pero con múltiples fisuras con evidencia UV y anomalías térmicas.

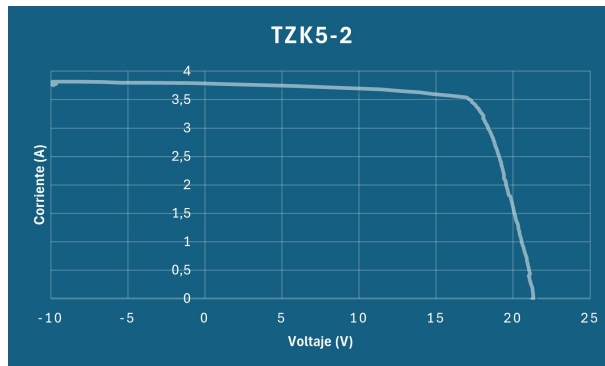


Figura 3.12: Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-2. Elaboración propia.

3.3.5. Módulo TZK5-3

Desde la curva de desempeño se observa una pérdida del 50%, produciendo 30,36 W de los 64 W según fabricante. Los resultados concuerdan con las imágenes IR y EL y, dado que la potencia es menos de la mitad, se intuye que la mitad funcional presenta daños que reducen la capacidad.

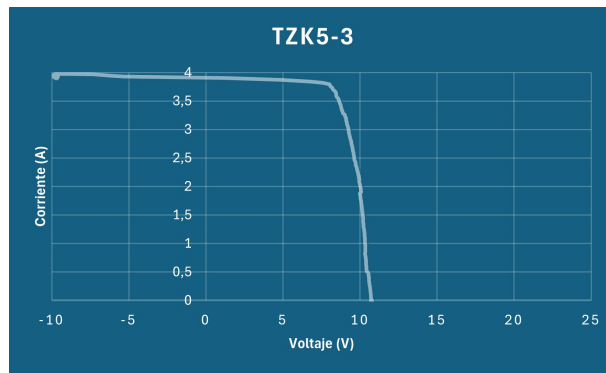


Figura 3.13: Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-3. Elaboración propia.

3.3.6. Módulo TZK5-4

La imagen IR muestra daño PID, con hot spots particulares en las celdas 3D y 4D, las cuales, según EL, muestran oscurecimiento e interrupción de fingers. Mediante UV se confirma la presencia de fisuras en algunas de las celdas que se confirman mediante la prueba EL. A partir de la curva de desempeño I-V, hay una pérdida del 5 % aproximadamente, generando 61,25 W frente a los 64 W según los datos de placa.

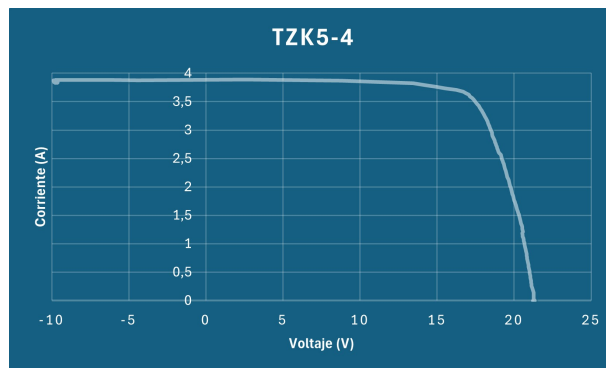


Figura 3.14: Curva de desempeño I-V para el módulo TZK5-4. Elaboración propia.

Capítulo 4

Clasificación de fallas y gravedad

El cuarto capítulo corresponde al segundo objetivo planteado, evaluar los patrones de cada falla y su gravedad según lo que establece la literatura. Los resultados del capítulo anterior se basan en la observación de las imágenes obtenidas frente a las curvas de desempeño de cada muestra para encontrar la pérdida de energía que pueden causar los hallazgos, sin embargo, se debe realizar una revisión de la literatura emitir un diagnóstico confiable, analizar sus causas y principales consecuencias o riesgos, lo cual será tarea del cuarto capítulo. Adicionalmente, se realizará revisión de otros sistemas fotovoltaicos que permita ampliar la base de datos y encontrar un aproximado del porcentaje de rendimiento según el análisis a realizar. El reporte 2 se llevó a cabo en Bernburg, mientras el reporte 3 se basa en el resto de las instalaciones del Technik Zentrum Köthen.

A continuación se genera una comparación de lo establecido en la literatura y los hallazgos en los módulos de prueba del capítulo anterior, exponiendo el tipo de falla según la bibliografía y su clasificación de gravedad para los tres reportes generados en Alemania.

4.1. Reporte 1: Laboratorio PV, Köthen

El reporte 1, como ya fue mencionado, tomó lugar en laboratorio de Hochschule Anhalt. Para estos módulos se tiene tanto evidencia por medio de las cuatro técnicas de inspección tratadas en este proyecto, como las curvas de desempeño y estimación de las pérdidas energéticas.

La descripción de las condiciones de prueba se puede ver en el anexo F y se resumen en la siguiente tabla.

Fecha	12/03/25	Tiempo en servicio	28 años
Ubicación	51° 45' 1"N	11° 58' 49. ^E	80 m.s.n.m.
Temperatura	16°C	Viento	-
Irradiancia	-	Nubosidad	-
Entorno de prueba		Dark room y solar simulator	

Tabla 4.1: Resumen de condiciones del reporte 1

4.1.1. Hallazgos en IV

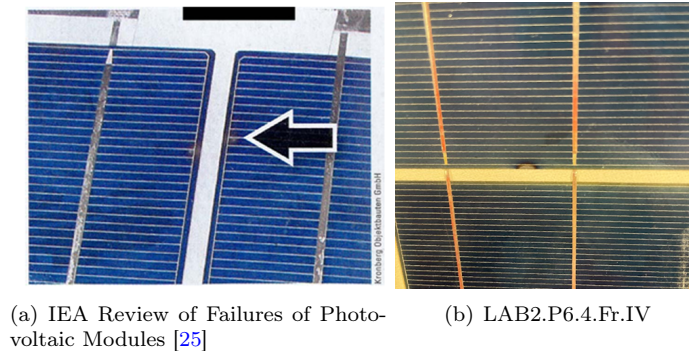


Figura 4.1: Brown marks

La IEA detalla que muchos de los defectos que puede presentar un panel se pueden iniciar desde el proceso de fabricación del mismo, de igual manera, estos defectos pueden o no significar una falla en el módulo [25]. Tal es el caso de las marcas que se observan en la figura anterior, que se originan al depositar la capa de antirreflejo y no significa más que un defecto visual, dado que no altera el funcionamiento de los fingers que toca. En el caso de los módulos LAB2 y LAB3, que presentan este tipo de marcas, no interviene en su desempeño.

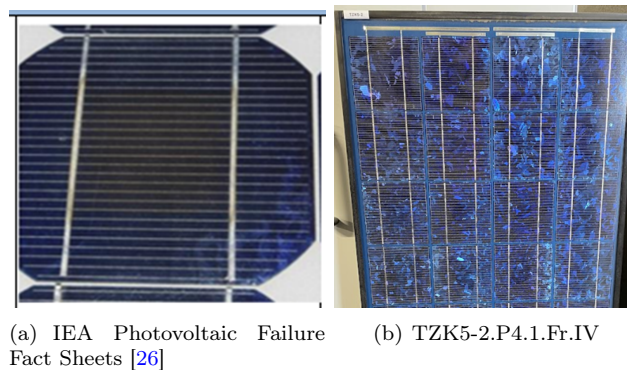


Figura 4.2: Decoloración del encapsulante

En las aplicaciones donde se utilizó el encapsulante EVA es común observar el proceso de decoloración del encapsulante. No obstante, también puede suceder si la selección de aditivos o sus concentraciones son inadecuadas, lo que genera decoloración del material [26]. A pesar de que la mayoría del tiempo no involucra un problema en sí mismo además del defecto visual, puede estar relacionado a temperaturas elevadas en el campo de instalación o corrosión interna. Para los módulos TZK5, el defecto se puede asociar a los 28 años de exposición que degradan el estado de los materiales utilizados.

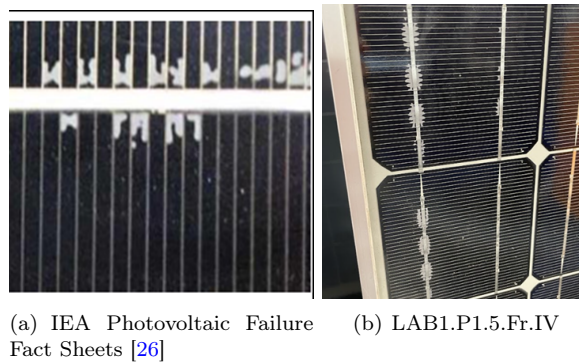


Figura 4.3: Delaminación frontal

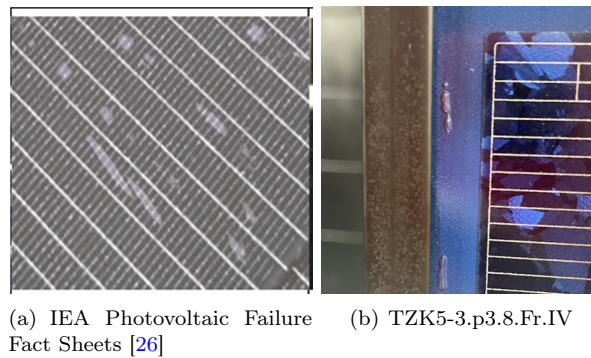


Figura 4.4: Delaminación frontal (burbujas)

La delaminación frontal puede deberse a defectos desde procesos de manufactura, como la adhesión de las capas internas, del encapsulante o el vidrio; así como de procesos externos a los que se somete en operación como estrés térmico o radiación. En cualquier caso, puede significar la entrada de humedad y por lo tanto corrosión, reducción del aislamiento, degradación del encapsulante, lo que puede generar corrientes indeseadas entre los componentes electrónicos internos del panel y generar una falla mayor [26]. En el caso de la figura 4.3, la delaminación se da en la celda, lo que afecta los fingers y buses, mientras en la figura 4.4 se da una delaminación del encapsulante, que generalmente se asocia a defectos de fabricación. El modulo LAB1, presenta delaminación de varias celdas incluso en las que ya no se encuentran en funcionamiento. Para TZK5-3, la burbuja no parece haber significado un impacto mayor del estético.

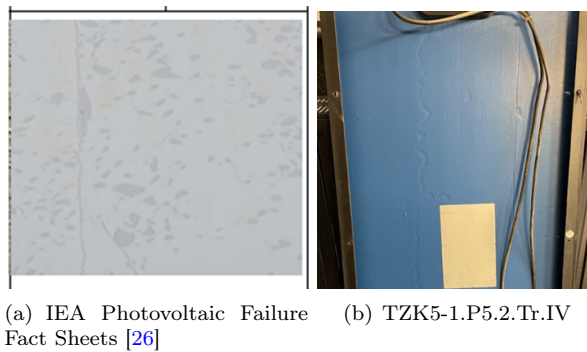


Figura 4.5: Delaminación en backsheet

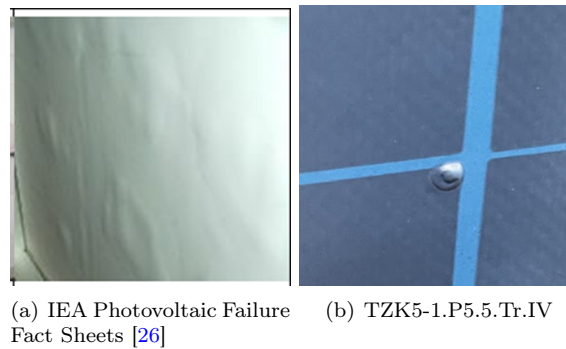


Figura 4.6: Delaminación en backsheet (ampolla)

La delaminación trasera se puede deber a degradación del material adhesivo que sostiene el backsheet, estrés mecánico o humedad. Si la delaminación, como es el caso de las ampollas, se da en el centro del módulo, siempre y cuando no se reviente, no representan un riesgo mayor; si por el contrario, se encuentra cerca de la caja de conexiones, los bordes o se llega a reventar, puede implicar en ingreso de humedad a las capas del medio y generar los problemas asociados a esta [26]. El módulo TZK5-1 presenta delaminación de backsheet y según la respuesta UV, permitió la entrada de humedad que degradó de forma acelerada el encapsulante.

4.1.2. Hallazgos en IR

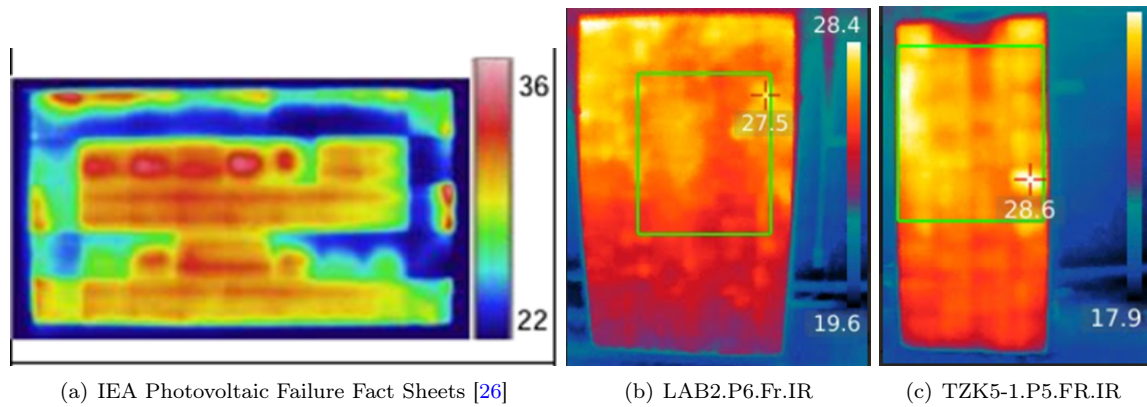


Figura 4.7: Degradación Inducida por Potencial (PID)

La degradación inducida por potencial (PID) es asociada a estrés eléctrico del voltaje respecto a la referencia o tierra, por lo que entre mayor sea el voltaje del sistema, como en la conexión en serie, mayor puede ser la afectación. Cuando este problema se detecta a tiempo, puede ser reversible, en otro caso, será un daño permanente con pérdidas de potencia significativas [26]. Todos los módulos analizados en el reporte 1 presentan impacto de PID como lo muestran en este caso LAB2 y TZK5-1. La imagen EL asociada a PID de los mismos módulos se observa en la figura 4.14.

4.1.3. Hallazgos en EL

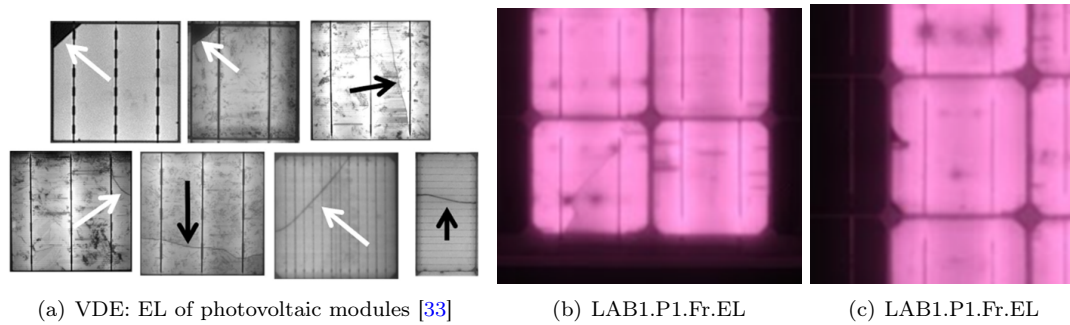


Figura 4.8: Fisura completa

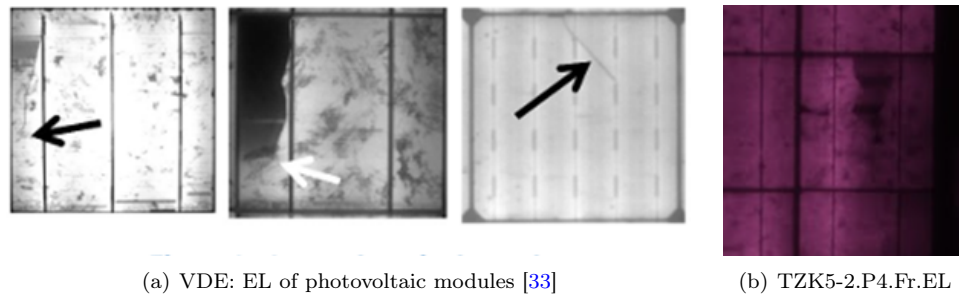


Figura 4.9: Fisura incompleta

En las observaciones de [33], las fisuras completas o incompletas se asocian a la manipulación de la celda o el módulo y la presencia de cargas mecánicas que puedan comprometer la integridad de la celda. Según [26], donde la fisura no signifique la separación de las partes de la celda fisurada, el impacto en las pérdidas puede ser despreciable, aunque sí puede provocar puntos calientes y quemaduras en algunos casos, lo que sí implica pérdidas mayores. Para los módulos que presentan fisuras, como LAB1, la fisura puede no ser significativa, en tanto no se reporte como hot spot, que no es el caso de TZK5-2, que presenta anomalía térmica siguiendo el patrón de la fisura.

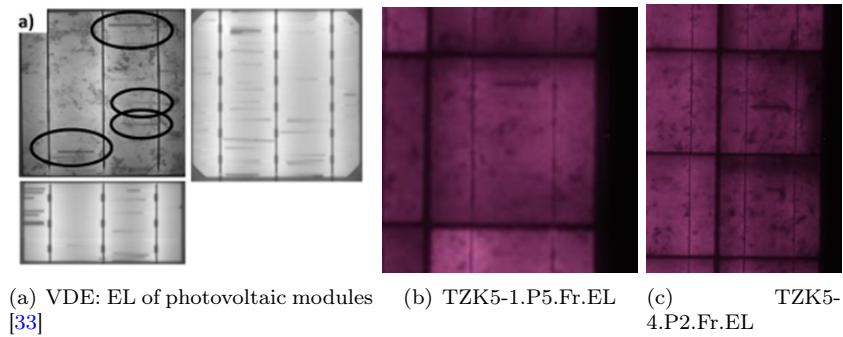


Figura 4.10: Interrupción de las interconexiones

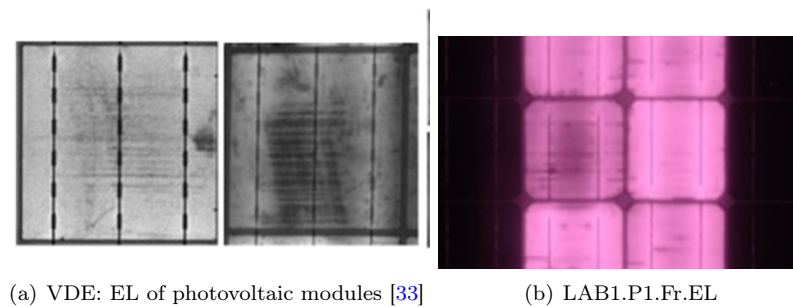


Figura 4.11: Rayaduras en el silicio

La interrupción de fingers y las marcas de rayaduras en la celda pueden resultar de aspecto similar. En [33] indican que los patrones de interrupción se pueden encontrar en celdas vecinas generalmente y se deben a fallas constructivas como alineamiento, soldadura o impresión y se considera una anomalía que

impacta el desempeño eléctrico. Por otro lado, las rayaduras generalmente tienen un patrón artificial con menos impacto en el brillo de la prueba, mas no implican defectos eléctricos. Para [26] las interconexiones defectuosas incrementan la resistencia de contacto lo que provoca disipación de potencia y hot spots, en algunos casos pueden también activar el diodo de bypass.

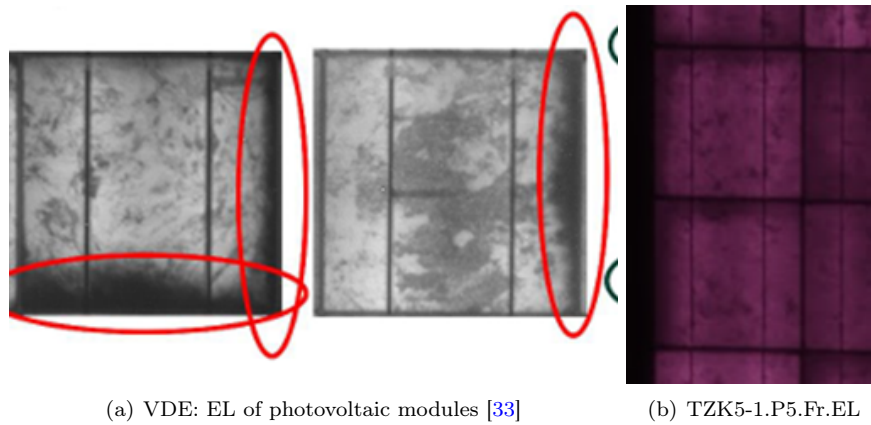


Figura 4.12: Áreas sombreadas

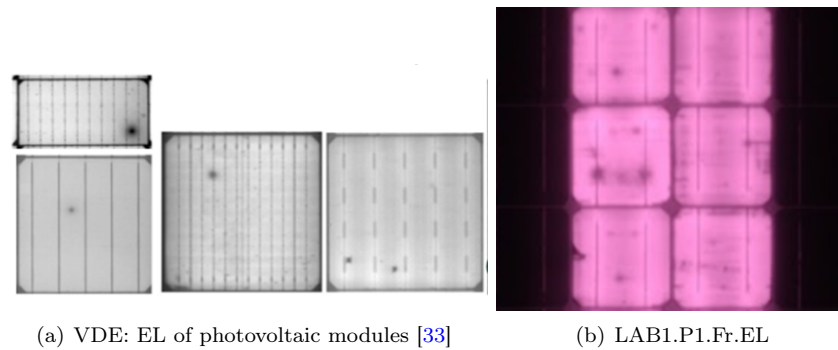


Figura 4.13: Puntos oscuros/negros

Las áreas oscurecidas y los dark spots como resultado de una prueba EL se consideran misceláneos en [33], pueden deberse a contaminación en el proceso de fabricación entre alguna de las capas internas o manipulación. No implican mayor problema de desempeño.

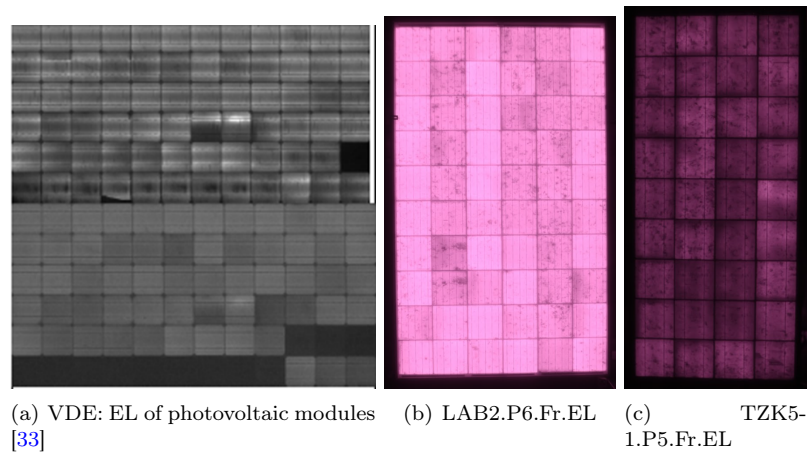


Figura 4.14: Degradación Inducida por Potencial (PID)

4.1.4. Hallazgos en UV

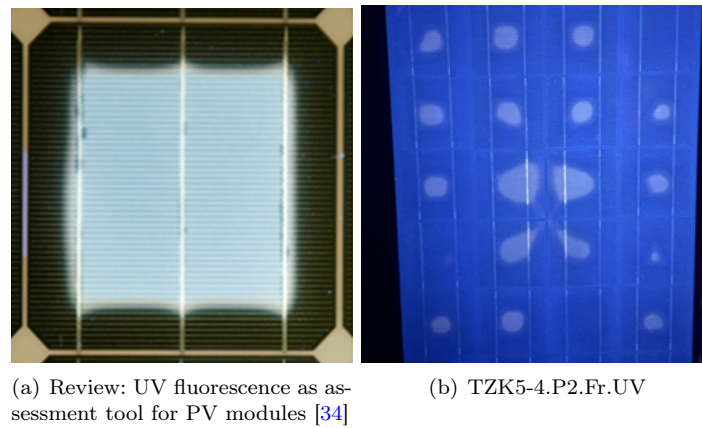


Figura 4.15: Envejecimiento del encapsulante

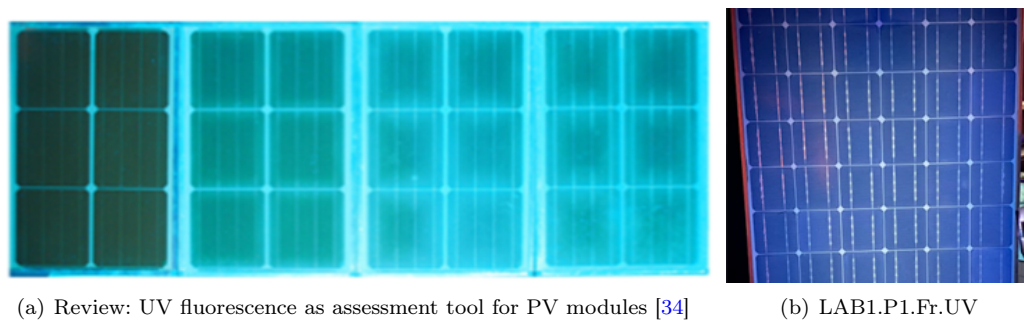


Figura 4.16: Envejecimiento del encapsulante

La degradación del encapsulante se conoce como *bleaching*, el cual puede ser común a las orillas de la celda por la entrada de oxígeno y agua durante su tiempo en servicio. En el caso de los módulos TZK5, que estuvieron en servicio por 28 años, existe degradación regular donde no se reportan fisuras y una degradación menor donde se colocó la etiqueta de datos, por lo que se conserva un poco más en estado del encapsulante. Por otro lado, lo que demuestra la figura 4.16 es la reacción del encapsulante tras envejecimiento en almacenamiento con ciertas características de humedad y temperatura, donde se opaca en efecto UV, que es el caso de LAB1 al haber servido como panel de pruebas en laboratorio y no estar en servicio en el exterior [34].

4.2. Reporte 2: Bernburg

El reporte 2 tomó lugar en las instalaciones de Schwenk Beton Anhalt, cuya labor principal es la fabricación de materia prima de construcción, mas donaron terreno a la universidad para la instalación de módulos y una estación meteorológica como parte de un proyecto de interés que lidera Singapur.

La descripción de las condiciones de prueba se puede ver en el anexo G y se resumen en la siguiente tabla.

Fecha	17/03/25	Tiempo en servicio	8 años
Ubicación	51° 48' N	11° 45' E	85 m.s.n.m.
Temperatura	5°C	Viento	17 km/h 46°NE
Irradiancia	460 W/m ²	Nubosidad	3 oct.
Entorno de prueba		En sitio	

Tabla 4.2: Resumen de condiciones del reporte 2

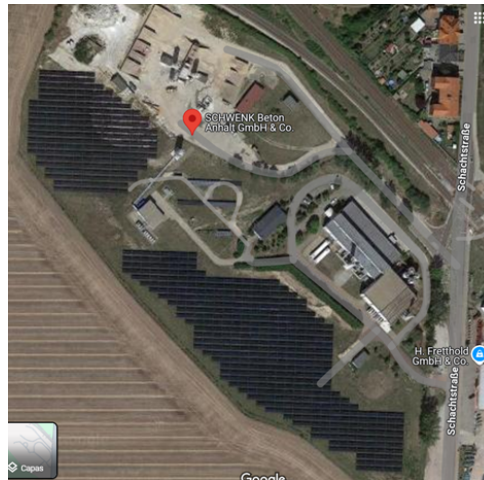
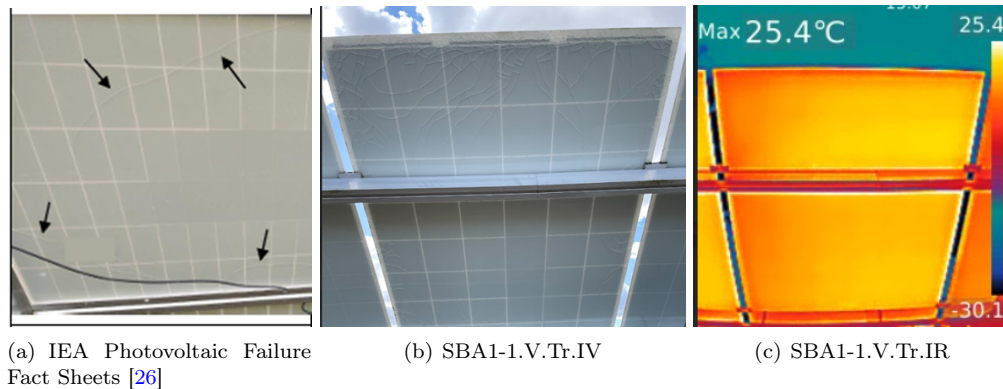


Figura 4.17: Vista en Google Maps de Schwenk Beton Anhalt, Bernburg



Figura 4.18: Acercamiento de los módulos de acceso a Hochschule Anhalt

4.2.1. Hallazgos en IV



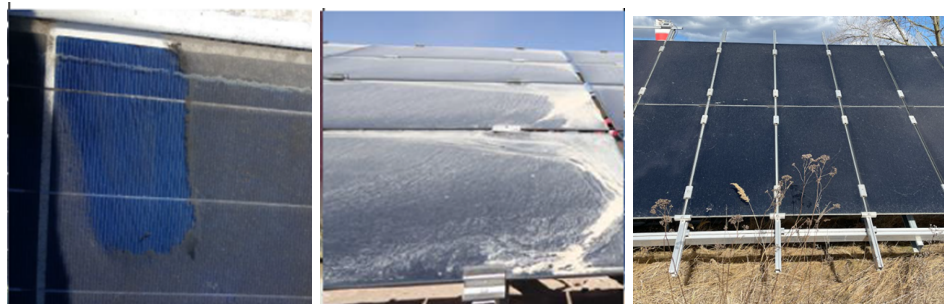
(a) IEA Photovoltaic Failure Fact Sheets [26]

(b) SBA1-1.V.Tr.IV

(c) SBA1-1.V.Tr.IR

Figura 4.19: Vidrio trasero quebrado

Una quebradura del vidrio (delantero o trasero) se asociará mayormente a las cargas mecánicas o impactos que pueda sufrir el panel. Desde vandalismo, daño por un animal, vibración durante el transporte, caída del módulo, demasiada presión o torsión de las abrazaderas o soportes, entre otras formas, pueden ser la raíz de un vidrio quebrado. La integridad del vidrio no interfiere directamente en el funcionamiento del panel o su eficiencia, sin embargo, permitirá el acceso de oxígeno y agua a las celdas, lo que eventualmente provocará corrosión y degradación temprana [26]. El módulo parte del circuito SBA1-1 presenta el vidrio trasero completamente quebrado, mas no presenta anomalías térmicas de funcionamiento como se muestra en la figura, aunque pueden esperarse en un futuro más cercano que en los módulos adyacentes.

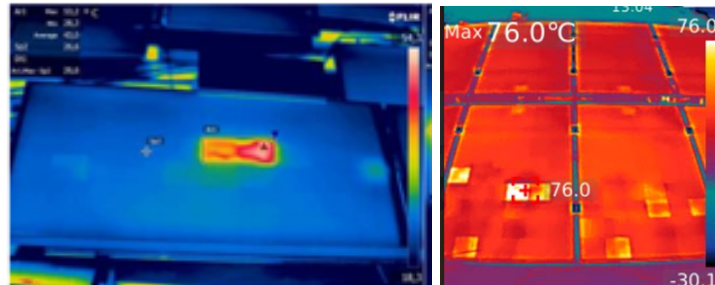


(a) IEA Photovoltaic Failure Fact Sheets [26] (b) IEA Photovoltaic Failure Fact Sheets [26] (c) SBA2-1.T.2.Fr.IV

Figura 4.20: Alta suciedad

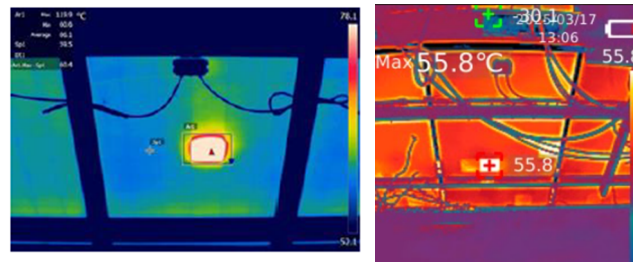
La empresa Schwenk Beton se dedica a la producción de cemento y otros polvos para construcción, siendo Bernburg un lugar mediamente ventoso. Cabe destacar que la zona actualmente no presenta un cronograma de mantenimiento y se encuentra en descuido. La mayoría de los paneles fotovoltaicos están expuestos a mucha suciedad debida al polvo y vegetación, como es el caso de los presentados como SBA2-1. La suciedad, sea cual sea su origen o cantidad, genera una reducción de la luz que recibe en panel, lo que puede resultar en pérdidas de hasta el 25 % de la generación [26]. Si el módulo ya presenta PID puede también acelerar la degradación.

4.2.2. Hallazgos en IR



(a) IEA Review on IR and EL Imaging for PV Field Applications [30] (b) SBA1-1.P.4.Fr.IR

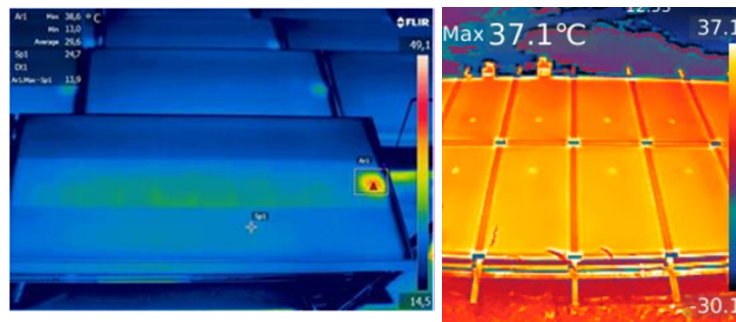
Figura 4.21: Múltiples hot spots



(a) IEA Review on IR and EL Imaging for PV Field Applications [30] (b) SBA1-1.P.3.Fr.IR

Figura 4.22: Hot spot desde la parte trasera del panel

De acuerdo a [30], los hot spots o celdas sobrecalentadas se derivan de un problema interno de la celda, lo que provoca un aumento en la resistencia y genera disipación de energía. Si el hot spot no se asocia a una sombra o factor que incida en la celda, se puede concluir que la celda falla. Generalmente se puede visualizar un hot spot también desde la parte trasera del panel (figura 4.22).



(a) IEA Review on IR and EL Imaging for PV Field Applications [30] (b) SBA2-1.T.1.Fr.IR

Figura 4.23: Diodo de bypass en termografía IR

[30] establece que generalmente la caja de conexiones es una zona que se encuentra ligeramente a mayor temperatura que el resto del panel, sin embargo, también puede ser una anomalía si se trata de un diodo de bypass sobrecalentado. Lo paneles mostrados en 4.23 son de tecnología thin film y los cuadros de mayor temperatura corresponden a sus cajas de conexiones. En este caso, se concluye que todos operan en condiciones normales dado que en todos los módulos tienen en mismo aspecto y rango de temperatura.

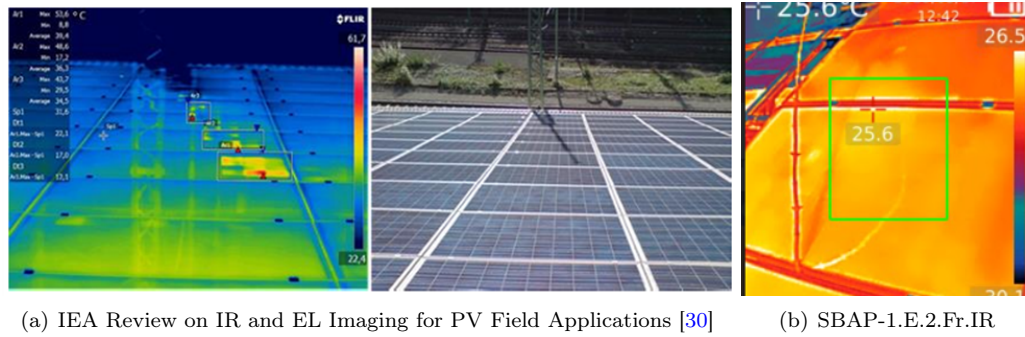


Figura 4.24: Reflejo de sombras y su efecto térmico



(c) SBAP-1.E.1.Fr.IV

Figura 4.25: Sombras causadas por vegetación

La presencia de sombra en una celda causa una caída de la corriente cercana a I_{sc} y, en una conexión en serie de la cadena de celdas, implica que toda la cadena adopte una corriente cercana a esta. La corriente excedida que producen las demás celdas recircula, lo que provoca una disipación de calor irregular [30]. Las sombras pueden deberse a objetos cercanos, suciedad, reflejos, etc.

Por la experiencia en campo utilizando termografía IR, se debe tener conocimiento para interpretar la imagen en el espectro puesto que, generalmente, existirá el reflejo óptico de la sombra, la sombra real y celdas con anomalías térmicas debido a la sombra. De la misma forma, se pudo observar que no todos los paneles poseen la misma reacción a la exposición a sombra, como se explicará en la figura 4.38.

4.3. Reporte 3: Technik Zentrum Köthen, Hochschule Anhalt

El reporte 3 tomó lugar en las instalaciones del Technik Zentum Köthen (TZK) que forma parte de Hochschule Anhalt. Como parte de los proyectos de investigación e innovación de la institución, en 1997 se construyó una terraza de módulos en el techo del edificio, los cuales eran utilizados mayormente para propósitos académicos aunque también abastecían la red eléctrica de la universidad. Los planos de la distribución de cada generador se encuentran en los anexos A a E

La descripción de las condiciones de prueba se puede ver en el anexo H y se resumen en la siguiente tabla.

Fecha	21/03/25	Tiempo en servicio	28 años
Ubicación	51° 45' 1"N	11° 58' 49. ^E	80 m.s.n.m.
Temperatura	16°C	Viento	11 km/h 110° NO
Irradiancia	550 w/m^2	Nubosidad	1 oct.
Entorno de prueba		En sitio	

Tabla 4.3: Resumen de condiciones del reporte 3



Figura 4.26: Vista en Google Maps del Technik Zentrum Köthen

4.3.1. Hallazgos en IV

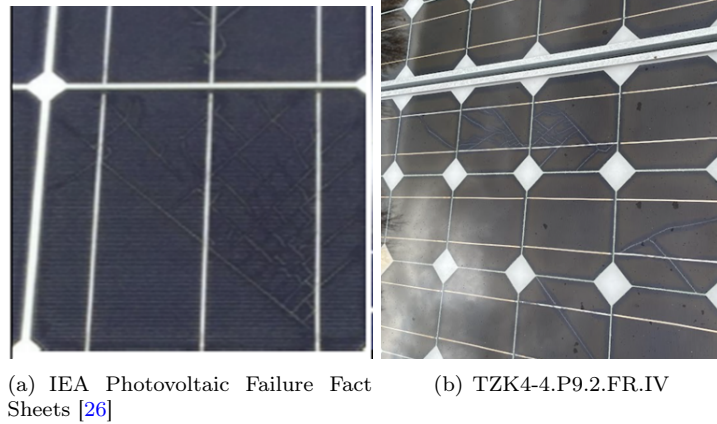


Figura 4.27: Fisura múltiple en celdas o snail track

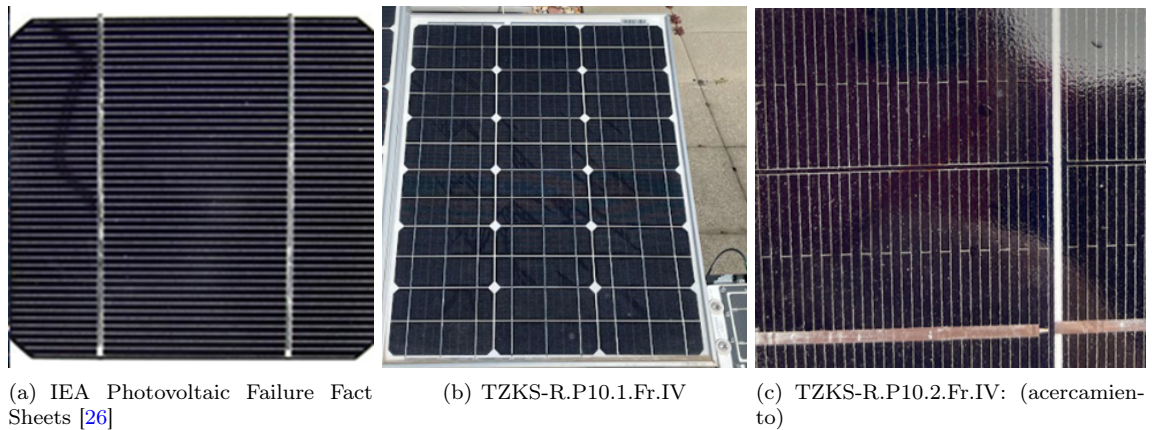


Figura 4.28: Fisura en celdas

Para [26] Las fisuras en las celdas se pueden producir en cualquier punto de la vida de la celda, desde su fabricación hasta su exposición. Como indicó [33], se asocian la presencia de cargas mecánicas que puedan comprometer la integridad. Por lo ya mencionado anteriormente, donde la fisura no signifique la separación de las partes de la celda fisurada, el impacto en las pérdidas puede ser despreciable, pero puede provocar puntos calientes. Los módulos del TG4 presentan casi todos los patrones que se ven en la figura 4.27, donde se observa un snail track dada la propagación de la fisura, aun así, no se encontraron anomalías térmicas. El módulo TZKS-R presenta también múltiples fisuras pero sin snail tracks, lo que les da apariencia de rayaduras más que fisuras.

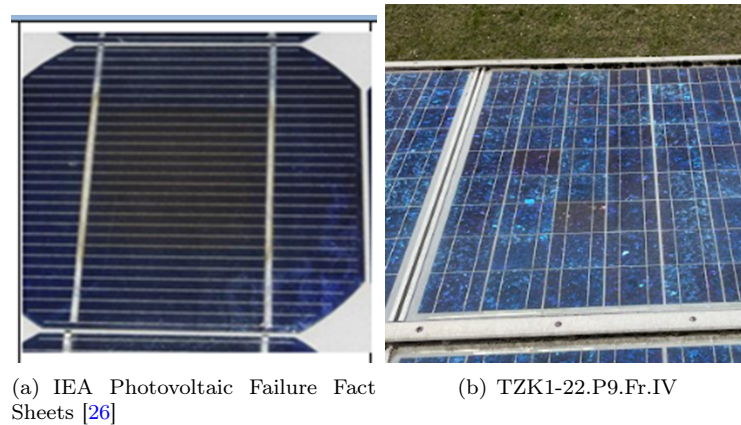


Figura 4.29: Decoloración del encapsulante

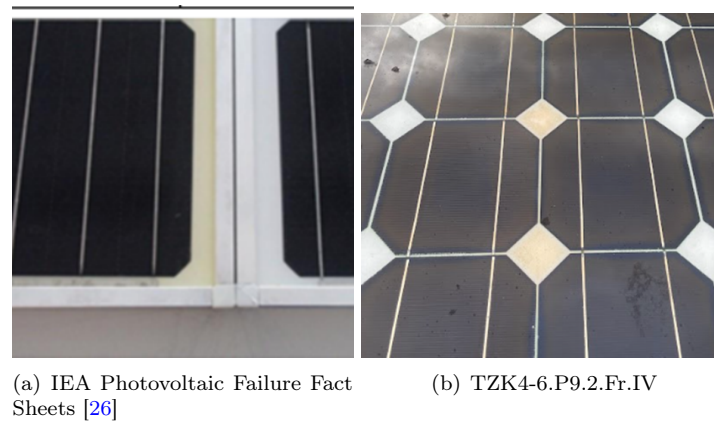


Figura 4.30: Decoloración del encapsulante - yellowing

Algunos módulos del TG1 y TG2, que corresponden al mismo modelo MSX120, tienen señas de oscurecimiento del encapsulante en celdas aleatorias, lo que parece ser un sobrecalentamiento de las celdas. Sin embargo, según la imagen IR, no hay anomalía presente en las celdas oscurecidas.

Por otro lado, todos los módulos de TG4 tienen coloración amarilla en puntos específicos como muestra la figura 4.30. Según la inspección de la parte trasera, en esta zona se encuentra la caja de conexiones, la cual opera a mayor temperatura del resto del panel, pudiendo ocasionar oscurecimiento tras los años en servicio.

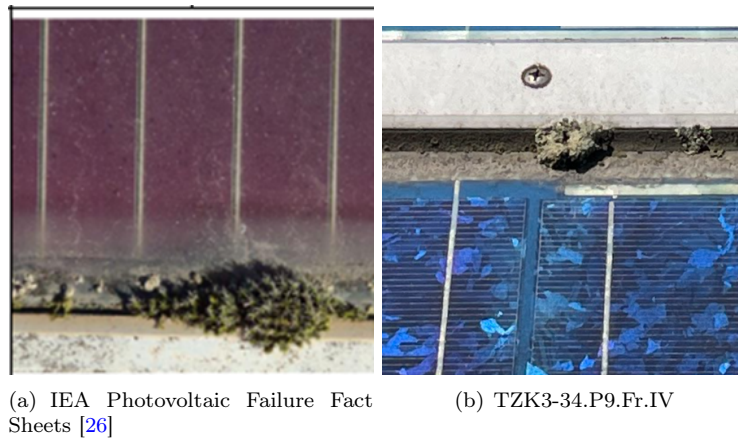


Figura 4.31: Suciedad - Moho

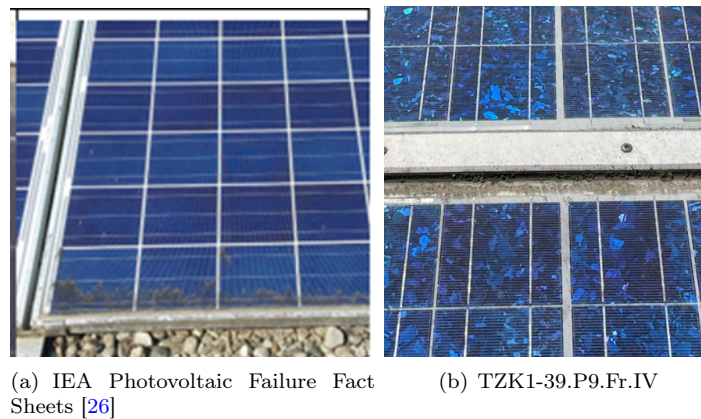


Figura 4.32: Suciedad - Humedad

La suciedad, como se referenció según [26], puede causar sombra en la celda y generar una caída en la absorción de luz, lo que disminuye el rendimiento y puede causar hot spots, exposición a humedad, entre otros. En TZK, prácticamente todos los paneles que se encuentran en la segunda fila de paneles (más alejados del edificio) existen rastros de moho y manchas de humedad debido a la falta de mantenimiento.

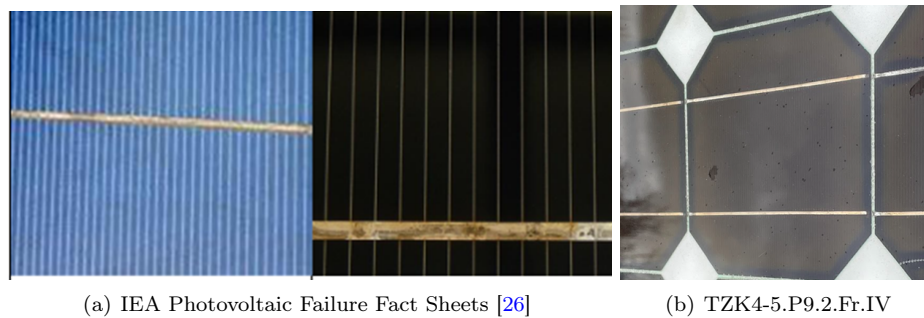


Figura 4.33: Corrosión de buses

La decoloración por metalización o corrosión según [26] se debe a la presencia de humedad o acidez en el encapsulante y por tanto deteriora los componentes metálicos como fingers y buses. Esto puede llevar a incrementar la resistencia y generar pérdida de generación.

4.3.2. Hallazgos en IR

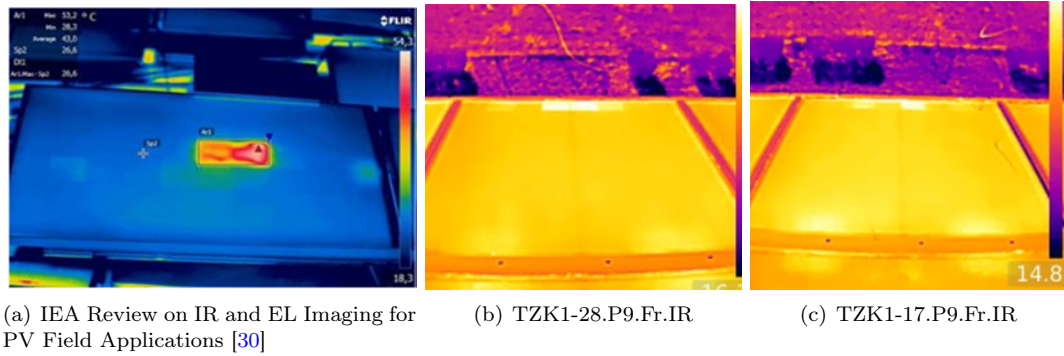


Figura 4.34: Hot spot

Algunos de los módulos en TG1, TG2 y TG3 presentan celdas calientes, la mayoría en la parte inferior del módulo, donde se observa acumulación de moho y suciedad.

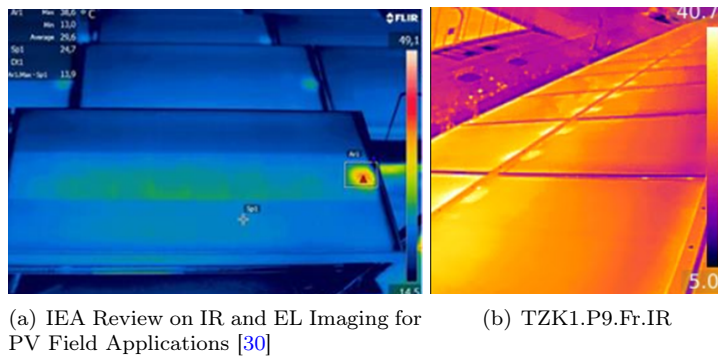


Figura 4.35: Diodo de bypass a través de IR

Visualización de los diodos de bypass en los módulos de TG1 (normal). Pueden confundirse con celdas calientes, sin embargo, por la inspección visual de la parte trasera, corresponden con la localización de las cajas (dos por módulo).

A continuación, se presenta una tabla de resumen en la cual se describen los tipos de falla encontrados en las pruebas realizadas en los reportes 1, 2 y 3:

Defecto	Técnicas	Gravedad (1-5)	% Pérdidas
Reporte 1			
Brown marks	IV	1	0
Decoloración (encaps.)	IV	1-2	0
Delaminación frontal	IV	1-2	1-5
Delaminación backsheet	IV	3-5	1-5
PID	IR, EL	1-5	5-20
Fisuras	EL, UV	2-4	2-10
Interrupciones	EL	1-3	1-5
Rayaduras	EL	1	0
Área sombreada	IR, EL	1	1-5
Puntos negros	EL	1	0
Envejecim. encaps.	UV	_*	-
Desconexión	IR, EL	5	_**
Reporte 2			
Vidrio quebrado	IV	2	0
Suciedad	IV	3	2-20
Hot spots	IR	3-5	1-10
Caja de conex.	IR	2	1-10
Sombras	IV, IR	3-5	5-30
Reporte 3			
Fisuras	IV	2-4	2-10
Decoloración (encaps.)	IV	1-2	0
Suciedad	IV	3-5	2-20
Corrosión	IV	1-2	1-5
Hot spots	IR	3-5	1-10
Caja de conex.	IR	2	1-10
Sombras	IV, IR	3-5	5-30

Tabla 4.4: Resumen de defectos encontrados y sus consecuencias

* Depende de la causa raíz.

** Según el porcentaje desconectado.

4.4. Material adicional sobre exposición a sombra

Como parte de la exploración de los efectos que pueden producir las sombras y prueba de que los hot spots podrían visualizarse en caso de existir, se forma la siguiente sección. Como se mencionó previamente, no en todos los módulos se tiene el mismo efecto tras la sombra, además de la identificación de reflejos, sombras y el daño real.

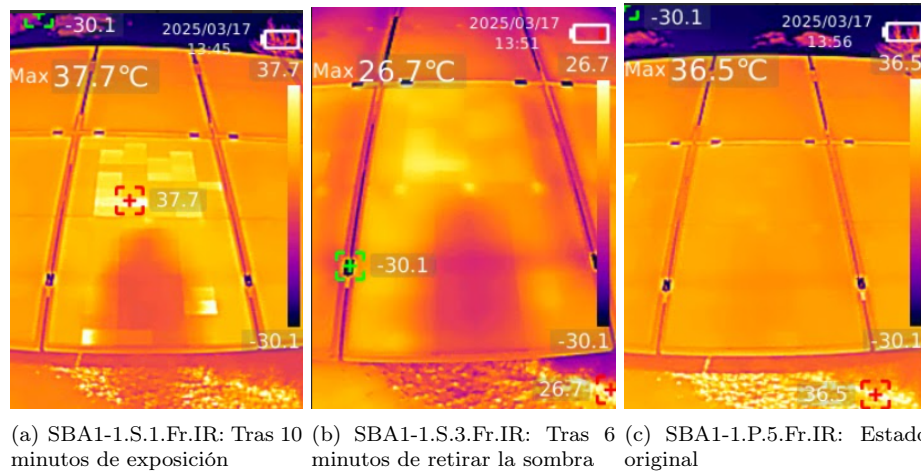


Figura 4.36: Efecto de exposición a sombra por 10 minutos

En esta prueba se sometió a una sombra generada por el cuerpo. Se generó la sombra por 10 minutos (desde 13:35) y posteriormente se realizó la captura de la imagen IR (13:45). En esta se observa el patrón de la silueta de la sombra (no corresponde a una sombra óptica) donde la temperatura es menor. A los lados de la silueta se generaron hot spots al igual que en la parte superior, donde ya no se encontraba la sombra. Tras aproximadamente 6 minutos (13:51), la silueta aún es visible y el panel empieza a distribuir mejor el calor disipado en las celdas de la parte superior. La última imagen corresponde al estado original del panel.

Este módulo es de tecnología monocristalina.

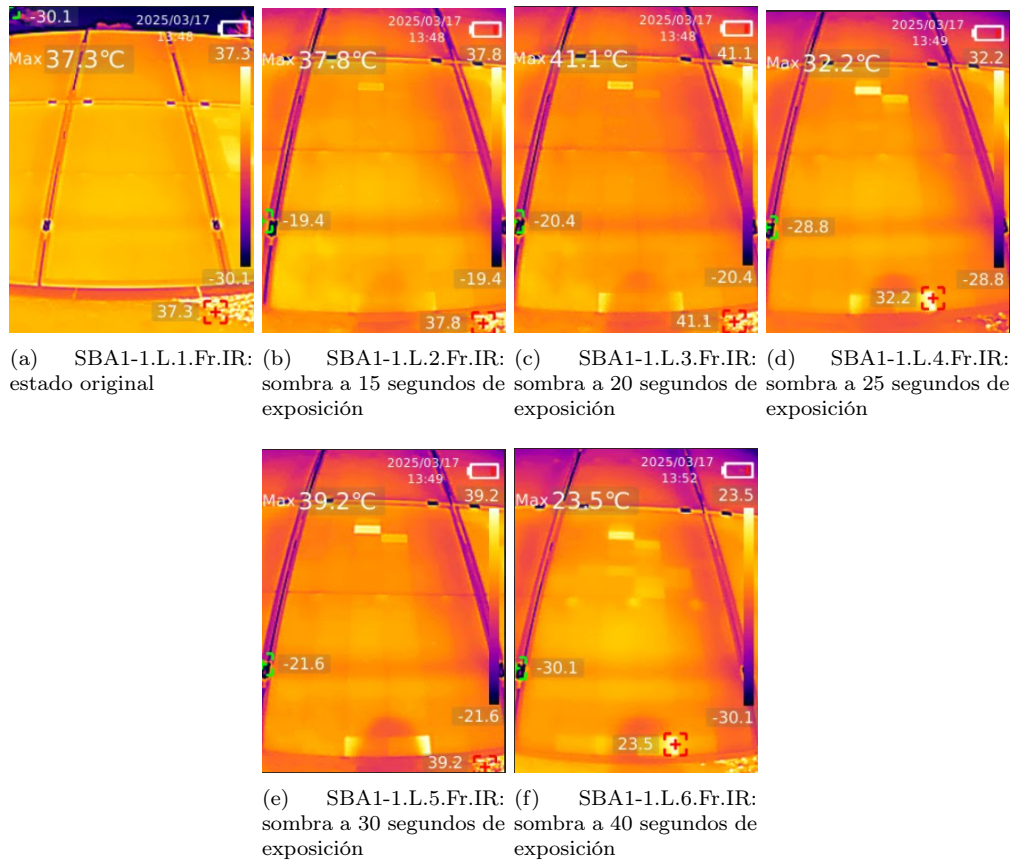


Figura 4.37: Efecto de exposición a sombra visto en vivo

Seguidamente se decidió realizar la misma prueba, exponer el panel a sombra generada con el cuerpo, pero visualizar el efecto en vivo desde el segundo 0 en el que se coloca la sombra. Pasados 5 segundos, se empieza a calentar una celda de la parte superior y al rededor de la zona en la que se empieza a ver la silueta de la sombra. Tras 10 segundos es más visible el calentamiento y así hasta la última captura minutos después.

Este módulo es vecino del módulo al que se le realizó la primera prueba y también es de tecnología monocristalina.

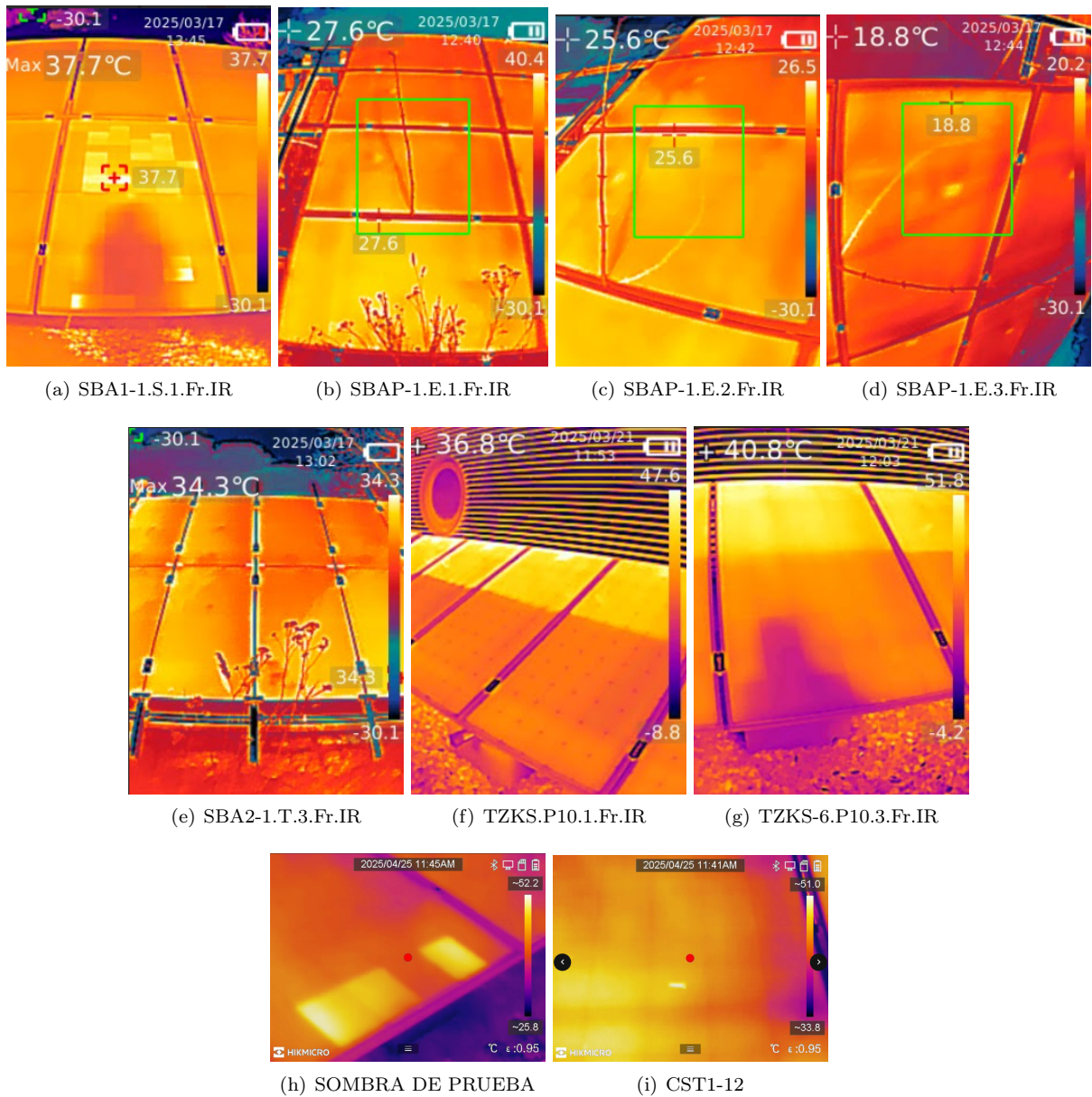


Figura 4.38: Diferentes reacciones a la exposición de sombra

En esta figura se evalúan diferentes situaciones relacionadas con las sombras sobre los módulos fotovoltaicos:

- (a) muestra que las celdas sobre calentadas se encuentran en la parte superior, donde no existió sombra. Se dibujó la silueta de la sombra. **Módulo monocristalino.**
- (b), (c) y (d) muestran el efecto de la sombra óptica, que se muestra como un reflejo que parece estar más caliente, en (c) a la derecha de la rama y en (d) a la izquierda; el efecto de la sombra real, que se visualiza como una silueta oscura; la afectación de la sombra que corresponde al punto caliente. **Módulo monocristalino.**

- (e) muestra que no hay reacción térmica más que el reflejo óptico que aparece como alta temperatura detrás de la vegetación, mas no hay afectación térmica. **Módulo thin film.**
- (f) muestra lo que parece ser una diferencia térmica de la mitad de los paneles, sin embargo, corresponde al reflejo óptico del techo del edificio. **Módulo monocristalino.**
- (g) muestra el mismo efecto del reflejo óptico del techo; adicionalmente se le sometió a sombra, en este caso se imprime la silueta de la sombra, pero no hay respuesta de calentamiento. **Módulo policristalino.**
- (h) muestra una prueba realizada en los módulos del Complejo Solar TEC, con el fin de probar que, en la existencia de hot spots, se podrían observar. El panel solo calentó las celdas adyacentes al lugar de exposición. **Módulo policristalino.**
- (i) corresponde al reflejo generado por suciedad. **Módulo policristalino.**

Capítulo 5

Diagnóstico del Complejo Solar TEC

El quinto capítulo se dirige a la inspección realizada en la granja solar del SESLab en el Tecnológico de Costa Rica, Campus Central Cartago. Tras realizar un trabajo de laboratorio durante la estancia en Alemania que se extendió por los dos primeros objetivos en los capítulos 3 y 4, adicional a la investigación y correlación realizada de los resultados obtenidos, se tiene un criterio ampliado y experiencia para realizar pruebas y emitir un diagnóstico en este sector del Complejo Solar.

La granja solar se conforma de cuatro terrazas con diferentes capacidades y cantidad de cadenas/módulos. El SESLab, a cargo del parque solar, pretende también ampliar el espacio y capacidad del sistema para lo que se tienen destinados módulos que fueron donados al Tecnológico.

Actualmente, el SESLab al igual que el Departamento de Administración de Mantenimiento (DAM), no poseen un registro del estado de la condición ni estrategias de mantenimiento consolidadas, por lo que lo que se realiza es una limpieza de los módulos al encontrar estadísticamente que el rendimiento se estaba disminuyendo y se llegó a parámetros normales nuevamente tras una limpieza realizada. En este sentido, el proyecto en curso ha permitido, tanto al personal como a los estudiantes que conforman el laboratorio, crear consciencia de la importancia de realizar un registro de la condición actual de los paneles y seguir monitoreando aquellos que ya presentan defectos o bien estudiar la viabilidad de colocar los paneles de donación en una nueva localización.

Para analizar ambos aspectos, el quinto capítulo se divide en dos secciones, la primera sobre los paneles que conforman las terrazas en operación y la segunda sobre muestras de los paneles de donación.

5.1. Reporte 4: Parque Solar, Campus Central TEC.

El reporte 4 corresponde a la revisión del parque solar, el cual tiene una capacidad instalada de más de 130 kW que se distribuyen en 4 terrazas de diferentes capacidades y modelos empleados. El análisis completo se realizó en dos partes y debido a la disponibilidad del equipo, solo una muestra de 5 paneles de los 280 inspeccionados mediante IR se inspeccionó mediante UV.

La descripción de las condiciones de prueba se puede ver en el anexo I y se resumen en la siguiente tabla.

Fecha	24/04 - 12/05	Tiempo en servicio	6 años
Ubicación	9° 43' 55"N	83° 50' 25.°	1340 m.s.n.m.
Temperatura	19°C	Viento	5 km/h 85°E
Irradiancia	-	Nubosidad	-
	Entorno de prueba	Noche en sitio (24/04)	
Temperatura	23°C	Viento	8 km/h 80°E
Irradiancia	616 W/m ²	Nubosidad	3 oct
	Entorno de prueba	Día en sitio (25/04)	
Temperatura	25°C	Viento	11 km/h 83°E
Irradiancia	970 W/m ²	Nubosidad	1 oct
	Entorno de prueba	Día en sitio (12/5)	

Tabla 5.1: Resumen de condiciones del reporte 4



Figura 5.1: Vista en Google Maps del parque solar, Cartago

5.1.1. Terraza 0

La terraza 0 tiene 116 módulos divididos en dos etapas con una capacidad de 20,7 kW cada uno (aproximadamente 41,4 kW por terraza). Esta terraza se encuentra elevada del nivel de suelo, por lo que se dificultó el análisis del estado de las cadenas, no obstante, según la termografía IR, desde abajo no se observan anomalías térmicas.

	Marca	Tecnología	P_{max}	Capacidad
CST0.1	Trina Solar	Celda partida	370 W	20,7 kW
CST0.2	Jinko Solar	Monocristalino	345 W	20,7 kW

Tabla 5.2: Especificaciones de la terraza 0



Figura 5.2: Vista Terraza 0

5.1.2. Terraza 1

La terraza 1 se compone de 140 módulos distribuidos en 7 cadenas de 20 módulos cada una. Cada cadena tiene una capacidad de 6,6 kW (46,2 kW por terraza). La terraza permite la accesibilidad para realizar una mejor revisión que la realizada en la terraza 0. A continuación, se muestran las características de los módulos por cada cadena.

	Marca	Tecnología	P_{max}	Capacidad
CST1.1	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW
CST1.2	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW
CST1.3	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW
CST1.4	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW
CST1.5	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW
CST1.6	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW
CST1.7	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW

Tabla 5.3: Especificaciones de la terraza 1



Figura 5.3: Vista Terraza 1

Hallazgos

Debido al entorno al que los paneles están expuestos, la gran mayoría presentan suciedad diversa como hojas, pasto seco, piedras, suciedad de pájaros, humedad, polvo, etc. (Figura 5.4). Este tipo de suciedad es visible mediante termografía IR, pero identificable dado que solamente se refleja el objeto contaminante y se diferencia de daños reales como los *hot spots* (Figura 5.5). Aún así, dependiendo de la extensión que tenga la suciedad en el panel, esta si puede tener un efecto térmico distinto, dada la generación de sombra que interfiere con la generación de energía y la disipación de la misma (Figura 5.6).



Figura 5.4: Hallazgos comunes en condiciones *outdoor*

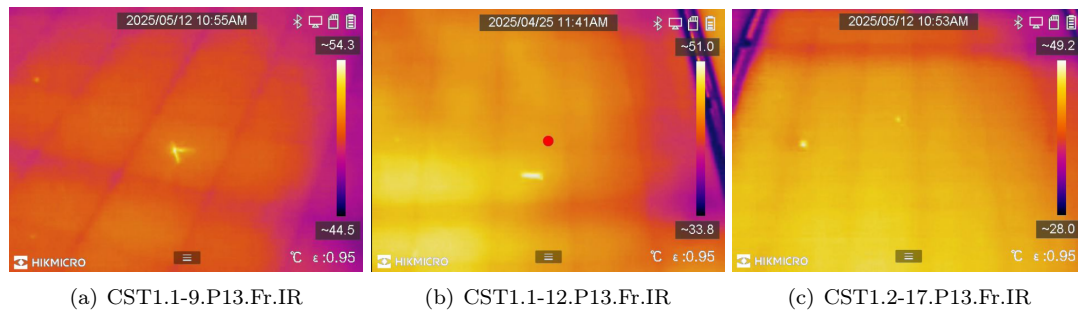


Figura 5.5: Suciedad en termografía IR

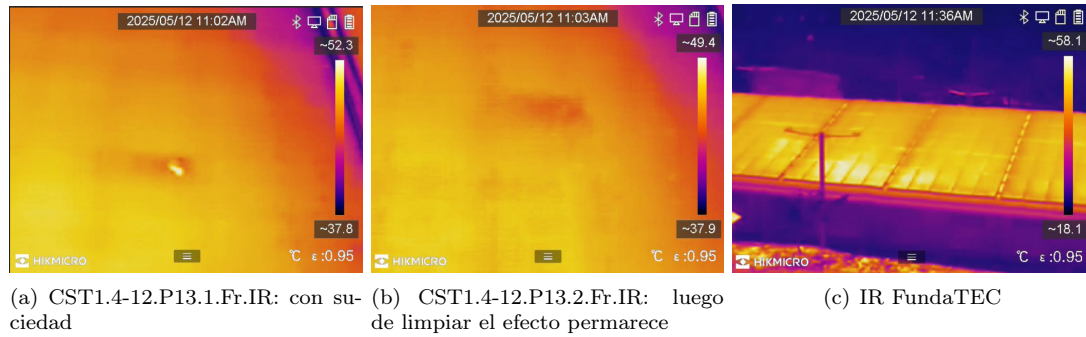


Figura 5.6: Efecto de la suciedad, pueden aparecer *dark spots* o *hot spots*

En total se registraron 23 módulos (al momento de la inspección) donde la suciedad se visualiza mediante IR como lo ejemplificado en la figura 5.6, sin embargo, como se mencionó, la gran mayoría presenta diferentes grados de suciedad. Dado que esto no representa una falla real presente en el módulo, para efectos de diagnóstico no se toman en cuenta, dado que, por la naturaleza de la suciedad y el entorno, esta va a variar incluso de un día a otro (el viento empuja las hojas, lluvia, mantenimiento del pasto al rededor, animales, etc.), sin embargo, se debe recordar que las pérdidas de energía asociadas a la presencia de suciedad que no se controle, pueden variar entre los 5% y 30%, por lo que será un factor al que se le deba tomar en cuenta para las inspecciones y mantenimientos periódicos.

Respecto a *hot spots* reales (afectación térmica por irregularidades eléctricas) se encuentran alrededor de 4 módulos a los cuales se observa calor proveniente de la caja de conexiones y 3 módulos más a los cuales se les observan celdas calientes, y casi todos con un área oscurecida al ancho del panel justo a la altura del soporte, por lo que puede darse por la disipación de calor entre ambos materiales y no por desconexión de componentes. [26] indica que, por las tolerancias normales de operación, si menos del 10% de los paneles inspeccionados presentan anomalías térmicas, esto no implica una caída de la generación del sistema, ni es significativo en la producción de un módulo aislado si se trata de una o dos celdas calientes. Donde sí se vuelve representativo es cuando los diodos de bypass se encuentran permanentemente activos, dado que se reduce la generación en las cadenas, por lo tanto será importante que se mantengan monitoreados aquellos paneles en los cuales se observa la caja de conexiones ligeramente más caliente.

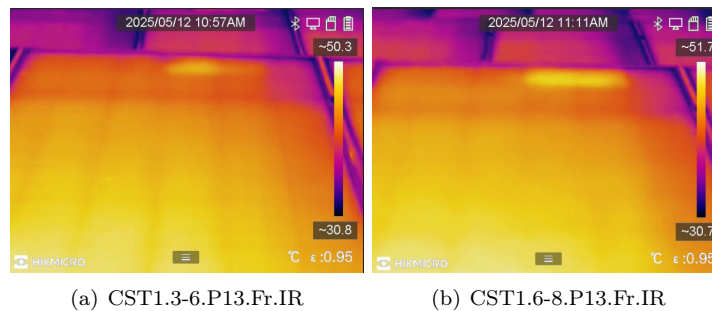
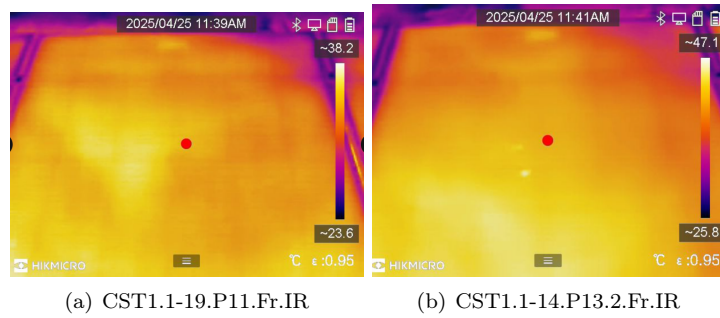
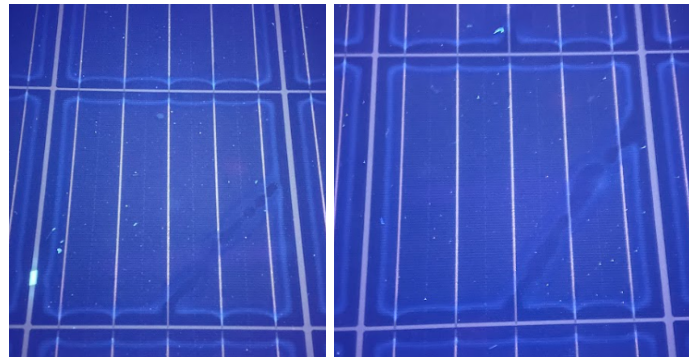


Figura 5.7: *Hot spots*, celdas

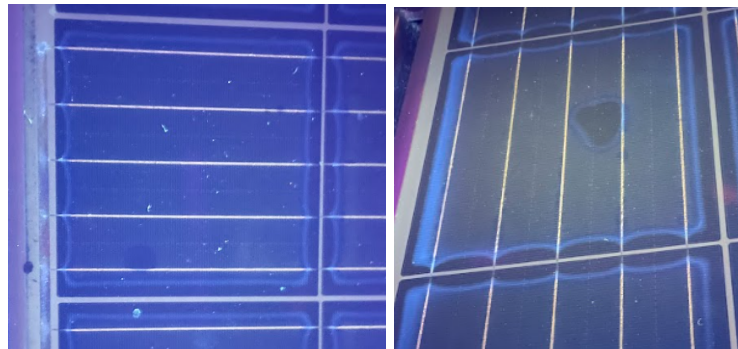
Figura 5.8: *Hot spots*, caja de conexionesFigura 5.9: *Dark spots*, perfil de soporte

En la terraza 1 se encuentran los 5 módulos que se analizaron mediante UV adicional a IV e IR. Debido al tiempo de inspección y a la disponibilidad del equipo para realizar la prueba de fluorescencia UV, es una muestra muy pequeña comparado con el tamaño de la población de prueba. Sin embargo, con los hallazgos se puede escalar que será la mayoría de los módulos los que ya presentan defectos como fisuras que están degradando el encapsulante. En la muestra de los 5 paneles, todos presentan hallazgos mediante UV, siendo CST1.1-17 el de menos cantidad con 3 hallazgos, hasta CST1.1-20 con 13 hallazgos, mientras CST1.1-16 con 6, CST1.1-18 con 8 y CST1.1-19 con 6, lo que puede escalar a que se encontrarán de 7 a 8 hallazgos en promedio en los demás paneles que conforman la población. La degradación del encapsulante de forma irregular como lo encontrado en los 5 módulos analizados, siempre se da a causa del ingreso de oxígeno y agua entre las celdas, por lo que puede significar fisuras o delaminación. La figura 5.10 son ejemplos claros de fisuras completas en las celdas dado el patrón donde se sigue una línea uniforme, mientras que en la figura 5.11, se encuentra degradación desde el interior, lo que puede significar pequeñas fisuras puntuales. Otros patrones también encontrados se muestran en la figura 5.12, donde se degrada desde las orillas, lo que puede atribuirse a delaminación que permite que ingrese oxígeno o agua y se extienda, o bien fisuras incompletas. Por último, la figura 5.13 muestra otro tipo de evidencia que parece ser relacionada con la posición de la caja de conexiones por la parte trasera. Por el cambio de color del encapsulante, puede significar exposición a calor frecuente o delaminación.



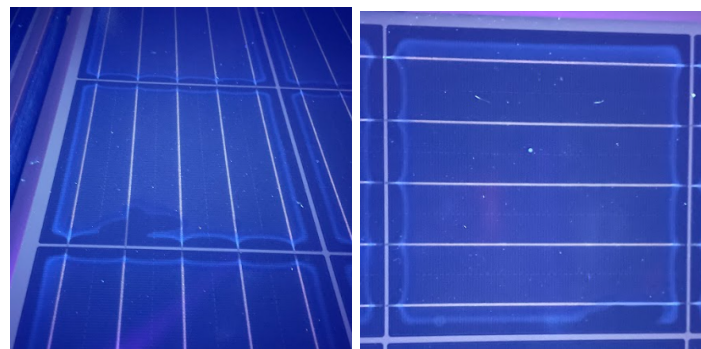
(a) CST1-16.P11.8C.Fr.UV (b) CST1-16.P11.10C.Fr.UV

Figura 5.10: Fisuras completas degradando el encapsulante



(a) CST1-17.P11.12E.Fr.UV (b) CST1-20.P11.Fr.UV

Figura 5.11: Fisuras puntuales degradando el encapsulante



(a) CST1-16.P11.5F.Fr.UV (b) CST1-16.P11.10A.Fr.UV

Figura 5.12: Posible delaminación en las orillas de las celdas



(a) CST1-18.P11.1C-1D.Fr.UV

Figura 5.13: Posición de la caja de conexiones

A pesar de presentarse tanta evidencia de fisuras a través de la degradación del encapsulante, estas fisuras no llegan a significar un impacto en la generación, dado que no generan anomalías térmicas aún, es decir, la celda, aún fisurada, sigue produciendo con normalidad, sin embargo, deben mantenerse en monitoreo periódico para determinar el momento en el que las fisuras impliquen un impacto en la generación.

5.1.3. Terraza 2

La terraza 2 tiene 140 módulos, la primera y segunda etapa de 60 módulos cada una y la tercera etapa con 20 módulos, en total con una capacidad de 47,1 kW por terraza. La distribución de las primeras etapas es de 10 columnas, cada una con 6 paneles en posición horizontal, lo cual disminuye la accesibilidad para los paneles ubicados en la parte superior, sin embargo, siguen siendo visibles mediante IV e IR. A continuación, se tabulan las características de los módulos de cada cadena.

	Marca	Tecnología	P_{max}	Capacidad
CST2.1	Trina Solar	Policristalino	330 W	19,8 kW
CST2.2	Jinko Solar	Monocristalino	345 W	20,7 kW
CST2.3	Trina Solar	Policristalino	330 W	6,6 kW

Tabla 5.4: Especificaciones de la terraza 2



Figura 5.14: Vista Terraza 2

Hallazgos

Los paneles en la terraza 2 también presentan suciedad que debido a su disposición es de aún más difícil acceso para limpieza (figura 5.15). Al igual que en la terraza anterior, la suciedad es visible a través de la termografía IR, sin embargo, por su naturaleza irregular, no pueden ser tomadas en cuenta para el diagnóstico.



Figura 5.15: Suciedad de difícil acceso dada la altura

La terraza 2 presenta más hallazgos térmicos que la terraza 1, por lo que se debe monitorear con mayor

frecuencia que la anterior. Uno de estos hallazgos es la exposición de sombra debido a un poste cercano. Su posición puede afectar principalmente en horas de la tarde según la posición del sol a través del año a tres de las 10 columnas en la cadena 2.1, como se muestra en la figura 5.16. La cadena 2.1 solo presenta 2 paneles con calentamiento mayor en sus cajas de conexiones, mas no son de alta gravedad. La cadena 2.2 por otra parte, presenta un calentamiento general en las cajas de conexiones, sin embargo, como son modelos y tecnologías distintas, no se puede asumir un funcionamiento inadecuado, sin embargo, entre miembros de esta cadena algunos sí disipan más calor que otros como se muestra en la figura 5.17. Se observa como patrón que son los paneles más bajos los que aparentemente disipan mayor calor, por lo que es probable que estén acumulando mayor suciedad que sobrecaliente la caja de conexiones, no obstante, hay que considerar que, por la posición de los paneles, entre más arriba hay menos rango de alcance y por lo tanto más margen de error en la captura de datos termográficos. Por último, solamente se encuentra un *hot spot* aleatorio que no implica suciedad ni posible error de posición (figura 5.18).

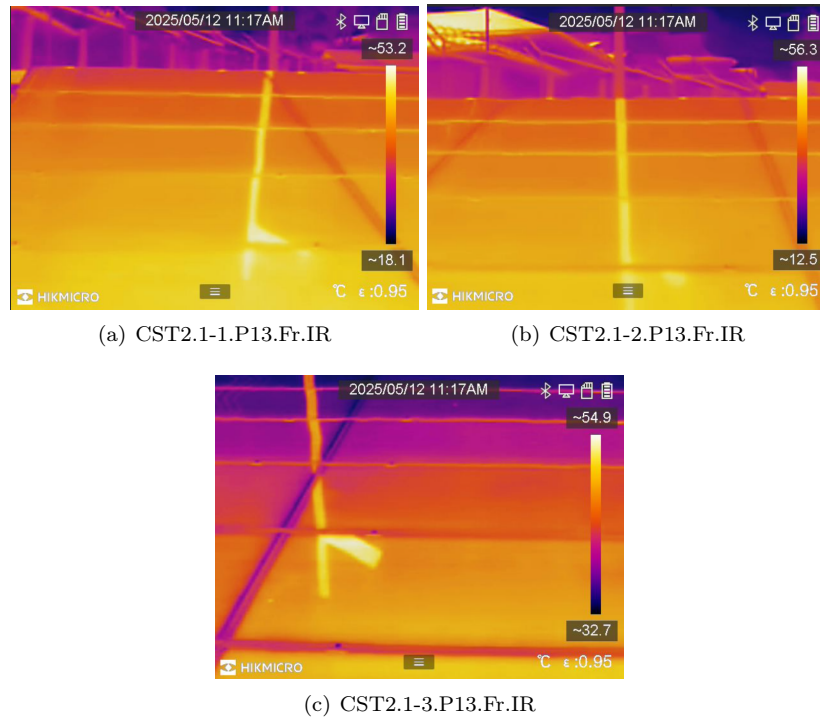
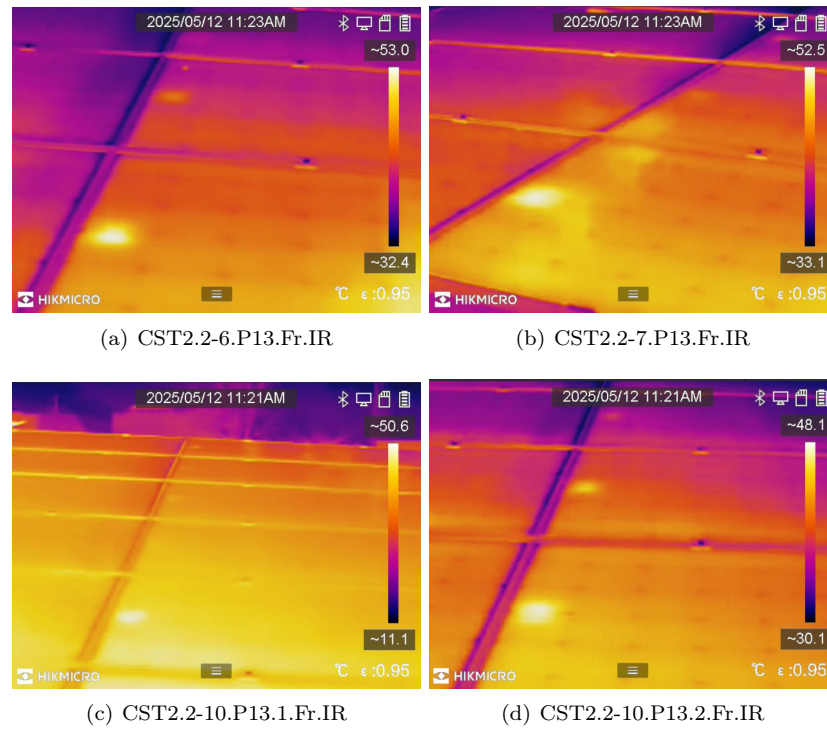


Figura 5.16: Sombra generada por poste en tres columnas de la cadena 2.1

Figura 5.17: *Hot spot* en la caja de conexionesFigura 5.18: *Hot spot* en celda aleatoria

5.1.4. Terraza 3

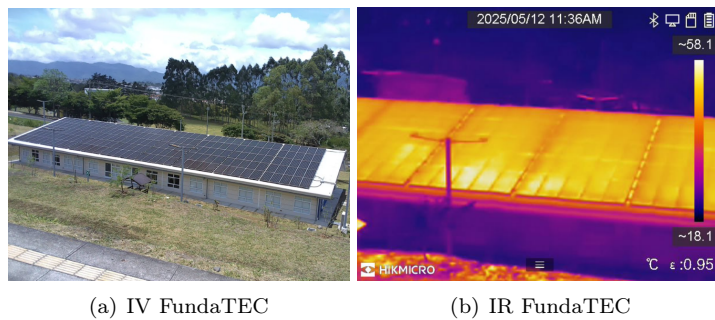
La terraza 3, con una capacidad de 52,6 kW, se encuentra fuera de funcionamiento debido a que el inversor está dañado, por lo que no fue objeto de estudio.



Figura 5.19: Vista Terraza 3

5.1.5. FundaTEC

El edificio de FundaTEC tiene 240 módulos fotovoltaicos instalados en el techo, a los cuales no se les brinda mantenimiento y se encuentran bajo suciedad extrema aproximadamente 20 de ellos. Dado que no es permitido acceder, por seguridad, al lugar en el que están instalados, no se puede hacer una inspección según las condiciones normadas ni se posibilita un adecuado mantenimiento. La figura a continuación muestra el estado de los módulos desde IV y IR.



(a) IV FundaTEC

(b) IR FundaTEC

Figura 5.20: Condición de los módulos en el edificio de FundaTEC

5.2. Reporte 5: Paneles externos

El reporte 5 se generó a partir de la revisión de algunos de los paneles que fueron recientemente donados al Tecnológico y se desean aprovechar en la construcción de una nueva terraza que permita ampliar la capacidad del sistema. Estos paneles cuentan con aproximadamente 12 años de exposición a condiciones *outdoor* y ya presentan desgaste, sin embargo, se realiza el análisis en una muestra de 5 de ellos para determinar el estado general y finalmente observar si es viable utilizarlos aún. La muestra analizada es muy pequeña en comparación a la población total, sin embargo, se realizó inspección IV, IR y UV para abarcar mayor rango de diagnóstico, además, se escogieron estratégicamente algunos que presentan daños visibles tanto otros que aparentan estar en buenas condiciones para comparar su estado. Las condiciones de prueba y especificaciones técnicas de los módulos se indican en las siguientes tablas.

Fecha	24/04 - 25/04	Tiempo en servicio	12 años
Ubicación	9° 43' 55"N	83° 50' 25.º	1340 m.s.n.m.
Temperatura	19°C	Viento	5 km/h 85°E
Irradiancia	-	Nubosidad	-
	Entorno de prueba	Noche en sitio (24/04)	
Temperatura	23°C	Viento	8 km/h 80°E
Irradiancia	616W/m ²	Nubosidad	3 oct
	Entorno de prueba	Día en sitio (25/04)	

Tabla 5.5: Resumen de condiciones del reporte 5

	Marca	Tecnología	P_{max}
SL1	Jinko Solar	Monocristalino	320 W
SL2	Jinko Solar	Monocristalino	325 W
SL3	Jinko Solar	Monocristalino	325 W
SL4	Jinko Solar	Monocristalino	320 W
SL5	Trina Solar	Policristalino	330 W

Tabla 5.6: Especificaciones de muestra de módulos de donación

Dado que los paneles no se encuentran conectados a ningún sistema, fue necesario conectarlos a una carga provisional para realizar la termografía, los datos del equipo adicional se describen a continuación.

Controlador de carga	Batería	Carga
Inversor Renogy 1000 W	Master Solar Recargable 12V-134 Ah	Radio National Rx-4930F 13 W

Tabla 5.7: Especificaciones de equipo adicional

Hallazgos

Como se mencionó, se escogieron módulos en mal y buen estado según la inspección visual inicial. La figura 5.21 muestra los módulos SL1, SL2 y SL5 que se encuentran en mal estado según la inspección visual. Por otro lado, la figura 5.22 muestra los módulos SL3 y SL4, que aparentan estar en buenas condiciones.

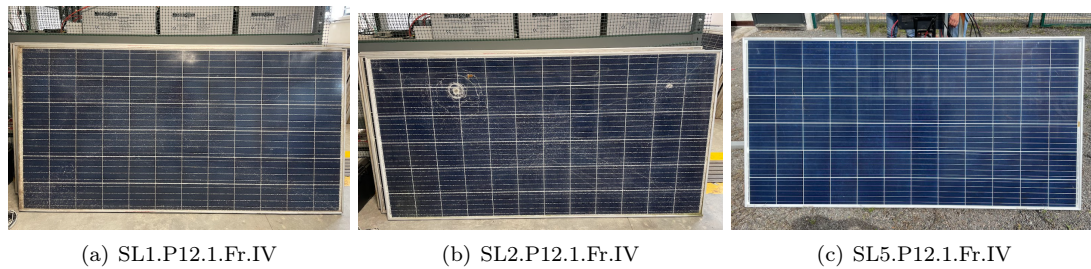


Figura 5.21: Módulos en mal estado

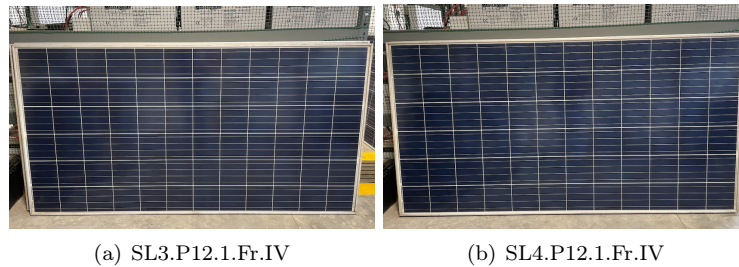


Figura 5.22: Módulos en buen estado

Los módulos en mal estado, presentan defectos en vidrio y encapsulante, SL1 con el vidrio totalmente quebrado y con marcas de abrasión, SL2 con dos impactos que generan quebraduras en expansión y SL5 con una burbuja en el encapsulante y *backsheet* que generan delaminación grave. Los módulos SL3 y SL4 únicamente presentan suciedad pero sin defectos potenciales.

Según los resultados de la termografía IR, los paneles térmicamente más afectados son, de hecho, los módulos SL3, SL4 y SL5. No obstante, al analizar las 5 termografías en conjunto, se observa que, a pesar de que sí siguen generando dado que hay calentamiento irregular en algunas de las celdas, los módulos SL1 y SL2 se encuentran más fríos que los demás, lo que quiere decir que han perdido mucha de la capacidad de generación debido a los impactos que quebraron el vidrio. Los módulos SL3, SL4 y SL5 presentan calentamiento irregular de celdas que indican una degradación PID posiblemente por exposición a sombras o suciedad que generaron un daño irreversible en algunas de las celdas.

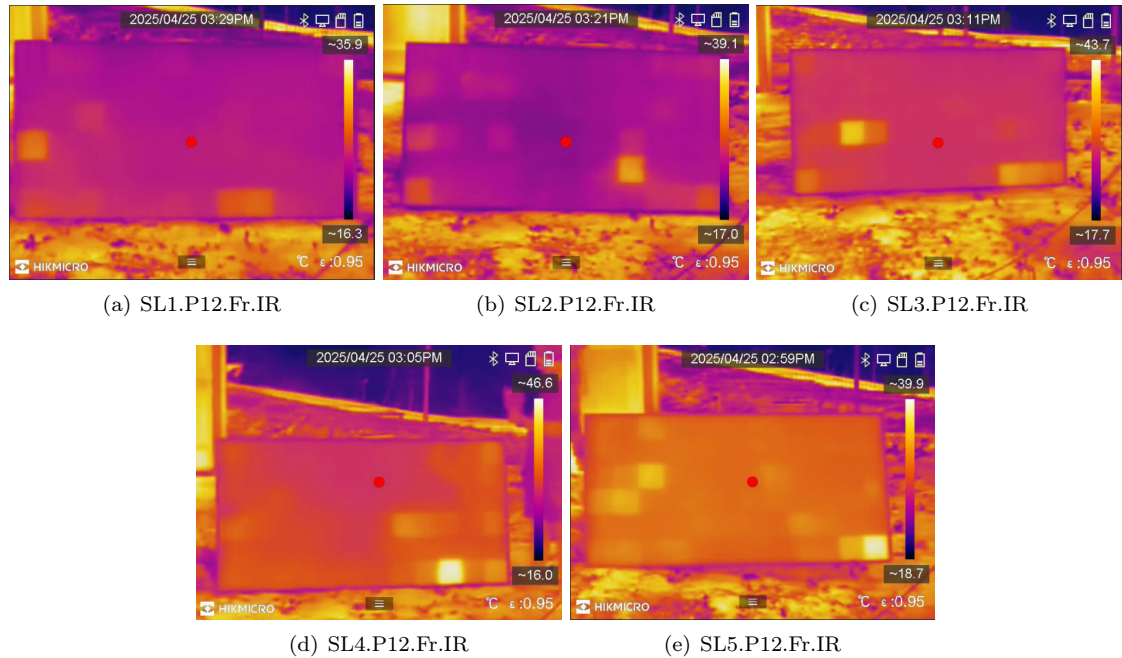
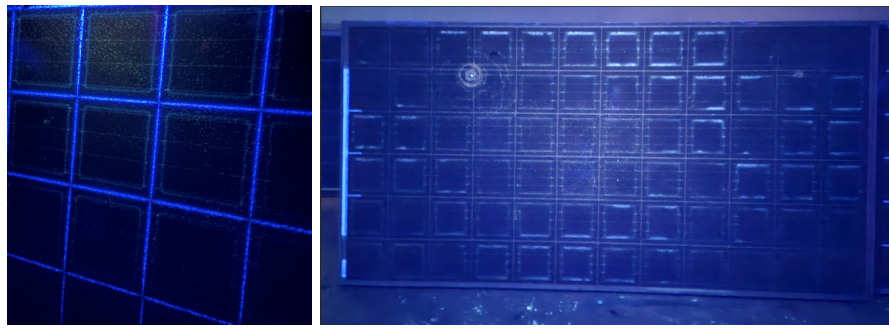


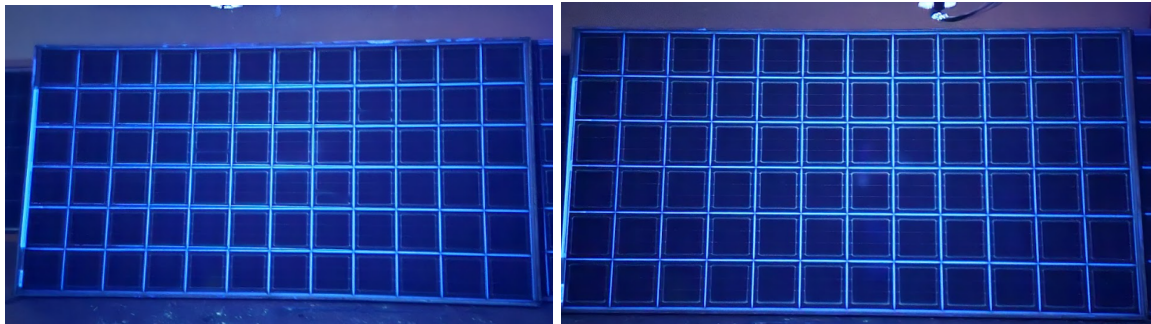
Figura 5.23: Comparación de la termografía de los módulos de donación

En los resultados de la inspección UV, los módulos SL1 y SL2 que presentan quebraduras en el vidrio, presentan una mayor degradación del encapsulante como era esperado, lo que dificulta encontrar si el panel presentaba fisuras en las celdas antes de quebrarse. El módulo SL3 tiene evidencia de fisuras completas en tres de sus celdas, mas no corresponden a las que se encuentran con *hot spots* en IR, por lo que no son fisuras graves. SL4 no presenta ninguna evidencia mediante UV que se relacione con los *hot spots* visibles en IR. Finalmente, SL5 tiene evidencia de delaminación en el costado izquierdo y se localiza una mancha irregular fluorescente en la burbuja localizada en la celda 1F, sin embargo, no representa anomalía térmica.



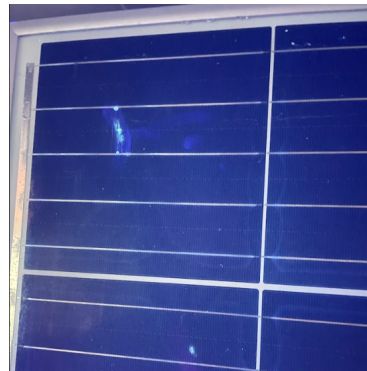
(a) SL1.P12.3.Fr.UV

(b) SL2.P12.1.Fr.UV



(c) SL3.P12.1.Fr.UV

(d) SL4.P12.Fr.UV



(e) SL5.P12.12A-12B.Fr.UV

Figura 5.24: Hallazgos mediante UV en paneles de donación

Adicionalmente se inspeccionó un módulo al azar mediante IR, el cual también presenta degradación PID.

Fabricante	PROVA Instruments Inc.
Modelo	PROVA 1011
Capacidad máxima	12.000 W
Accesorios	Celda de irradiancia, sensor de temperatura, pinzas 4-to-2

Tabla 5.8: Especificaciones técnicas del trazador de curvas

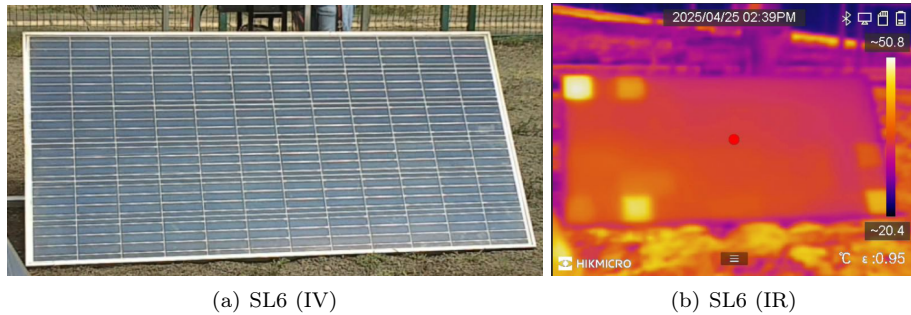


Figura 5.25: Módulo SL6

Curvas de desempeño

Debido a la falta de equipo de protección para la inspección de las cadenas en funcionamiento de las terrazas 1 y 2, se utilizó el trazador de curvas únicamente en los módulos de donación que se encuentran desconectados, lo cuales también presentan mayor degradación que los paneles en funcionamiento. Las especificaciones del equipo utilizado se encuentran en la siguiente tabla. El trazador de curvas utiliza un sensor de temperatura que indica la temperatura real del panel (no ambiental) y un sensor de irradiancia que presenta el valor de irradiancia al que se realiza la prueba. Cuenta también con una estimación de los resultados aproximados en las condiciones estándar (siguiendo lo establecido por IEC), lo cual permite evaluar aproximadamente el desempeño real del panel contra los datos que proporciona el fabricante.

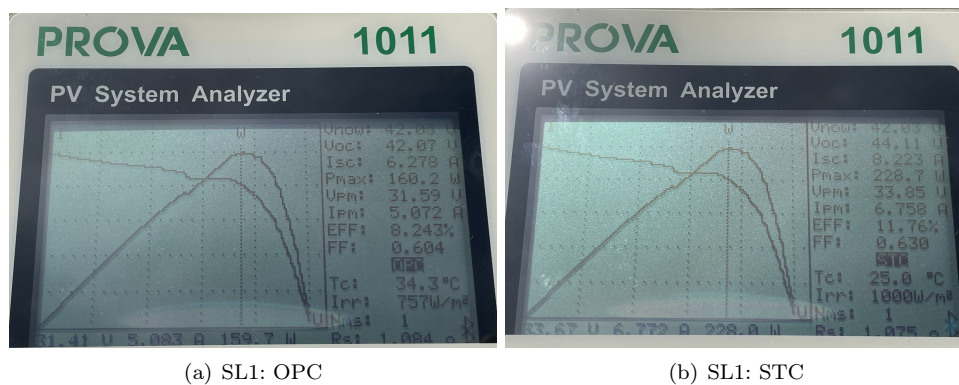
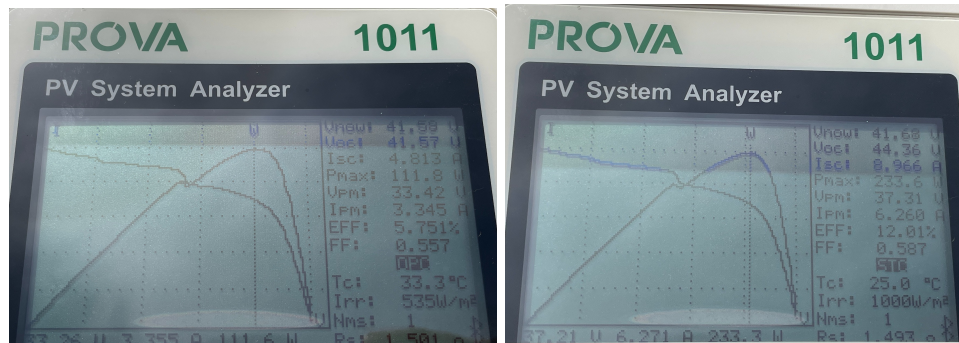


Figura 5.26: Módulo SL1

Indica una caída de corriente constante con un pico en la parte central. Se asocia a la quebradura del vidrio y la mancha de abrasión en la parte central del panel.

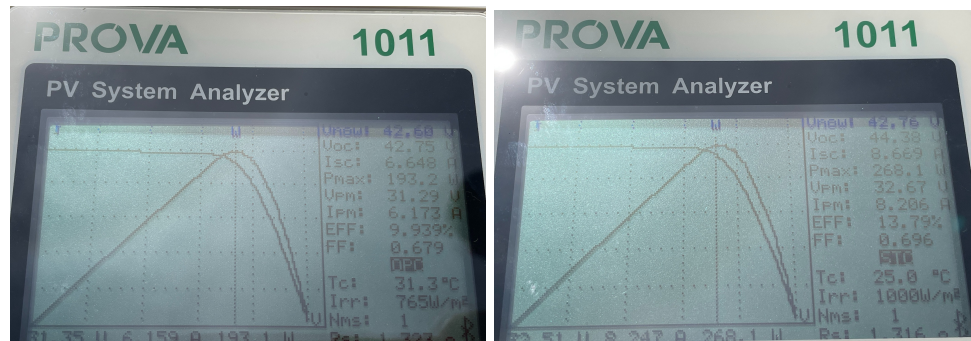


(a) SL2: OPC

(b) SL2: STC

Figura 5.27: Módulo SL2

Existe un pico en la curva a mitad de la misma. La parte inicial de la curva cae con mayor pendiente, mientras que la segunda parte aparenta un comportamiento normal, pero con línea irregular. Se asocia a ambos golpes que exponen las celdas y el encapsulante.

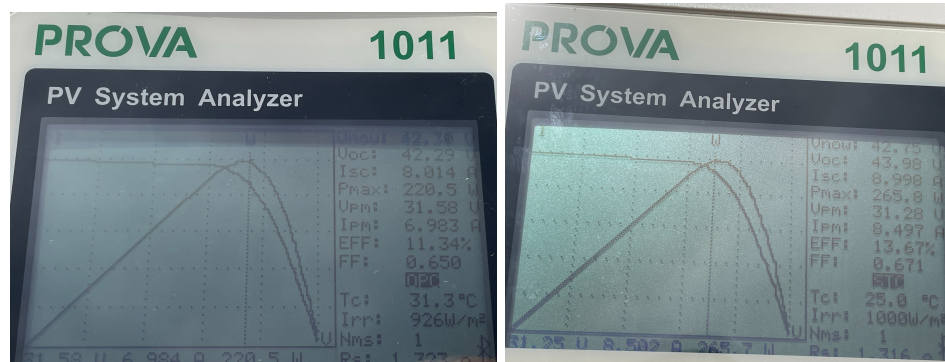


(a) SL3: OPC

(b) SL3: STC

Figura 5.28: Módulo SL3

El comportamiento de la curva es normal.



(a) SL4: OPC

(b) SL4: STC

Figura 5.29: Módulo SL4

El comportamiento de la curva es normal.

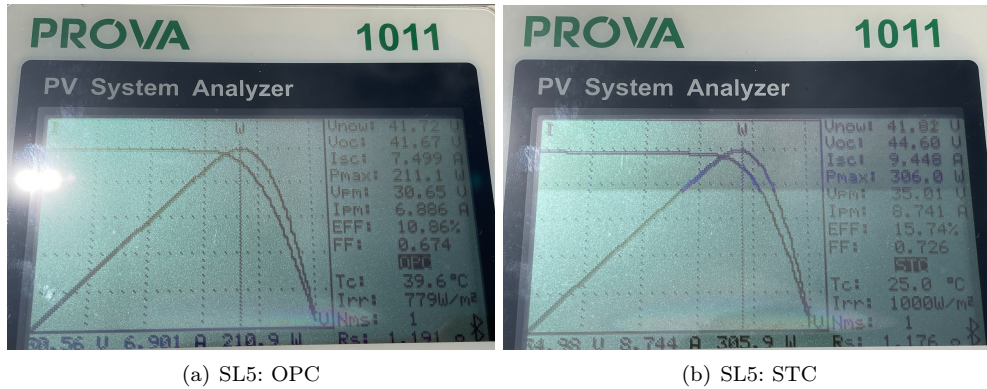


Figura 5.30: Módulo SL5

El comportamiento de la curva es normal.

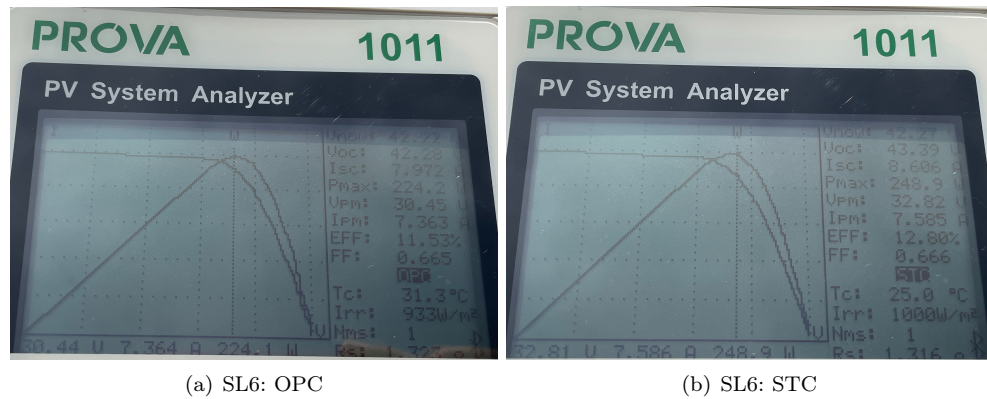


Figura 5.31: Módulo SL6

La curva decrece con una ligera pendiente, se asocia a los puntos calientes en las esquinas.

Según los datos de obtenidos comparados contra la estimación de STC, se obtuvieron los siguientes resultados:

	STC (fábrica)	STC	OPC
SL1	320 W	228,7 W	160,2 W
SL2	325 W	233,6 W	111,8 W
SL3	325 W	268,1 W	193,2 W
SL4	320 W	265,8 W	220,5 W
SL5	330 W	306,0 W	211,1 W
SL6	320 W	248,9 W	224,2 W

Tabla 5.9: Comparación de resultados obtenidos mediante el trazador de curvas.

La estimación de datos STC revela para el SL1 una pérdida de 91,3 W (28,5%), SL2 91,4 W (28,12%), SL3 56,9 W (17,5%), SL4 54,2 W (16,9%), SL5 24 W (7,3%) y SL6 71,1 W (22,2%).

Para los módulos SL1, SL2, SL3, SL4 y SL6 hay alrededor de un 10% de degradación normal por el tiempo en servicio (12 años). Se puede observar que ambos paneles que presentan quebraduras en vidrios (SL1 y SL2) están perdiendo un 18% adicional a la degradación, mientras que los módulos SL3 y SL4, que aparentan estar en buenas condiciones, presentan un 7% adicional con imágenes termográficas similares. SL5, por otra parte, es un módulo con 6 años en servicio, por lo que casi un 5% de sus pérdidas se deben a degradación normal, lo que asigna un 2,5% a pérdidas adicionales. SL6 presenta 12% de pérdidas adicionales.

Capítulo 6

Implicaciones técnicas y financieras

Como parte de los objetivos de este proyecto destaca concientizar sobre la importancia del mantenimiento adecuado a las plantas fotovoltaicas analizando el impacto tanto técnico como financiero de la presencia de fallas en los componentes del sistema. El capítulo sexto atiende a evaluar las implicaciones de las detecciones realizadas en el sector analizado del Complejo Solar y escalarlo a un parque solar industrial. Además, para caracterizar el rendimiento o desempeño del sistema, es necesario establecer indicadores que permitan estandarizar el análisis; por lo tanto, el capítulo se divide en tres secciones principales donde se analizan y estiman los datos de rendimiento, se proyectan y se establecen los indicadores básicos según lo expuesto en el marco referencial en la sección [2.2](#).

6.1. Estimación de datos

Al finalizar el capítulo [4](#), se desarrolló una visualización tabulada del aproximado, según la literatura, de la gravedad y las pérdidas de energía por tipo de falla encontrada. Un resumen integrando los tres reportes que conforman la base de datos de referencia se muestra en la tabla [6.1](#). Esta tabla permite observar que las fallas que generan mayor porcentaje de pérdidas y son de mayor gravedad son la degradación PID, las fisuras, hot spots, la desconexión de celdas, la suciedad y la exposición a sombra.

Defecto	Gravedad (1-5)	% Pérdidas
Área sombreada (EL)	1	1-5
Brown marks	1	0
Caja de conex.	2	1-10
Corrosión	1-2	1-5
Decoloración (encaps.)	1-2	0
Delaminación frontal	1-2	1-5
Delaminación backsheet	3-5	1-5
Desconexión	5	1-100
Envejecim. encaps.	1-5	-
Fisuras	2-4	2-10
Hot spots	3-5	1-10
Interrupciones (EL)	1-3	1-5
PID	1-5	5-20
Puntos negros (EL)	1	0
Rayaduras	1	0
Sombras	3-5	5-30
Suciedad	3	2-20
Vidrio quebrado	2	0

Tabla 6.1: Resumen de defectos comunes y sus consecuencias

En el sector analizado del Complejo Solar (en funcionamiento) presenta fisuras, hot spots, suciedad y la posibilidad de exposición a sombras. Aún cuando, según lo establecido por el Task 13 sobre la fiabilidad y rendimiento de los sistemas fotovoltaicos en [26], actualmente no implican mayor pérdida en la escala global del sistema debido al porcentaje de paneles a los que se les encuentran anomalías térmicas, según los hallazgos realizados por inspección UV, se observa una gran cantidad de fisuras que pueden generar fallas a largo plazo y necesitarán ser monitoreadas así como el mantenimiento para disminuir la suciedad y las sombras.

El SESLab, mediante sus planes de mantenimiento, logró la visualización de la producción en un período de 3 años donde se observa tanto la generación de energía, como la reducción de costos de facturas energéticas y el restablecimiento de valores de producción una vez que se limpiaron los módulos. Esto se puede visualizar en los gráficos que se muestran a continuación que son de autoría del personal encargado del SESLab.



Figura 6.1: Gráfica de representación de la generación mensual durante 3 años consecutivos. Fuente: SESLab.

Año	Producción anual		Ahorro	
	kWh/año	c79,98/kWh	tipo de cambio a c502	
2017	26.810,0	c2.144.263,80	\$4.271,44	
2018	34.764,3	c2.780.448,71	\$5.538,74	
2019	36.899,5	c2.951.222,01	\$5.878,93	
2020	64.743,2	c5.178.161,14	\$10.315,06	
2021	337.492,2	c26.992.626,16	\$53.770,17	
2022	443.130,0	c35.441.537,40	\$70.600,67	
2023	402.420,0	c32.185.551,60	\$64.114,64	
2024	311.110,0	c24.882.577	\$49.566,89	
Total	1.657.369,2	c132.556.388,62	\$264.056,55	

Tabla 6.2: Estimado de ahorro por año a factura eléctrica por la producción solar. Fuente: SESLab.

Para estimar los datos actuales, se aproximan los porcentajes de pérdida según lo encontrado en el capítulo anterior, por lo que inicialmente solo se tomará en cuenta las terrazas 1 y 2. Las consideraciones aplicadas en el cálculo son las siguientes:

1. Hay una degradación anual del 0,8%, por lo que a 6 años de servicio se considera una pérdida irreversible del 4,8% global.
2. Terraza 1:
 - 5 módulos con -1% por calentamiento en la caja de conexiones
 - 3 módulos con -1% por hot spots encontrados

- -2% global por suciedad
- -2% global por fisuras (dada la conclusión de que todos presentan)

3. Terraza 2:

- 15 módulos con -2% por calentamiento en la caja de conexiones (uno de 330 W y 14 de 345 W)
- 1 módulo con -1% por hot spot encontrado
- 14 módulos con -5% por sombra (todos de 330 W)
- 1 módulo con -1% por desconexión de componentes (330 W)
- -2% global por suciedad
- -2% global por fisuras (dada la conclusión de que todos presentan)

Terraza 1	Mod. afect.	Aprox. global (%)	Terraza 2	Mod. afect.	Aprox. global (%)
Caja conex.	5	0,0357	Caja conex.	15	0,219
Hot spots	3	0,0214	Hot spots	1	0,007
			Sombra	14	0,49
			Desconexión	1	0,007
Suciedad		2	Suciedad		2
Fisuras		2	Fisuras		2
Servicio		4,8	Servicio		4,8
Total		8,86	Total		9,03
Capacidad nominal (kW)		46,2	Capacidad nominal (kW)		47,1
Pérdidas (kW)		4,09	Pérdidas (kW)		4,25
Capacidad real (kW)		42,11	Capacidad real (kW)		42,85

Tabla 6.3: Estimación de pérdidas según los hallazgos reales

El cálculo del escenario anterior es considerando el más favorable de irradiancia y temperatura y las pérdidas implican un bajo valor dentro del rango del porcentaje típico de la tabla 6.1. Para calcular la implicación económica de los resultados anteriores se realiza un análisis anual, suponiendo que no exista fluctuación de tarifa y las pérdidas se mantengan constantes en el año. Las consideraciones aplicadas en el cálculo son las siguientes:

- Se refleja únicamente la producción de las terrazas 1 y 2.
- Se toma el promedio de 5,2 horas sol efectivas para los 365 días del año.
- El rubro de energía anual no contempla eficiencia del sistema, dado que se integrarán las pérdidas estimadas del sistema.

- Se utiliza la tarifa promedio expuesta por la ARESEP (79,98 c/kWh).
- El porcentaje de pérdida de todo el sistema no se calcula como la suma de los dos porcentajes, sino el porcentaje que representa al sumar los kWh, lo que corresponde a 8,94%.

$$E_{anual} = P_{nom} \times h_{sol} \times 365das \quad (6.1)$$

$$E_{anual} = 93,3kW \times 5,2h \times 365das \quad (6.2)$$

$$E_{anual} = 177083,4kWh/anual \quad (6.3)$$

$$E_{perdida} = E_{anual} \times \frac{\%perdida}{100} \quad (6.4)$$

$$E_{perdida} = 177100kWh/anual \times \frac{8,94\%}{100} \quad (6.5)$$

$$E_{perdida} = 15832,74kWh/anual \quad (6.6)$$

$$\$_{anual} = E_{perdida} \times 79,98c/kWh \quad (6.7)$$

$$\$_{anual} = 15850kWh \times 79,98c/kWh \quad (6.8)$$

$$c_{anual} = c1267683 \quad (6.9)$$

La pérdida económica de las condiciones encontradas es de c1.267.700 al año, si las condiciones permanecen constantes y dejando fuera escenarios desfavorables que no dependen del mantenimiento, tal como la irradiancia. Sin embargo, se sabe que la producción no es constante durante todo el año (como en época de invierno) y algunas condiciones pueden variar como la suciedad, degradación, fallas inesperadas, etc. Para contemplar lo anterior, se analiza la siguiente sección. Al realizar el cálculo inverso, se encuentra que la ganancia de la generación contemplando la eficiencia actual es de c12.896.800.

La pérdida que implica tener la terraza 3 fuera de funcionamiento (capacidad nominal de 52,6 kW) es de 100.000 kWh/año y c7.985.000.

6.2. Proyección de datos

En esta sección se proyectan los datos a diferentes escenarios incluyendo una producción estimada de la terraza 0, aumento de los daños, incremento del tiempo en servicio, ampliación de la capacidad instalada (paneles de donación) y escala a un parque solar industrial. Todas siguen bajo el promedio de 79,98 c/kWh.

6.2.1. Complejo Solar

Aumento de las condiciones desfavorables

Se consideran condiciones desfavorables el aumento en hallazgos y su gravedad. Dado que todo el sistema sostiene un equilibrio muy delicado, el aumento de una de las variables puede desencadenar el aumento en otras que puedan asociarse, tómesese de referencia la siguiente situación de ejemplo si se da una disminución del mantenimiento del parque:

1. Aumentan parámetros de suciedad y sombra.
2. Aumentan las celdas calientes y la cantidad de cajas de conexión que activan diodos de bypass.
3. El calentamiento de componentes induce un aumento en la degradación de encapsulante y/o backsheet que implica exposición a contaminantes y humedad, además de que aumenta el riesgo de fisuras y corrosión en las celdas.
4. Un aumento de daños en celdas y diodos de bypass pueden implicar degradación PID, afectación de celdas y módulos adyacentes.

La enumeración anterior contempla los pasos más evidentes de daño por la exposición prolongada a condiciones desfavorables, lo cual puede actuar como un bucle que termina por degradar la totalidad del sistema e implicar aspectos tanto energéticos, como económicos y de seguridad. Para realizar el análisis se puede dar alguna de tres condiciones: aumenta la cantidad de paneles afectados con el mismo porcentaje de pérdida, aumenta el porcentaje de pérdidas en los paneles ya afectados, hay un aumento mixto, es decir, aumenta tanto la cantidad de paneles afectados como el porcentaje de pérdida.

Para el primer escenario, donde se aumenta la cantidad de paneles afectados con el mismo porcentaje, al aumentar la suciedad a un 5%, lo que incide en los rubros de caja de conexiones y hot spots la tabla de estimación puede resultar de la siguiente manera:

Terraza 1	Mod. afect.	Aprox. global (%)	Terraza 2	Mod. afect.	Aprox. global (%)
Caja conex.	10	0,071	Caja conex.	20	0,29
Hot spots	6	0,043	Hot spots	3	0,021
			Sombra	14	0,49
			Desconexión	1	0,007
<hr/>			<hr/>		
Suciedad		5	Suciedad		5
Fisuras		2	Fisuras		2
Servicio		4,8	Servicio		4,8
<hr/>			<hr/>		
Total		11,91	Total		12,11
Capacidad nominal (kW)		46,2	Capacidad nominal (kW)		47,1
Pérdidas (kW)		5,50	Pérdidas (kW)		5,70
Capacidad real (kW)		40,70	Capacidad real (kW)		41,40

Tabla 6.4: Estimación de pérdidas al aumentar la cantidad de paneles afectados, mismo porcentaje de daño.

Esto significa un porcentaje de pérdidas del 12% en total y, siguiendo las ecuaciones de la 4.1 a la 4.9, una pérdida anual de c1.703.600, es decir, c435.900 más que las pérdidas estimadas en la condición actual.

Para el segundo escenario, aumentando el porcentaje de daño en la misma cantidad de paneles afectados, al aumentar la suciedad a un 5%, la tabla de estimación puede resultar de la siguiente manera:

Terraza 1	Mod. afect.	Aprox. global (%)	Terraza 2	Mod. afect.	Aprox. global (%)
Caja conex.	5	0,11	Caja conex.	15	0,329
Hot spots	3	0,0643	Hot spots	1	0,021
			Sombra	14	0,49
			Desconexión	1	0,007
Suciedad		5	Suciedad		5
Fisuras		2	Fisuras		2
Servicio		4,8	Servicio		4,8
Total		11,97	Total		12,15
Capacidad nominal (kW)		46,2	Capacidad nominal (kW)		47,1
Pérdidas (kW)		5,53	Pérdidas (kW)		5,72
Capacidad real (kW)		40,67	Capacidad real (kW)		41,38

Tabla 6.5: Estimación de pérdidas al aumentar la cantidad de paneles afectados, mismo porcentaje de daño.

Esto significa un porcentaje de pérdidas del 11,25 % en total y, siguiendo las ecuaciones de la 4.1 a la 4.9, una pérdida anual de c1.595.600, es decir, c327.900 más que las pérdidas estimadas en la condición actual.

En el tercer escenario, donde aumenta el porcentaje de daño y el número de módulos afectados, al aumentar la suciedad a un 5 %, la tabla de estimación puede resultar de la siguiente manera:

Terraza 1	Mod. afect.	Aprox. global (%)	Terraza 2	Mod. afect.	Aprox. global (%)
Caja conex.	10	0,214	Caja conex.	20	0,436
Hot spots	6	0,129	Hot spots	3	0,063
			Sombra	14	0,49
			Desconexión	1	0,007
Suciedad		5	Suciedad		5
Fisuras		2	Fisuras		2
Servicio		4,8	Servicio		4,8
Total		12,14	Total		12,30
Capacidad nominal (kW)		46,2	Capacidad nominal (kW)		47,1
Pérdidas (kW)		5,61	Pérdidas (kW)		5,79
Capacidad real (kW)		40,59	Capacidad real (kW)		41,31

Tabla 6.6: Estimación de pérdidas al aumentar la cantidad de paneles afectados, mismo porcentaje de daño.

Esto significa un porcentaje de pérdidas del 12,22% en total y, siguiendo las ecuaciones de la 4.1 a la 4.9, una pérdida anual de c1.730.800, es decir, c463.100 más que las pérdidas estimadas en la condición actual.

Producción total (contemplando Terraza 0)

La terraza 0 tiene una capacidad instalada aproximada de 41,4 kW. Según la estimación de las terrazas 1 y 2, en promedio hay 9% de pérdidas por terraza, lo que implica una pérdida de 3,72 kW para la terraza 0, por lo tanto, se puede considerar una capacidad real de 37,68 kW. En tal caso se obtiene:

	Terraza 0	Terraza 1	Terraza 2
% pérdidas	9	8,86	9,03
Cap. nominal	41,4 kW	46,2 kW	47,1 kW
Pérdidas	3,72 kW	4,09 kW	4,25 kW
Cap. real	37,68 kW	42,11 kW	42,85 kW
Total nominal	134,7 kW	Total real	122,64 kW
	Pérdida global	8,95%	

Tabla 6.7: Capacidad entre terrazas 0, 1 y 2

Aprovechando 5,2 horas sol al día por 365 días, se tiene una generación anual nominal de 255.660 kWh/añual, considerando la pérdida global de 8,95% y la tarifa promedio, en las condiciones actuales se

pierden aproximadamente c1.831.550 por los hallazgos actuales y proyectados del estado del parque.

Proyección al servicio de 10 años (2029)

Si se contempla un adecuado mantenimiento de las tres terrazas en funcionamiento que permita mantener constantes las pérdidas por fallas detectadas, con la degradación del 0,8 % anual, se espera que en 10 años la generación se comporte de la siguiente manera:

	Terraza 0	Terraza 1	Terraza 2
% pérdidas	12	12,06	12,23
Cap. nominal	41,4 kW	46,2 kW	47,1 kW
Pérdidas	4,97 kW	5,57 kW	5,76 kW
Cap. real	36,43 kW	40,63 kW	41,34 kW
Total nominal	134,7 kW	Total real	118,40 kW
Pérdida global		12,1 %	

Tabla 6.8: Capacidad entre terrazas 0, 1 y 2

Aprovechando 5,2 horas sol al día por 365 días, se tiene una generación anual nominal de 255.660 kWh/añual, considerando la pérdida global de 12,1 % y la tarifa promedio, manteniendo las condiciones actuales se perderán aproximadamente c2.479.380 por los hallazgos y la degradación natural al cumplir 10 años en servicio. Al final de su vida útil, es decir, a 25 años (2044) se encontraría una pérdida global del 24 % implicando c4.926.770 anuales que se dejarán de producir, sin tomar en cuenta el avance de los daños encontrados, únicamente la degradación anual, la cual también tiende al aumento pasadas las primeras 1000 h.

6.2.2. Paneles de donación

En total hubo una donación de 60 paneles solares, de los cuales 5 están quebrados y por tanto se descartaron. El equipo del SESLab realizó una revisión termográfica de los 55 restantes y determinaron un promedio de 6 celdas calientes por panel, lo que empieza a indicar degradación y daño irreversible. PID se asocia con un porcentaje de pérdidas entre el 5 y el 20 % y, dado que ya tienen una degradación de entre un 10 % y un 29 % en la muestra analizada, se encontró que no será mayor beneficio colocar más capacidad si se generarán pérdidas adicionales.

6.2.3. Parque solar industrial

Costa Rica actualmente no presenta una penetración importante de parques solares en su red eléctrica. Actualmente el de mayor capacidad corresponde al Parque Solar Cooperativo de COOPELESCA, que utiliza la modalidad de pastoreo solar (pastoreo de ovejas dentro del recinto del parque). Su capacidad instalada actual es de 5 MW con 19.000 módulos. Si se consideran las pérdidas del 9 % actuales en el Complejo del TEC y se escalan a un 9 % de pérdidas en la producción de los 5 MW, se obtiene una pérdida de 0,45 MW o 450kW, lo que equivale a una pérdida anual de 854.100 kWh implicando una pérdida de c38.605.320 al año (bajo la tarifa por generación de COOPELESCA según ARESEP).

Honduras actualmente tiene el parque solar más grande de Centroamérica, con una capacidad instalada al 2020 de 516 MW. Una pérdida del 9 % significan 46,44 MW o 46.440 kW, con un promedio de 7 horas

sol efectivas [35], responde a una pérdida de 119.000.000 kWh o 119.000MWh, que para la legislación hondureña, con un costo base de generación de la energía solar de 142,18 \$/MWh [36], responde a una pérdida anual de \$17.000.000.

Bajo la existencia de fallas en un sistema fotovoltaico, conociendo que la reparación de un módulo es limitada, se debe tomar la decisión de estudiar si es rentable el reemplazo de los módulos dañados o seguir trabajando bajo una capacidad limitada hasta superar un porcentaje de generación bajo. Para el caso del SESLab, conociendo los precios del mercado de los módulos fotovoltaicos, la inversión probablemente no sea la mejor, por lo que lo recomendable será utilizarlos hasta agotar su vida útil o reemplazarlo entre cadenas para limitar la menor cantidad de generación posible. En el caso de los parques solares industriales, al observar que, un porcentaje "pequeño" que se está desaprovechando implica una pérdida económica de gran magnitud, se deben asegurar estrategias de mantenimiento que garanticen la disponibilidad del sistema al máximo, dando gran importancia a la limpieza de los módulos.

6.3. Establecimiento de KPIs

Observando los resultados de las secciones anteriores y contemplando el estado actual del Complejo, se recomienda el uso de KPIs como los sugeridos por la IEA que se consideran de carácter mundial. Los indicadores técnicos más importantes que se pueden utilizar son:

- Razón de desempeño
- Disponibilidad
- Razón de Suciedad
- Tasa de degradación
- Tiempo de respuesta de Mantenimiento

Mientras que el KPI financieros aplicable será la Tasa Interna de Retorno.

Adicionalmente, se recomienda también el uso de KPIs direccionados a la operación y mantenimiento de la planta. [37] hace un recuento de los KPIs de O&M más importante aplicables a las plantas solares. Entre ellos se pueden utilizar:

- Índice de Mantenimiento Correctivo
- Energía perdida en mantenimiento correctivo
- Factor de severidad de falla
- Disponibilidad de repuestos
- MTTR y MTBF

Capítulo 7

Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

Al analizar los patrones de fallas de los sistemas fotovoltaicos mediante las cuatro técnicas aplicadas se encontró que existen hallazgos que solamente implican defectos visuales y no afectan el rendimiento del panel. La técnica de electroluminiscencia es la prueba aplicada más completa y que implica un análisis más profundo y certero, sin embargo, implica altos costos de equipo que pueden no estar a disposición además de la necesidad de desmontar el panel, inyección de corriente y entorno de dark room. Por otra parte, la termografía IR detecta algunas de las fallas que pueden reconocerse mediante electroluminiscencia, como celdas oscurecidas, PID, fisuras graves, funcionamiento anormal de las celdas, entre otros. Además, la técnica de fluorescencia UV, evidencia menos que la termografía, no obstante, en la mayoría de los casos se pudo asociar evidencia UV con fisuras en EL, por lo que se puede complementar IR y UV para prescindir de EL en los casos donde no esté disponible esta técnica y emitir un diagnóstico aproximado con precisión aceptable.

Cuando se evalúan los patrones encontrados contra la literatura, se concluyó que realmente los daños se pueden interrelacionar entre las diferentes técnicas de inspección, pero lo mejor será realizar la mayor cantidad de pruebas posibles. Algunos de los hallazgos analizados pueden no implicar una falla por sí mismos, pero sí pueden ser el inicio de alguna otra, como el ingreso de humedad que genere corrosión y sobrecalentamiento. Adicional a la revisión de la literatura, de forma experimental se encontró que el impacto que puede generar una sombra puede llegar a ser grave con tan solo unos minutos de exposición, no obstante, no para todos los módulos se obtiene el mismo efecto.

Durante el diagnóstico del Complejo Solar TEC se encontró que el estado general del parque solar es mejor del esperado. Bajo condiciones favorables de irradiancia y temperatura, no se deben presentar más de 10% de pérdidas de energía. No obstante, existen módulos a los que se les debe seguir monitoreando dado que ya presentan anomalías térmicas y pueden empeorar en PID si no se tiene un adecuado protocolo de revisión y mantenimiento. Dentro de las condiciones favorables para no presentar pérdidas en exceso se debe tomar en cuenta la temperatura del panel, la cual incrementa en presencia de suciedad y sombra, por lo que deben agendarse mantenimientos periódicos dado que las condiciones del entorno facilitan la acumulación de suciedad. Es necesario encontrar la forma de monitorear las fisuras que presentan los módulos, dado que, según la muestra analizada, se encontrarán en promedio 7 u 8 fisuras por módulo que pueden degradar aceleradamente la condición del panel, implicar calentamiento, y por tanto un aumento exponencial en las pérdidas a largo plazo. Los módulos de donación inspeccionados son una muestra muy pequeña en comparación a la población total, sin embargo, de los 6 módulos analizados, todos presentan degradación térmica que implica un riesgo eléctrico y una generación reducida, por lo que no se recomienda su uso.

Posterior a los reportes de hallazgos realizados en el parque solar de la institución, se realizaron los análisis de datos técnicos y financieros. Se confirmó la estimación de que las pérdidas no superaron el 10 %. Este porcentaje específicamente para el Tecnológico de Costa Rica es favorable, sin embargo, escalado a parques industriales puede generar una gran cantidad de dinero que no se genera, como puede ser el caso del parque solar más grande de Centroamérica, ubicado en Honduras. Volviendo al estado del Complejo Solar TEC, es importante establecer los indicadores de ambos rubros para obtener una métrica del desempeño y no solo una aproximación. Los indicadores de mantenimiento son igual de importantes que los técnicos y financieros, puesto que un buen mantenimiento puede mantener constante el desempeño y retrasar la degradación.

7.2. Recomendaciones

El aprovechamiento del tiempo durante las sesiones de prueba es sumamente importante, por lo que se recomienda asignar previamente labores a los asistentes durante la extensión de las pruebas, con el fin de no entorpecer el procedimiento y agilizar la prueba.

Debido a que existen muchas condiciones externas para la realización de las pruebas bajo los lineamientos normativos, como la nubosidad, cantidad de irradiancia o temperatura, se recomienda realizar este tipo de diagnósticos durante período de verano, esto para no tener retrasos o resultados inválidos por estas condiciones.

Si se desea realizar a futuro algún proyecto similar o se decide realizar periódicamente una revisión del estado de los módulos, se recomienda ampliar la cantidad de muestras de la prueba UV y que, de esta forma, el promedio estimado de fisuras encontradas esté mejor ajustado.

Al Tecnológico de Costa Rica y, en este caso, el SESLab, se les recomienda crear una cultura de mantenimiento y monitoreo que permita condiciones favorables para la vida útil del equipo y seguir aprovechando el ahorro en la factura de energía eléctrica. Paralelo a esto es necesario establecer un parámetro para interpretar si el mantenimiento y el estado del equipo es apropiado, por lo que se deberán establecer KPIs que permitan una métrica de los datos.

Las pruebas de termografía y fluorescencia son un excelente método para el análisis del estado del equipo, sin embargo, la única prueba definitiva para evaluar el rendimiento energético es mediante los parámetros eléctricos, obtenidos con el trazador de curvas I-V. Dado que ya se cuenta con el equipo, se recomienda la compra del equipo de protección personal para poder realizar pruebas a las cadenas conectadas al sistema y no limitar el estudio a los paneles fuera de funcionamiento.

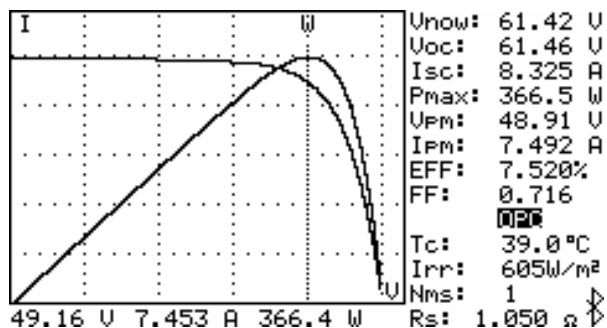
Se recomienda finalmente integrar más estudiantes de Mantenimiento Industrial o bien el planteamiento de algunos Trabajos Finales de Graduación que, a partir de los datos obtenidos mediante este trabajo, se enfoque en la creación de un plan o estrategia de mantenimiento que le facilite las labores al SESLab. Al igual que un trabajo de monitoreo de las variables eléctricas por cada módulo y la creación de equipo que permita la realización de varias pruebas en conjunto (IR, EL y UV) y facilite el estudio de la condición e integridad de los módulos.

Anexo A

Guía de lectura de curvas: PROVA 1011

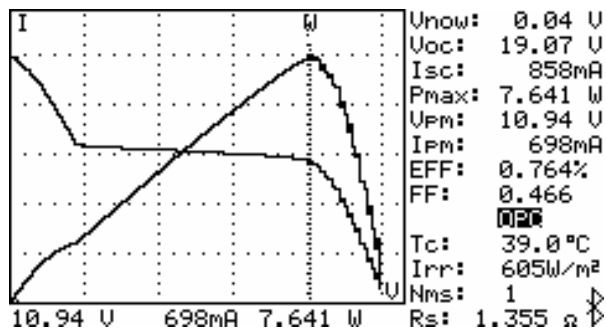
C. Maintenance of Solar Panels

Normal I-V Curve



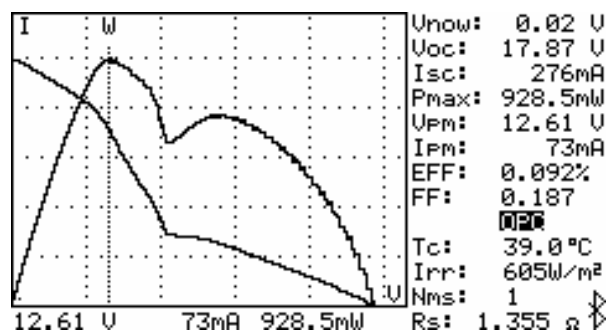
Abnormal I-V Curve

(Cells at the corner of solar panel are defected)



Abnormal I-V Curve

(Defected cells scattered over the solar panel)

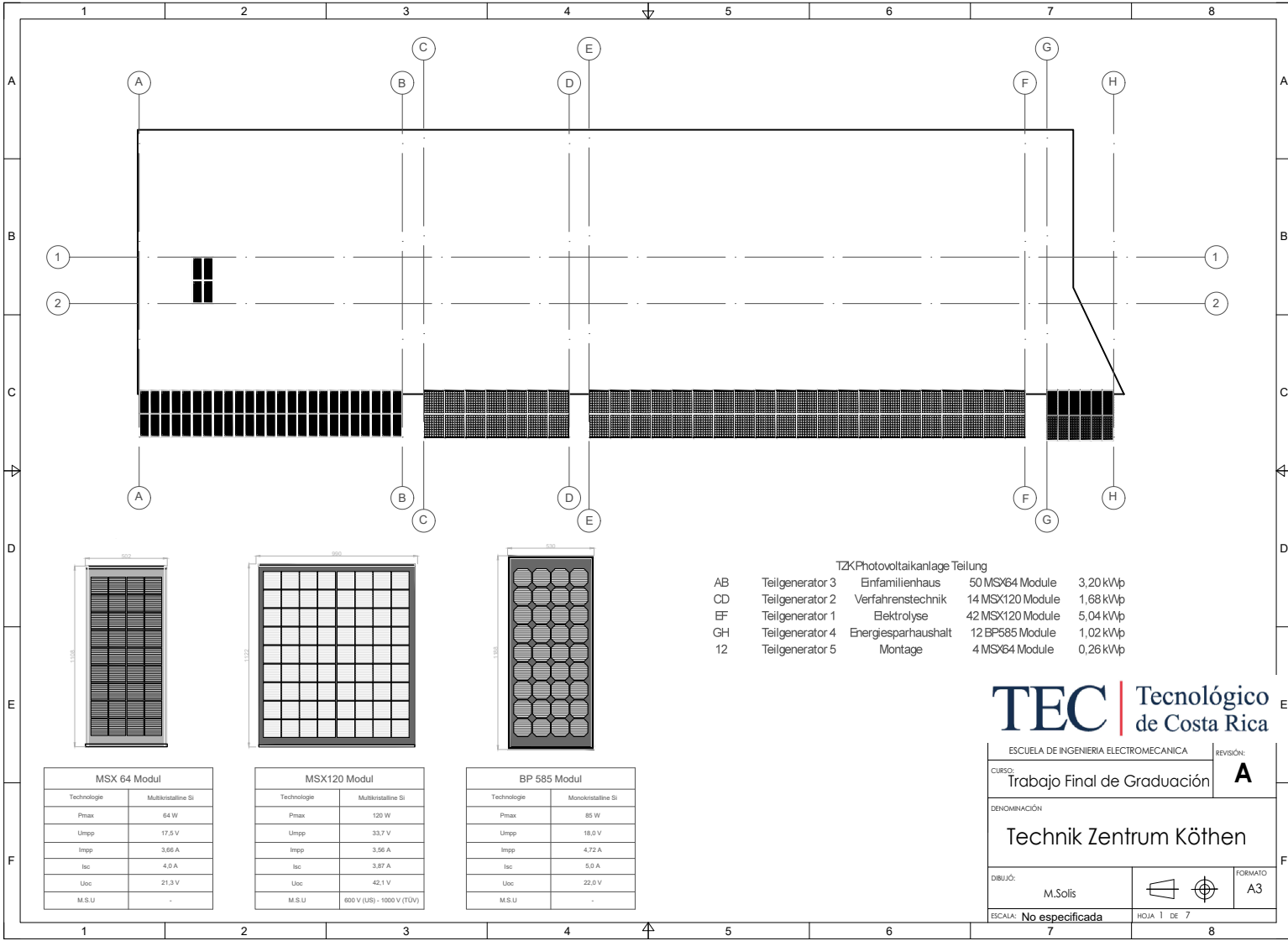


Maintenance engineers can store the characteristics data of solar panels in the beginning. And compare the characteristics data in weekly, monthly or yearly maintenances. If the characteristics of any solar panels are different from the previous data, maintenance engineers can further identify the problems of solar panels.

For example, if any cells of solar panels are damaged, the I-V curve would be very different from a typical curve. If the solar panels are covers by a lot of dust, the I-V curve or the max. power would be much lower than previously stored data. Once defected panels are found, maintenance engineers can replace them with new panels.

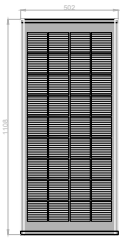
Apéndice A

Plano de distribución Technik Zentrum Köthen (TZK)

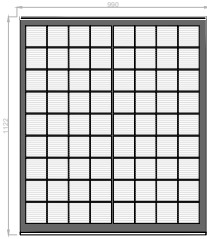


TZK Photovoltaikanlage Teilung

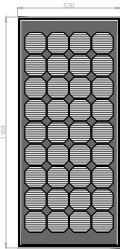
AB	Teilgenerator 3	Einfamilienhaus	50 MSX64 Module	3,20 kWp
CD	Teilgenerator 2	Verfahrenstechnik	14 MSX120 Module	1,68 kWp
EF	Teilgenerator 1	Elektrolyse	42 MSX120 Module	5,04 kWp
GH	Teilgenerator 4	Energiesparhaushalt	12 BP585 Module	1,02 kWp
12	Teilgenerator 5	Montage	4 MSX64 Module	0,26 kWp



MSX 64 Modul	
Technologie	Multikristalline Si
P _{max}	64 W
U _{mpp}	17,5 V
I _{mpp}	3,66 A
I _{sc}	4,0 A
U _{oc}	21,3 V
M.S.U	-



MSX120 Modul	
Technologie	Multikristalline Si
P _{max}	120 W
U _{mpp}	33,7 V
I _{mpp}	3,56 A
I _{sc}	3,87 A
U _{oc}	42,1 V
M.S.U	600 V (US) - 1000 V (TDV)



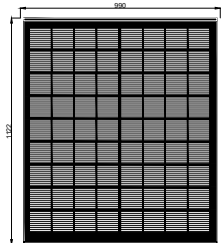
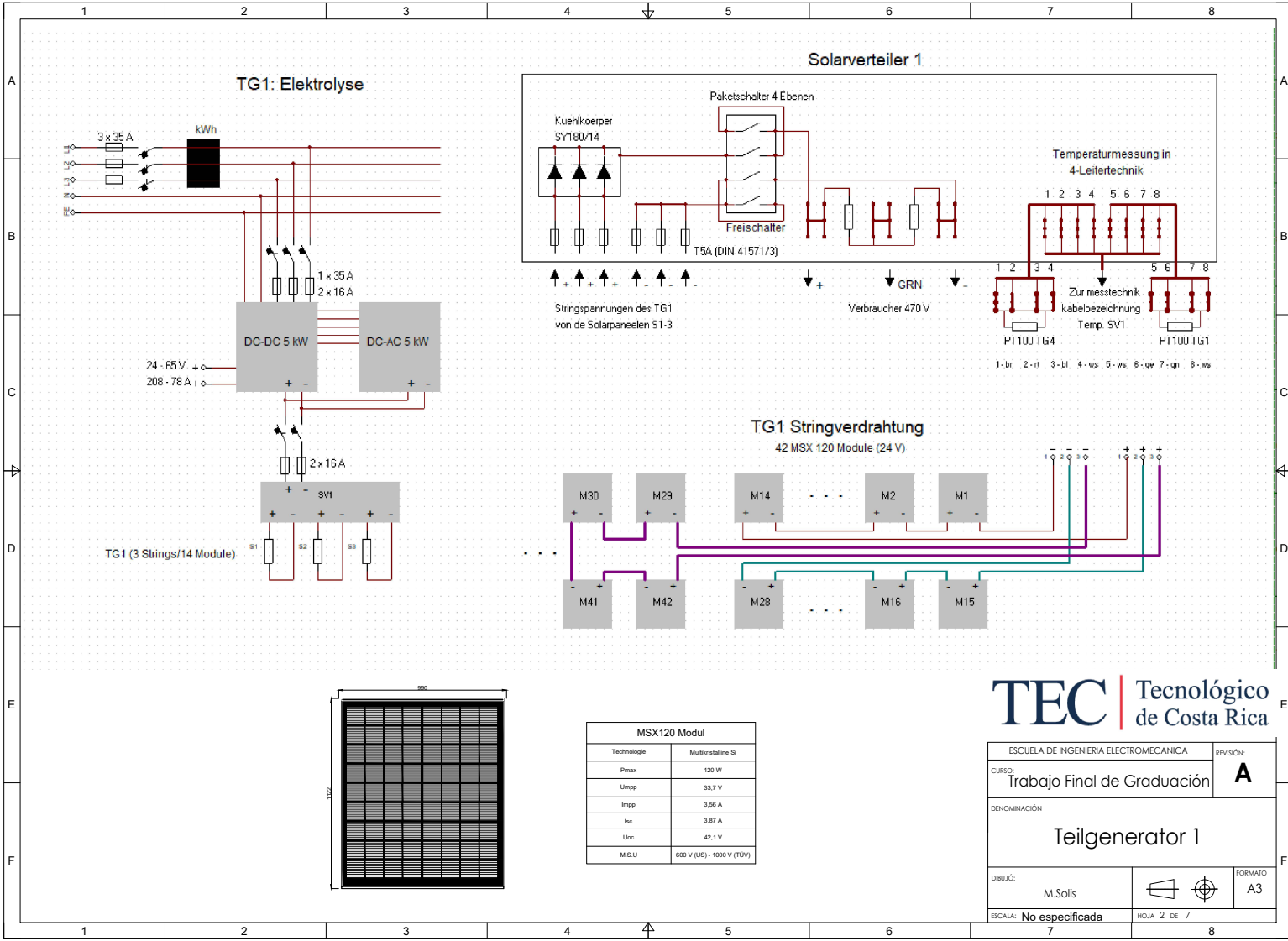
BP 585 Modul	
Technologie	Monokristalline Si
P _{max}	85 W
U _{mpp}	18,0 V
I _{mpp}	4,72 A
I _{sc}	5,0 A
U _{oc}	22,0 V
M.S.U	-

TEC | Tecnológico de Costa Rica

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA		REVISIÓN: A
CURSO: Trabajo Final de Graduación		
DENOMINACIÓN: Technik Zentrum Köthen		
DIBUJO: M.Solis		FORMATO: A3
ESCALA: No especificada		HOJA 1 DE 7

Apéndice B

Plano de distribución Teilgenerator 1: Einfamilienhaus



MSX120 Modul	
Technologie	Monokristalline Si
P _{max}	120 W
U _{mpp}	33,7 V
I _{mpp}	3,56 A
I _{sc}	3,87 A
U _{oc}	42,1 V
M.S.U	600 V (US) - 1000 V (10V)

TEC | Tecnológico de Costa Rica

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA

CURSO: Trabajo Final de Graduación

REVISION: **A**

DENOMINACION: Teilgenerator 1

FORMATO: A3

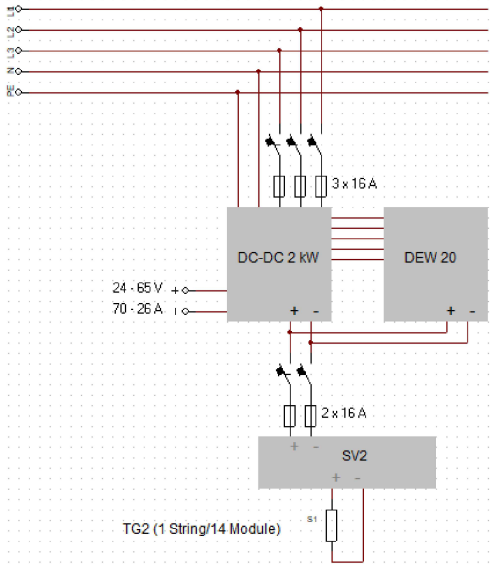
ESCALA: No especificada

HOJA 2 DE 7

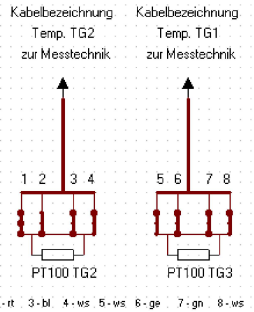
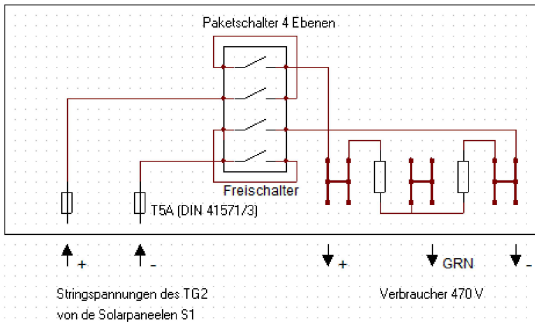
Apéndice C

Plano de distribución Teilgenerator 2: Verfahrenstechnik

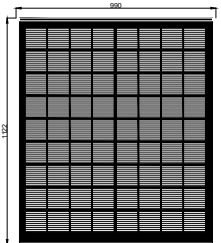
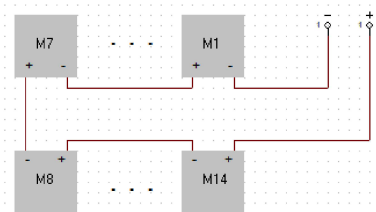
TG2: Verfahrenstechnik



Solarverteiler 2



TG2 Stringverdrahtung



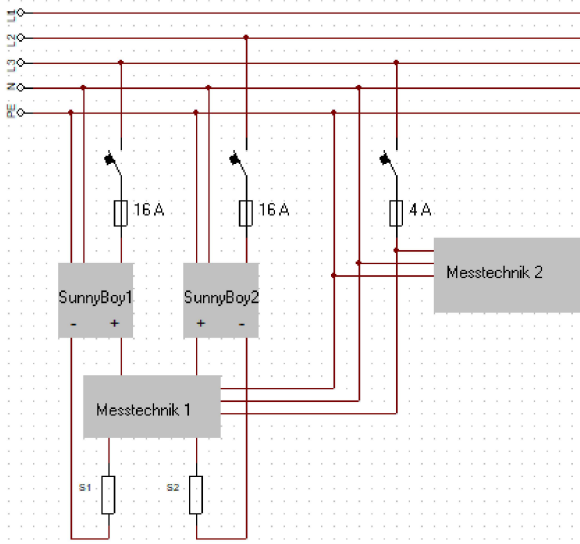
MSX120 Modul	
Technologie	Multikristalline Si
P _{max}	120 W
U _{mpp}	33,7 V
I _{mpp}	3,56 A
I _{sc}	3,97 A
U _{oc}	42,1 V
M.S.U	600 V (US) - 1000 V (TÜV)

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA		REVISIÓN:
CURSO: Trabajo Final de Graduación		A
DENOMINACIÓN: Teilgenerator 2		
DIBUJO: M.Solis		FORMATO: A3
ESCALA: No especificada	HOJA 3 DE 7	

Apéndice D

Plano de distribución Teilgenerator 3: Elektrolyse

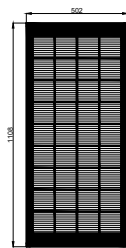
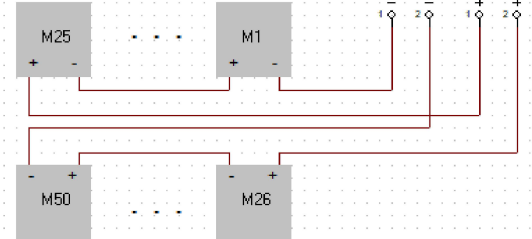
TG3: Einfamilienhaus



TG3 (2 String/25 Module)

TG3 Stringverdrahtung

50 MSX 64 Module (6 V)



MSX 64 Modul	
Technologie	Multikristalline Si
P _{max}	64 W
U _{mpp}	17,5 V
I _{mpp}	3,66 A
I _{sc}	4,0 A
U _{oc}	21,3 V
M.S.U	-

TEC | Tecnológico de Costa Rica

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA

CURSO: Trabajo Final de Graduación

REVISIÓN: **A**

DENOMINACIÓN:

Teilgenerator 3

DIBUJO: M.Solis



FORMATO: A3

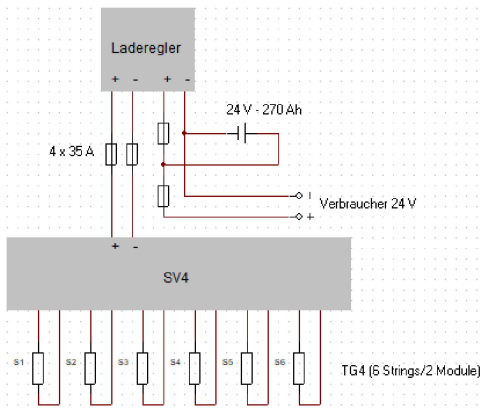
ESCALA: No especificada

HOJA 4 DE 7

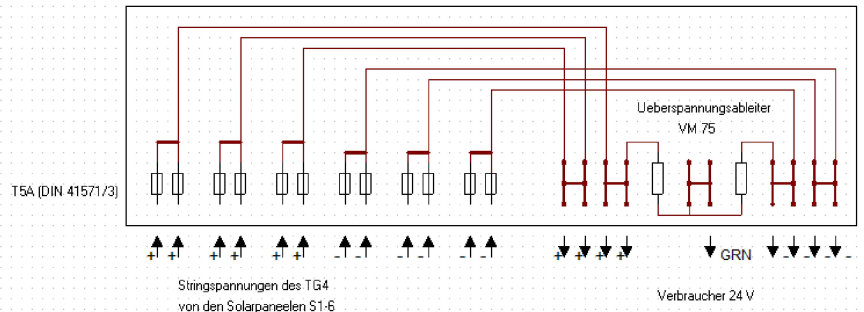
Apéndice E

Plano de distribución Teilgenerator 4: Energiesparhaushalt

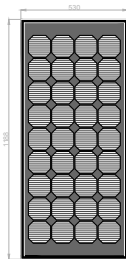
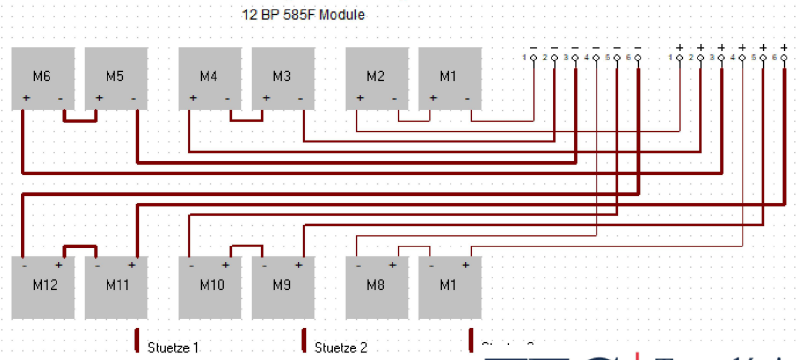
TG4: Energiesparhaushalt



Solarverteiler 4



TG4 Stringverdrahtung



BP 585 Modul	
Technologie	Monokristalline Si
P _{max}	85 W
U _{mpp}	18,0 V
I _{mpp}	4,72 A
I _{sc}	5,0 A
U _{oc}	22,0 V
M.S.U.	-

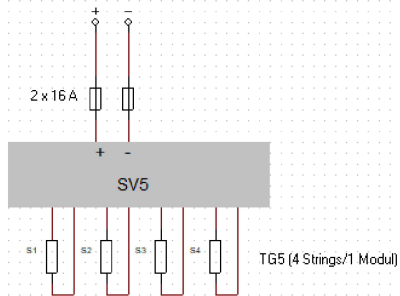
TEC | Tecnológico de Costa Rica

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA		sección:
CURSO: Trabajo Final de Graduación		A
DENOMINACIÓN: Teilgenerator 4		
DIBUJO: M.Solis		FORMATO: A3
ESCALA: No especificada	HOJA 5 DE 7	

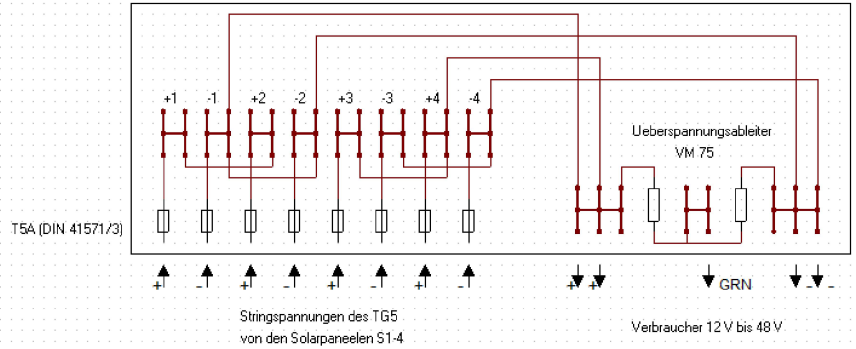
Apéndice F

Plano de distribución Teilgenerator 5: Montage

TG5: Montage

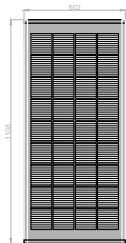
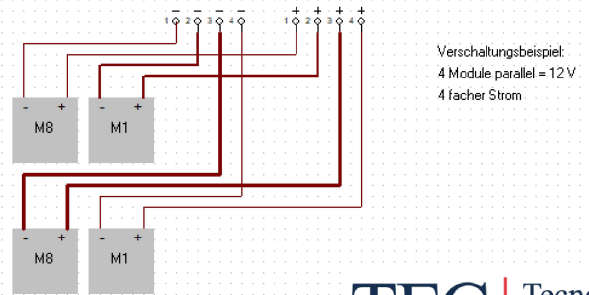


Solarverteiler 5



TG5 Stringverdrahtung

4 MSX64 Module



MSX 64 Modul	
Technologie	Monokristalline Si
P _{max}	64 W
U _{mpp}	17,5 V
I _{mpp}	3,66 A
I _{sc}	4,0 A
U _{oc}	21,3 V
M.S.U	-

TEC | Tecnológico de Costa Rica

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA		REVISIÓN:
CURSO: Trabajo Final de Graduación		A
DENOMINACIÓN: Teilgenerator 5		
DIBUJO: M.Solis		FORMATO: A3
ESCALA: No especificada	HOJA 6 DE 7	

Apéndice G

Reporte 1

Resumen

Inspección						
Ítem	Hallazgos IV	Hallazgos IR	Hallazgos EL	Hallazgos UV	Desempeño eléctrico	Rating
LAB1	3	2	4	1	33%	R
LAB2	3	1	2	1	-	-
LAB3	3	1	3	1	-	-
TZK5-1	7	3	3	2	91%	A
TZK5-2	3	3	5	2	93%	A
TZK5-3	7	2	2	2	48%	R
TZK5-4	1	3	4	2	95%	V

*Rating: B- Blanco: buen estado, V – Verde: en condiciones de operación, A – Amarillo: programar revisión y/o mantenimiento, R – Rojo: prioridad de mantenimiento.

Resultados generales: El telegenerador 5 compuesto por 4 paneles de 64 W presenta una pérdida del 18% de la energía esperada (46,42 W). Las fisuras y daño PID son las más importantes tras la desconexión total de celdas.

Nota: el rating final se basa en las pérdidas y no en la cantidad de hallazgos, dado que se encuentran no concluyentes por sí solos (pueden sólo ser defectos visuales).

Condición de panel

Ítem: LAB 1 Fecha: 12/3/2025 Hora: 2:00 pm N. Prueba: 1

Nubosidad: - Viento: - Irradiancia: - Suciedad: -

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: -

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocrystalino

Certificación: -

Marca: - Modelo: - N° serie: -

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: -

P_{max} : - V_{oc} : 43,5 V I_{sc} : 3,45 A V_{mp} : 35 V I_{mp} : 3,15 A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/>	_____

Observaciones: Junction box parte central superior, etiqueta de datos central.

Códigos de imagen: LAB1-P1-2-Tr-IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Doblado	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>Parte inferior (todo fila 12)</u>
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>General</u>
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: LAB1-P1- 3-Fr-IV / LAB1-P1- 4- Fr-IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

- Cableado y Conectores Junction box Combiner box Inversor Diodos
- Puesta a tierra Fingers Buses Batería DC-DC _____

Observaciones: Manchas de metal expuesto, coordenadas: 1A-3A, 10A-12A, 1D, 12D, 12E, 1E-12E

Códigos de imagen: LAB1-P1-5-Fr-IV

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 1,70 m Ángulo: 90° T.amb.: 15°C

Equipo adicional: Fuente de alimentación a 36 V - 3,5 A

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>4D</u>	<u>36°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Diodo bypass	_____	_____
<input type="checkbox"/> Fusibles	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cables	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Fuera de funcionom. Columnas AB,F,F	_____	<u>-</u>

Códigos de imagen: LAB1-P1-Fv-IR

Electroluminiscencia

Cámara: Nikon Z6II Distancia al panel: 1,90 m Ángulo: 90° V.: 36V I.: 3,5A

Apertura: 10" ISO: 250 tiempo de exposición: 15 s

Equipo adicional: Fuente de alimentación, lente filtro near IR Linos heliopan ES 58

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura parcial	<u>1C, 2C</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura completa	<u>5C, 12C</u>
<input type="checkbox"/> Patrones	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Interrupciones	<u>fingers</u>
<input type="checkbox"/> PID	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Dark spots	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Daño extendido	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Códigos de imagen: LAB1-P1-Fv-EL

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara UV y filtro band pass a 365 nm

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Recuadro sólido	_____	_____
<input type="checkbox"/> Línea de recuad.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>1C, 1D</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: LAB1 - P1- Fr-UV

Patrones encontrados: Columnas A,B,E,F: fuera de funcionamiento IR y EL

Las fisuras únicamente son visibles en EL, no hay patrón asociado a UV.

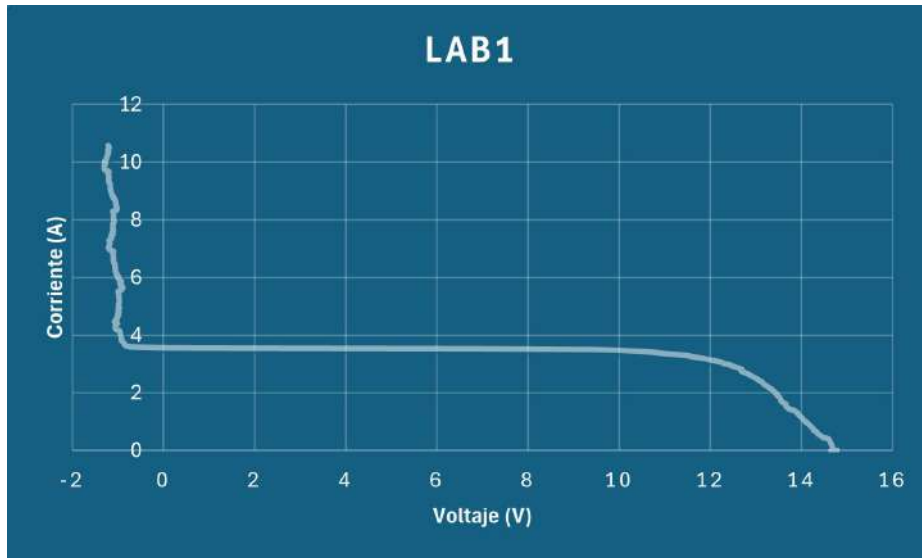
Sin embargo, la única evidencia de degradación en UV (celdas 1C, 1D) se asocia a la caja de conexiones trasera.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: 1,5

P_{max}: 110 W V_{oc}: 43,5 V I_{sc}: 3,45 A V_{mp}: 35 V I_{mp}: 3,15 A (Datos de placa)



P_{max}: 36,87 W V_{oc}: 14,8 V I_{sc}: 3,6 A V_{mp}: 12,5 V I_{mp}: 2,95 A (Reales)

Análisis: El panel produce una tercera parte de la potencia nominal. Las corrientes están dentro del rango esperado, mas el voltaje se disminuido tres veces tanto oc como mp, sugiriendo conexión en serie entre celdas.

Pérdida del 67%.

Resultados contra espectroscopía: IR y EL muestran sólo una tercera parte del panel funcionando. Adicionalmente se encuentran fisuras que afectan el resto de la eficiencia.

Condición de panel

Ítem: T2K5-4 Fecha: 12/3/2025 Hora: 2:30 pm N. Prueba: 2

Nubosidad: - Viento: - Irradiancia: - Suciedad: -

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 0,26 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: 4 Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarex Modelo: MSX64 N° serie: -

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max} : 64W V_{oc} : 21,3V I_{sc} : 4,0 A V_{mp} : 17,5V I_{mp} : 3,66 A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: eliqueto de datos en centro

Códigos de imagen: T2K5-4-P2-2-Tr-IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Doblado	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>Todo fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: T2K5-4-P2-3-Fr-IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Cableado y Conectores Junction box Combiner box Inversor Diodos

Puesta a tierra Fingers Buses Batería DC-DC _____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: —

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 1,80m Ángulo: 90° T.amb.: 16°

Equipo adicional: Fuente de alimentación a 24V - 4,2 A

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>2D, 3D, 4D</u>	<u>23,1°C</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Cold Spot	<u>1B, 1C (sombreado)</u>	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Diodo bypass	_____	_____
<input type="checkbox"/> Fusibles	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cables	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>General</u>	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2K5-4-P2-Fv-IR

Electroluminiscencia

Cámara: Nikon Z 6 II Distancia al panel: 1,80m Ángulo: 90° V.: 24V I.: 4,2A

Apertura: 10" ISO: 250 tiempo de exposición: 15s

Equipo adicional: Fuente de alimentación, lente con filtro near IR Linos heliopan ES 58

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura parcial	<u>3D, 6A, 7C</u>
<input type="checkbox"/> Fisura completa	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Patrones	<u>6A - 9A</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Interrupciones	<u>3D, 4D</u>
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>General</u>
<input type="checkbox"/> Dark spots	_____
<input type="checkbox"/> Daño extendido	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Códigos de imagen: T2K5-4-P2-Fv-EL

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara UV y filtro band pass a 365 nm.

Encapsulante frontal: UV-cut Encapsulante trasero: UV-pass

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Recuadro sólido	_____	_____
<input type="checkbox"/> Línea de recuad.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>5B, 5C, 6B, 6C</u>	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	<u>antiguo</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Degrad. oceleado	<u>3D, 6A, 7C, 9A, 6D</u>	<u>antiguo</u>

Códigos de imagen: T2K 5-4-P2-Fr-UV

Patrones encontrados: 3A: hot spot IR, fisura EL, degrad UV. 6A: fisura EL, degrad. UV.

7C: fisura EL, degrad UV. 9A: no aparenta fisura EL, degrad UV. 5B, 5C, 6B, 6C: no aparentan
daño, mancha UV por etiqueta en parte trasera. 6D: darker spot IR, no aparenta fisura EL,
degrad. UV.

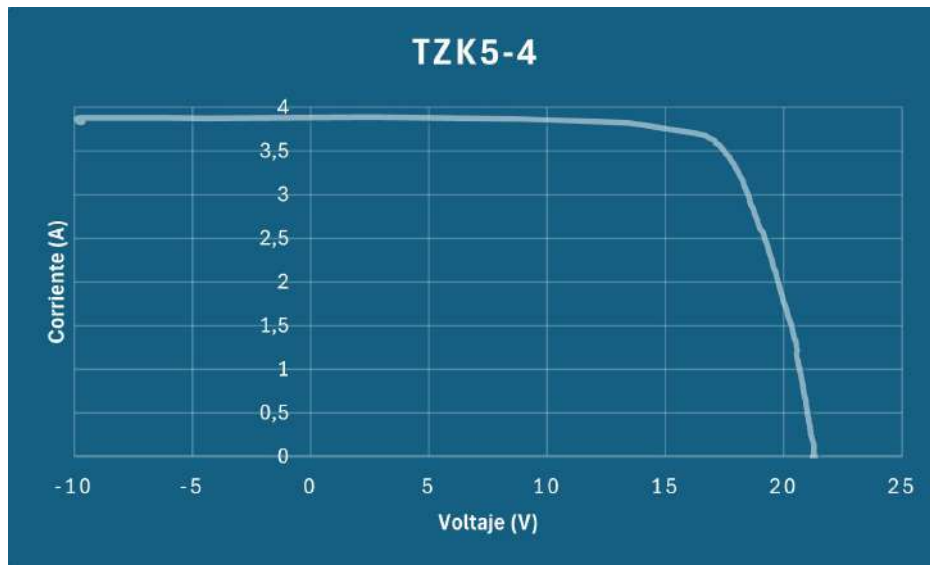
En general aparenta PID

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: 1,5

P_{max}: 64 W V_{oc}: 21,3V I_{sc}: 4,0A V_{mp}: 17,5V I_{mp}: 3,66A (Datos de placa)



P_{max}: 61,25 W V_{oc}: 21,32V I_{sc}: 3,87A V_{mp}: 17,45V I_{mp}: 3,51 A (Reales)

Análisis: Panel en funcionamiento eléctrico normal

Pérdido del 5%

Resultados contra espectroscopía: EL muestra fisuras junto con evidencia UV, hot spots a temperatura normal de operación. No están afectando rendimiento.

Condición de panel

Ítem: T2K5-3 Fecha: 12/3/2025 Hora: 3:00 pm N. Prueba: 3

Nubosidad: - Viento: - Irradiancia: - Suciedad: -

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 0,26 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: 4 Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarix Modelo: MSX64 N° serie: -

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max} : 64W V_{oc} : 21,3V I_{sc} : 4,0A V_{mp} : 17,5V I_{mp} : 3,66A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas	<u>1B-1C, 1C-1D</u>
<input type="checkbox"/> Chalking	<u></u>
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	<u>1D</u>
<input type="checkbox"/> Burbujas	<u></u>
<input type="checkbox"/> Decoloración	<u></u>
<input type="checkbox"/> Delaminación	<u></u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	<u></u>
<input type="checkbox"/>	<u></u>

Observaciones: tiene elqueto de datos en centro

Códigos de imagen: T2K5-3-P3-2-Tr-IV / T2K5-3-P3-3-Tr-IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Corroído	9A
<input type="checkbox"/> Doblado	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: T2K5-3-P3-4-Fr-IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	Fibs 1 y 9
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas	1B-1C, 1C-1D
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	1D
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Burbujos	1A

Observaciones: _____

Códigos de imagen: T2K5-3-P3-5-Fr-IV/T2K5-3-P3-6-Fr-IV/

T2K5-3-P3-7-Fr-IV/T2K5-3-P3-8-Fr-IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Cableado y Conectores Junction box Combiner box Inversor Diodos

Puesta a tierra Fingers Buses Batería DC-DC _____

Observaciones: Sin hallazgo

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260 B Distancia al panel: 1,80m Ángulo: 90° T.amb.: 14°

Equipo adicional: Fuente de alimentación a 24V-4,2A

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1A, 4A-6A</u>	<u>27,6°C</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Cold Spot	<u>columnas C-D</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Diodo bypass	_____	_____
<input type="checkbox"/> Fusibles	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cables	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZK5-3-P3-Fr-IR

Electroluminiscencia

Cámara: Nikon Z 6II Distancia al panel: 1,80m Ángulo: 90° V.: 24V I.: 4,2A

Apertura: f10 ISO: 250 tiempo de exposición: 15s

Equipo adicional: Fuente de alimentación y lente con filtro near IR lino heliopan ES 58

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Fisura parcial	_____
<input type="checkbox"/> Fisura completa	_____
<input type="checkbox"/> Patrones	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Interrupciones	<u>fingers 7B, 8A, 9A</u>
<input checked="" type="checkbox"/> PID	_____
<input type="checkbox"/> Dark spots	_____
<input type="checkbox"/> Daño extendido	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>celdas oscurecidas</u>	<u>3A-4A</u>

Códigos de imagen: TZK5-3-P3-Fr-EL

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara UV y filtro band pass a 365 nm.

Encapsulante frontal: UV-cut Encapsulante trasero: UV-pass

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Recuadro sólido	_____	_____
<input type="checkbox"/> Línea de recuad.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>SB, SC, 6B, 6C</u>	<u>antiguo</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Degrad. acelerada	<u>1D, 2D, 3C, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8B, 8C</u>	_____

Códigos de imagen: TZK5-3-P3-Fr-UV

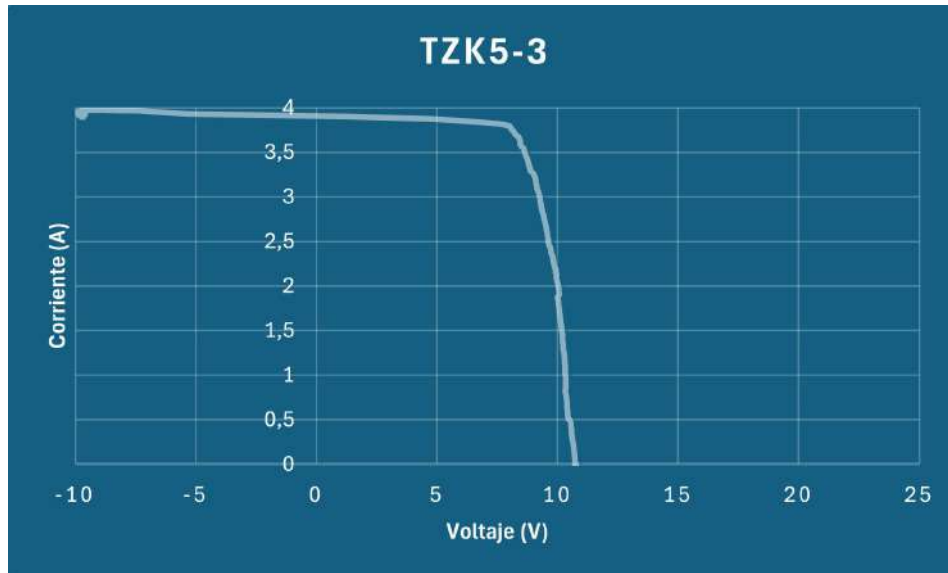
Patrones encontrados: 3A, 4A, 5A hot spot IR, celdas oscurecidas EL, 9B darker spot IR, manchas irregulares EL. Falta evidencia para relacionar EL y UV, UV sugiere múltiples fisuras.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: 1,5

P_{max}: 64W V_{oc}: 21,3 V I_{sc}: 4,0 A V_{mp}: 17,5V I_{mp}: 3,66A (Datos de placa)



P_{max}: 30,36W V_{oc}: 10,8V I_{sc}: 3,92 A V_{mp}: 8,45V I_{mp}: 3,59 A (Reales)

Análisis: Se genera poco menos de la mitad de la potencia nominal, manteniendo corriente con voltaje reducido.

Pérdido del 52%.

Resultados contra espectroscopía: IR y EL muestran sólo la mitad del panel en operación, lo que concuerda con el resultado eléctrico.

Condición de panel

Ítem: T2K5-2 Fecha: 12/3/2025 Hora: 3:30 pm N. Prueba: 4

Nubosidad: - Viento: - Irradiancia: - Suciedad: -

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 0,26 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: 4 Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarex Modelo: MSX 64 N° serie: -

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max} : 64 W V_{oc} : 21,3 V I_{sc} : 4,0 A V_{mp} : 17,5 V I_{mp} : 3,66 A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: tiene elqueto de datos en centro

Códigos de imagen: T2K5-2-P4-2-Tr-IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Doblado	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgo

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u> Toda fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Manchas tras vidrio</u>	<u>3B-6B, 4C-6C</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZKS-2-P4-3-Fv-IV / TZKS-2-P4-4-Fv-IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

- Cableado y Conectores Junction box Combiner box Inversor Diodos
- Puesta a tierra Fingers Buses Batería DC-DC _____

Observaciones: Apariencia de corrosión o burn marks

Códigos de imagen: TZKS-2-P4-4-Fr-IV

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 1,80m Ángulo: 90° T.amb.: 14°

Equipo adicional: Fuente de alimentación 24V - 4,2A

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1D, 2A, 2B, 5D, 6D, 7D</u>	<u>24,4°C</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Cold Spot	<u>1B, 1C, 7D, 8A, 9</u>	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Diodo bypass	_____	_____
<input type="checkbox"/> Fusibles	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cables	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZK5-2-P4-Fv-IR

Electroluminiscencia

Cámara: Nikon Z6II Distancia al panel: 1,80m Ángulo: 90° V.: 24V I.: 4,2A

Apertura: 10" ISO: 250 tiempo de exposición: _____

Equipo adicional: Fuente de alimentación, lente con filtro near IR (lino heliopan

ES 50

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura parcial	<u>6D, 8D, 9D</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura completa	<u>6A, 7D</u>
<input type="checkbox"/> Patrones	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Interrupciones	<u>fingers 1C, 2C, 5B, 8B, 9D</u>
<input checked="" type="checkbox"/> PID	_____
<input type="checkbox"/> Dark spots	_____
<input type="checkbox"/> Daño extendido	_____
<input checked="" type="checkbox"/> celdas sombreadas	<u>3A, 4C, 5A, 8A, 1B, 7A,</u>

Códigos de imagen: TZK5-2-P4-Fv-EL

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara UV y filtro band pass a 365 nm.

Encapsulante frontal: UV-cut Encapsulante trasero: UV-pass

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Recuadro sólido	_____	_____
<input type="checkbox"/> Línea de recuad.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>4B, 4C, 5B, 5C, 6B, 6C</u>	<u>antiguo</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Degrad. acelerada	<u>1D, 2D, 6D, 7D, 8D, 9A, 9D</u>	<u>antiguo</u>

Códigos de imagen: TZK5-2-P4-Fr-UV

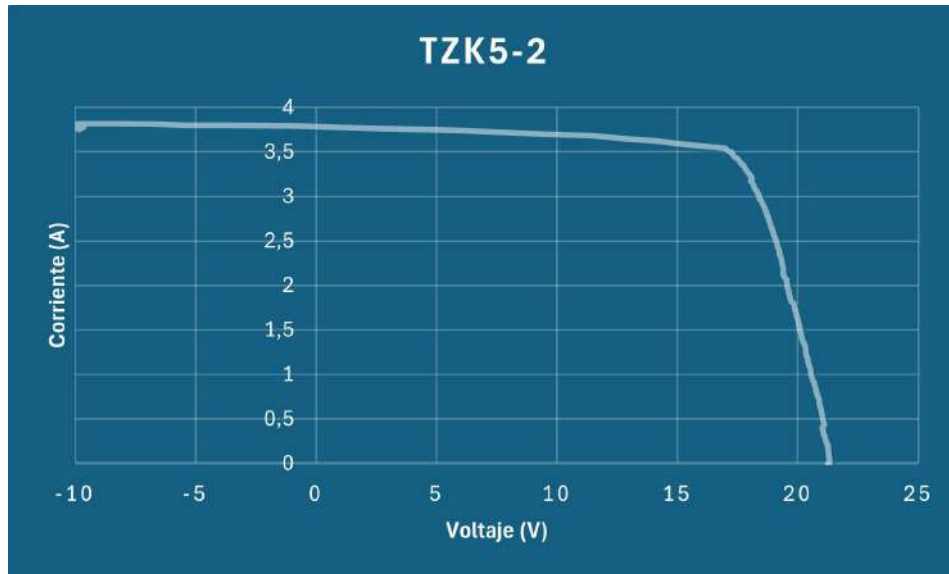
Patrones encontrados: 1B, 1C: dark spot IR, celdas oscurecidas EL 3A: hot spot IR, celda oscurecida EL. 9A: dark spot IR, fisura EL, degrad. UV. 6D, 7D, 8D, 9D: dark spot y hot spot IR, fisuras EL y degrad. UV. 1D, 2D: hot spot IR, degrad UV.
General PID IR y EL.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: 1,5

P_{max}: 64W V_{oc}: 21,3V I_{sc}: 4,0A V_{mp}: 17,5V I_{mp}: 3,66A (Datos de placa)



P_{max}: 59,30W V_{oc}: 21,29 V I_{sc}: 3,79 A V_{mp}: 17,56 V I_{mp}: 3,40A (Reales)

Análisis: Valores de voltaje dentro del valor nominal, corriente aceptable. Potencia menor a la nominal, pero aceptable.

Pérdida del 7%

Resultados contra espectroscopía: El panel se encuentra fisurado en múltiples ocasiones, hot spots en IR y fisuras con evidencia UV. PID en IR y El que puede afectar rendimiento, mas no se disminuye tanto como lo esperado en imágenes.

Condición de panel

Ítem: TZK5-1 Fecha: 12/3/2025 Hora: 3:45 pm N. Prueba: 5

Nubosidad: - Viento: - Irradiancia: - Suciedad: -

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 0,26 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: 4 Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarex Modelo: MSX 64 N° serie: -

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max} : 64W V_{oc} : 21,3V I_{sc} : 4,0A V_{mp} : 17,5V I_{mp} : 3,66A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Burbujas	<u>4D (atrás)</u>
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Snail tracks	<u>general</u>

Observaciones: tiene etiqueta de datos en centro

Códigos de imagen: TZK5-1-P5-2-Tr-IV / TZK5-1-P5-3-Tr-IV

TZK5-1-P5-4-Tr-IV / TZK5-1-P5-5-Tr-IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Doblado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	izquierda inferior
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	toda fila 9

Observaciones: - _____

Códigos de imagen: TZK5-1-PS-6-Fr-IV _____

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	General
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas tras vidrio	5B, 7D, 8D

Observaciones: - _____

Códigos de imagen: TZK5-1-PS-7-Fr-IV / TZK5-1-PS-8-Fr-IV _____

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

- Cableado y Conectores Junction box Combiner box Inversor Diodos
- Puesta a tierra Fingers Buses Batería DC-DC _____

Observaciones: Apariencia de corrosión o burn marks

Códigos de imagen: T2, 5-1-PS-8-Fr-IV

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UT: 260B Distancia al panel: 1,80m Ángulo: 90° T.amb.: 15°

Equipo adicional: Fuente de alimentación 24V-4,2A

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>2A, 3A, 5D, 6D</u>	<u>28,6°C</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Cold Spot	<u>1B, 1C</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Diodo bypass	_____	_____
<input type="checkbox"/> Fusibles	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cables	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>general</u>	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2K5-1-PS-Fv-IR

Electroluminiscencia

Cámara: Nikon Z 6II Distancia al panel: 2 m Ángulo: 90° V.: 24V I.: 4,2A

Apertura: 10" ISO: 250 tiempo de exposición: 15 s

Equipo adicional: Fuente de alimentación, lente con filtro near IR Linas heliopan ES 58

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura parcial	<u>2A, 9D</u>
<input type="checkbox"/> Fisura completa	_____
<input type="checkbox"/> Patrones	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Interrupciones	<u>1C, 2D, 3D, 4D, 9D</u>
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Dark spots	_____
<input type="checkbox"/> Daño extendido	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Códigos de imagen: T2K 5-1-PS-Fv-EL

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara UV y filtro band pass a 365 nm.

Encapsulante frontal: UV-cut Encapsulante trasero: UV-pass

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Recuadro sólido	_____	_____
<input type="checkbox"/> Línea de recuad.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>5B, 5C</u>	<u>antiguo</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Degrad. acelerado	<u>1A, 1B, 1C, 2, 3, 4, 5, 6, 7B, 7C, 7D, 8B, 8C, 9B, 9C, 9D</u>	<u>antiguo</u>

Códigos de imagen: TZKS-1-PS-Fv-UV

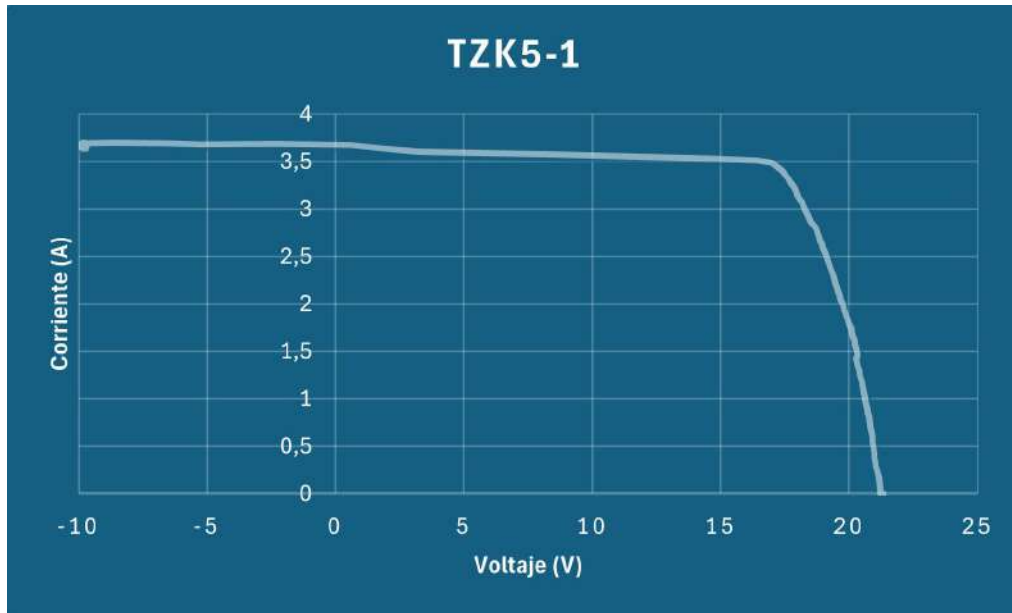
Patrones encontrados: General PID IR y EL. No hay evidencia de fisuras en EL pero hay alta degradación UV

5. **Curvas de desempeño**

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: 1,5

P_{max}: 64W V_{oc}: 21,3 V I_{sc}: 4,0A V_{mp}: 17,5 V I_{mp}: 3,66 A (Datos de placa)



P_{max}: 58,29W V_{oc}: 21,2 V I_{sc}: 3,68 A V_{mp}: 17,31 V I_{mp}: 3,29 A (Reales)

Análisis: lecturas de voltaje y corriente aceptables, potencia menor a lo nominal

Pérdida del 9%

Resultados contra espectroscopía: hol spots en IR bajo temperatura normal, no se ve afectado el rendimiento.

Condición de panel

Ítem: LAB 2 Fecha: 12/3/2025 Hora: 4:00 pm N. Prueba: 6

Nubosidad: - Viento: - Irradiancia: - Suciedad: -

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: -

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocrystalino

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: - N° serie: G150532700780

Tamaño: 10 x 6 Tiempo en servicio: -

P_{max} : - V_{oc} : - I_{sc} : - V_{mp} : - I_{mp} : - Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Doblado	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	<u>3A</u>
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Burn marks</u>	<u>2A, 3A, columnas B y C, 2D, 3D, 2F</u>

Observaciones: burn marks únicamente en bordes de los celdas con patrón uniforme

Códigos de imagen: LAB2-P6-2-Fr-IV / LAB2-P6-3-Fr-IV / LAB3-P6-4-Fr-IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

- Cableado y Conectores Junction box Combiner box Inversor Diodos
- Puesta a tierra Fingers Buses Batería DC-DC _____

Observaciones: burn marks tocan los fingers

Códigos de imagen: LAB2-P6-4-Fr-IV

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UI; 260B Distancia al panel: 2m Ángulo: 90° T.amb.: 13°

Equipo adicional: Fuente de alimentación 24 V - 4,2 A

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Diodo bypass	_____	_____
<input type="checkbox"/> Fusibles	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cables	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>General</u>	<u>23,5°</u>
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: LAB2 - P6 - Fr - IR

Electroluminiscencia

Cámara: Nikon Z 6 II Distancia al panel: 2m Ángulo: 90° V.: 24 V I.: 4,2 A

Apertura: 10" ISO: 250 tiempo de exposición: 15 s

Equipo adicional: Fuente de alimentación y lente con filtro near IR Linos heliopan

ES 58

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura parcial	<u>BC</u>
<input type="checkbox"/> Fisura completa	_____
<input type="checkbox"/> Patrones	_____
<input type="checkbox"/> Interrupciones	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____
<input type="checkbox"/> Dark spots	_____
<input type="checkbox"/> Daño extendido	_____
<input checked="" type="checkbox"/> celdas oscurecidas	<u>4B, 7B, 3D, 2E, 4E, 8F</u>

Códigos de imagen: LAB2 - P6 - Fr - EL

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara UV y filtro band pass a 365 nm.

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Recuadro sólido	_____	_____
<input type="checkbox"/> Línea de recuad.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Interrupción</u>	<u>8C</u>	<u>reciente</u>

Códigos de imagen: LAB2-P6-Fv-UV

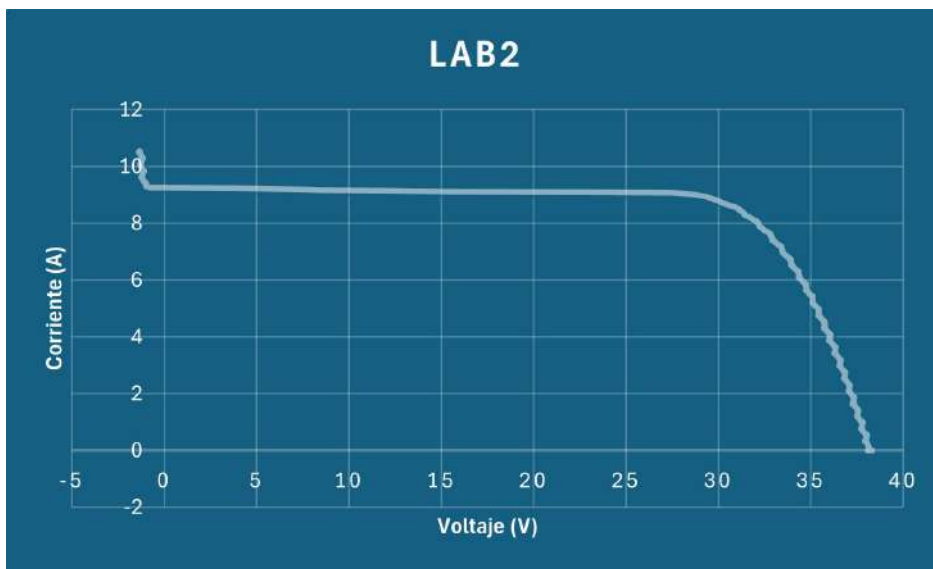
Patrones encontrados: 8C: fisura EL, interrupción UV PID en IR y EL.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: 1,5

P_{max}: - V_{oc}: - I_{sc}: - V_{mp}: - I_{mp}: - (Datos de placa)



P_{max}: 264,58W V_{oc}: 38,12 V I_{sc}: 9,26 A V_{mp}: 30,92V I_{mp}: 8,56 A (Reales)

Análisis: Curva aparente operación normal, no hay datos de referencia para comparación.

Resultados contra espectroscopía: -

Condición de panel

Ítem: LAB 3 Fecha: 12/3/2025 Hora: 4:20 pm N. Prueba: 7

Nubosidad: - Viento: - Irradiancia: - Suciedad: -

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: -

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Tiina Solar Modelo: - N° serie: G150538200026

Tamaño: 10X6 Tiempo en servicio: -

P_{max} : - V_{oc} : - I_{sc} : - V_{mp} : - I_{mp} : - Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Doblado	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: —

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Humedad	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Buin marks</u>	<u>celdas varias</u>

Observaciones: Mismo patron que LAB2, coloración no uniforme entre celdas

Códigos de imagen: LAB3 -P7- 1-Fr-IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

- Cableado y Conectores Junction box Combiner box Inversor Diodos
- Puesta a tierra Fingers Buses Batería DC-DC _____

Observaciones: Burn marks afecta fingers

Códigos de imagen: LAB3-P7-2-Fv-IV

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 2m Ángulo: 90° T.amb.: 14°

Equipo adicional: Fuente de alimentación 24 V - 4,2 A

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Diodo bypass	_____	_____
<input type="checkbox"/> Fusibles	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cables	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>general</u>	<u>28°C</u>
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: LAB3-P7-Fv-IR

Electroluminiscencia

Cámara: Nikon Z 6II Distancia al panel: 2m Ángulo: 90° V.: 24V I.: 4,2A

Apertura: 10" ISO: 250 tiempo de exposición: 15 s

Equipo adicional: Fuente de alimentación, lente con filtro near IR Linas heliopan ES 58

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura parcial	<u>5C</u>
<input type="checkbox"/> Fisura completa	_____
<input type="checkbox"/> Patrones	_____
<input type="checkbox"/> Interrupciones	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Dark spots	_____
<input type="checkbox"/> Daño extendido	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Daño no ident.	<u>10F</u>

Códigos de imagen: LAB3-P7-Fv-EL

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara UV y filtro band pass a 365 nm.

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Recuadro sólido	_____	_____
<input type="checkbox"/> Línea de recuad.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Interrupción</u>	<u>10F</u>	_____

Códigos de imagen: LAB3-P7-Fr-UV

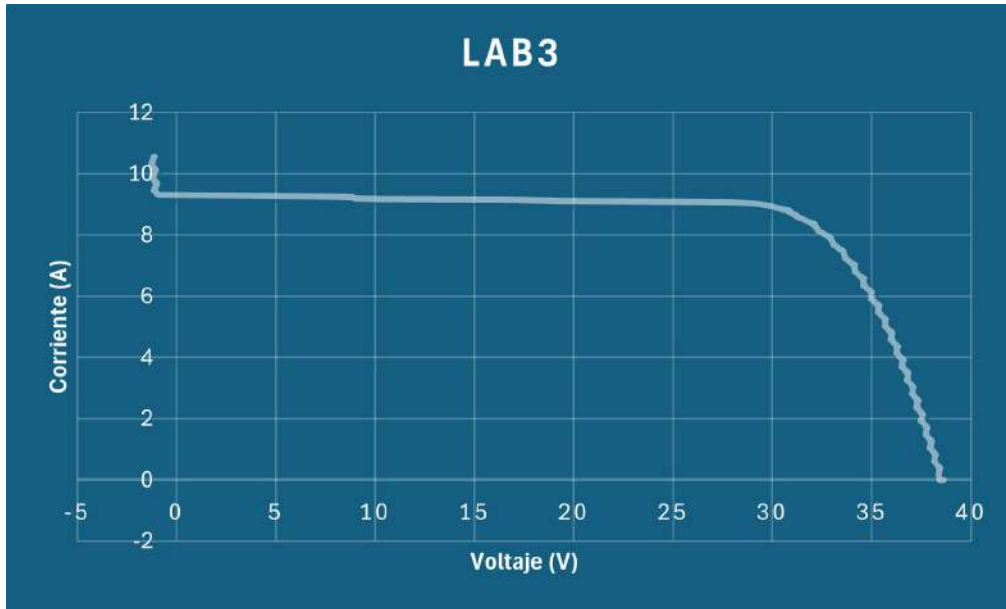
Patrones encontrados: 5C: f. suva EL sin evidencia UV 10F daño no identif. EL, interrupción UV.

5. **Curvas de desempeño**

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: 1,5

P_{max}: - V_{oc}: - I_{sc}: - V_{mp}: - I_{mp}: - (Datos de placa)



P_{max}: 270,4W V_{oc}: 38,47V I_{sc}: 9,31A V_{mp}: 30,78V I_{mp}: 8,79A (Reales)

Análisis: Curva aparente operación normal, no hay datos de referencia para comparación.

Resultados contra espectroscopía: -

Apéndice H

Reporte 2

Condición de panel

Ítem: SBA-F Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Berbrug N. Prueba: -
Nubosidad: 0 oct Viento: 17 Km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: Fototérmica Tamaño: - Hallazgo: Diferenciación

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Diferenciación de un panel fototérmica en comparación a uno fotovoltaico

2. Evidencias

Espectro visible

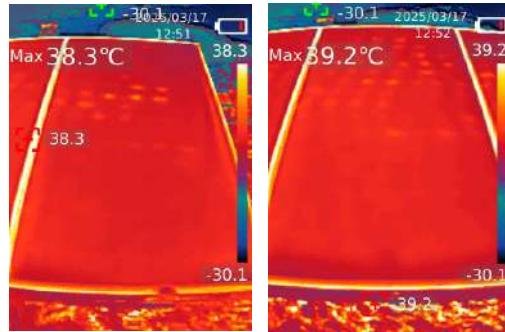


Interpretación

La construcción del panel no integra celdas como el panel fotovoltaico, su propósito de uso es calentar
agua

Códigos de imagen: SBA-F-Fr-IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

Se observa que puede existir calentamiento irregular o puede atribuirse a reflejos por lo posición de la cámara.

Códigos de imagen: SBA-F.1.Fr.IR / SBA-F.2.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: La construcción del panel cumple con otra función por lo que su construcción también es distinta a la de un panel fotovoltaico la interpretación del espectro infrarrojo también debe adecuarse a la función.

Condición de panel

Ítem: SBA1-1 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Bernburg N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: monocristalino Tamaño: 10x6 Hallazgo: Efecto de sombras

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Se encuentran paneles expuestos a sombras generadas por vegetación que crece frente a estos.
Se desea visualizar su impacto y el efecto de retirarlas.

2. Evidencias

Espectro visible

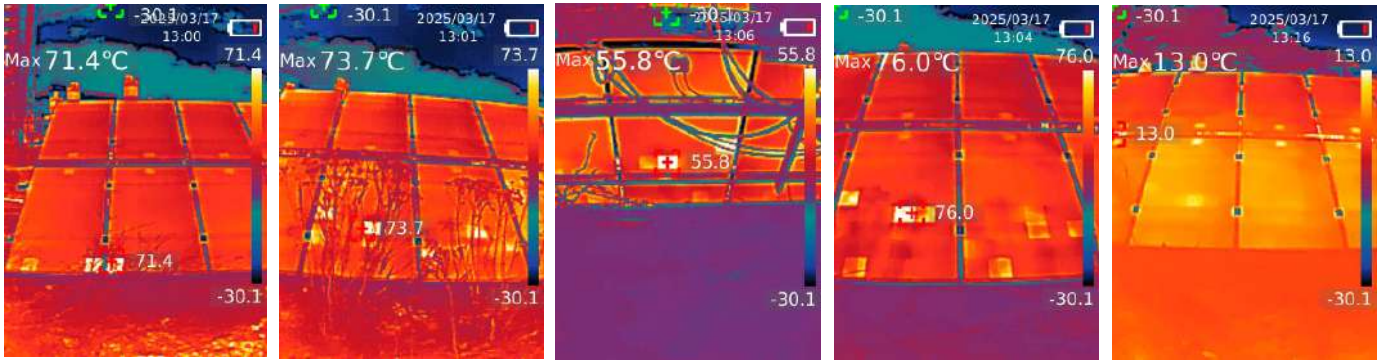


Interpretación

Antes (imágenes a la izquierda) y después (imagen a la derecha) de sombras generadas por plantas del lugar.

Códigos de imagen: SBA1-1.P.1.Fr.IV/SBA1-1.P.2.Fr.IV/SBA1-1.P.3.Fr.IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

- 1- 2: puntos calientes debidos a las sombras. A mayor densidad de sombra, más se genera calor.
- 3: hot spot desde la vista trasera del panel (mismo señalado en segunda imagen)
- 4: captura inmediatamente después de quitar las plantas.
- 5: captura 12 minutos después de quitar la sombra.

Códigos de imagen: SBA1-1.P.1.Fr.IR / SBA1-1.P.2.Fr.IR / SBA1-1.P.3.Tr.IR / SBA1-1.P.4.Fr.IR / SBA1-1.P.5.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: Las sombras frente al panel (de este tipo en específico) producen puntos calientes distribuidos al rededor de la sombra visible, los cuales pueden también observarse desde la parte trasera. Una vez retirada la sombra, el panel regresa poco a poco a su estado normal (+10 min)

Condición de panel

Ítem: SBA1-1 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Berbrug N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: monocristalino Tamaño: 10 x 6 Hallazgo: Vidrio quebrado

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Se halla vidrio quebrado.

2. Evidencias

Espectro visible

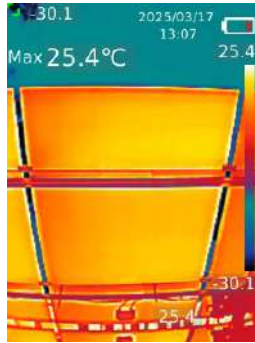


Interpretación

El vidrio posterior está quebrado, lo que podría comprometer la integridad de las celdas.

Códigos de imagen: SBA1-1.V.Fr.IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

No se presentan anomalías térmicas.

Códigos de imagen: SBA1-1.V.Tr.IR

Relación encontrada/resultado general: El vidrio quebrado no afecta la producción del panel.

Condición de panel

Ítem: SBA1-1 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Bernburg N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: monocristalino Tamaño: 10 x 6 Hallazgo: Efecto de sombra

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Se genero una sombra en la parte inferior del panel por 10 minutos, se realiza captura IR.
Se retira la sombra y se inspecciona en IR durante las próximas 10 minutos.

2. Evidencias

Espectro visible

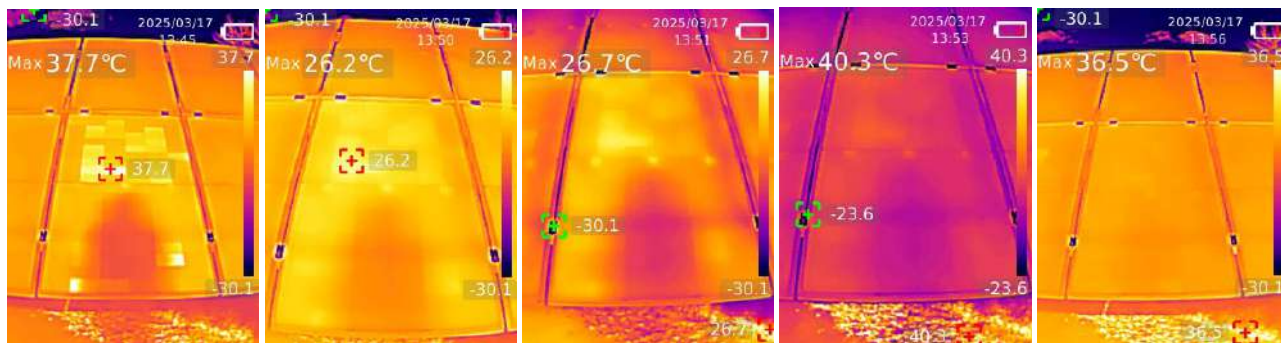


Interpretación

Panel en condiciones de operación normal

Códigos de imagen: SBA1-1.P.3.Fr.IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

1. Tras 10 minutos de generar sombra se observa una distribución no uniforme de calor en las celdas superiores y laterales al rededor de la sombra. El oscurecimiento cubre la zona de sombra, mas no es sombra.
- 2 y 3. 5 minutos después aún hoy calor disipado y los diodos de bypass se obserban como hot spots.
4. A 8 minutos después la silueta de la sombra aún es visible y los diodos de bypass
5. Pasados 11 minutos el panel recupera su estado normal

Códigos de imagen: SBA1-1.5.1.Fr.IR/SBA1-1.5.2.Fr.IR/SBA1-1.5.3.Fr.IR/SBA1-1.5.4.Fr.IR
SBA1-1.5.5.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: Una sombra a tan solo 10 minutos de exposición
recalienta altamente el panel, y será necesario al rededor del mismo tiempo para volver a su condición
normal.

Condición de panel

Ítem: SBA1-1 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Bernburg N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: monocristalino Tamaño: 10 x 6 Hallazgo: Efecto de sombras

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Se genera sombra sobre el panel, se observa en el momento el efecto de sombras

2. Evidencias

Espectro visible

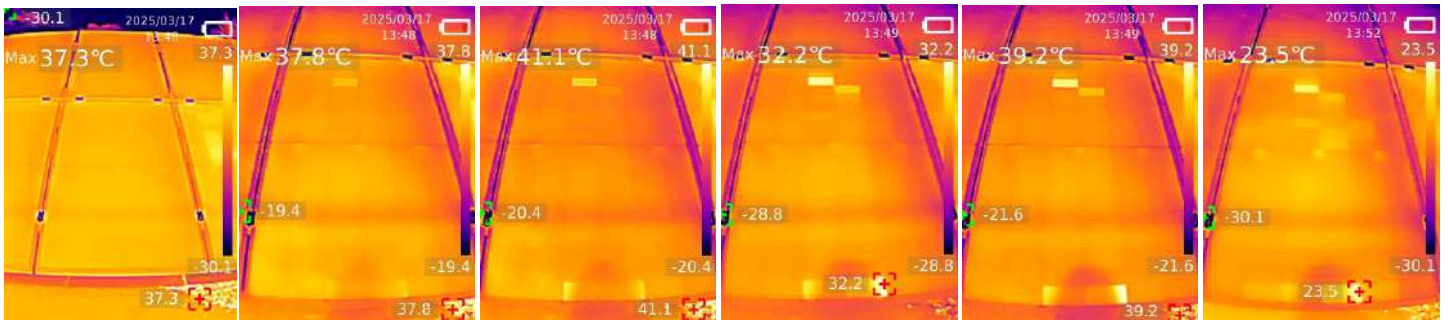


Interpretación

Panel en condiciones de operación normal

Códigos de imagen: SBA1-1.P.3.Fr.IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

1. Condición inicial del panel
2. Se coloca la sombra en la parte inferior, el efecto inmediato se observa en la parte superior y al rededor.
3. A meros de un minuto se incrementa la temperatura
- 4 y 5. Sigue incrementando la temperatura.
6. A 4 minutos los diodos de bypass también incrementan la temperatura al igual que más celdas.

Códigos de imagen: SBA1-1.L.1.Fr.IR/SBA1-1.L.2.Fr.IR/SBA1-1.L.3.Fr.IR/SBA1-1.L.4.Fr.IR
SBA1-1.L.5.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: Justo al momento de que la sombra afecta el panel se genera un comportamiento anormal. No se requiere de mucho tiempo (como la prueba anterior) para generar distorsión en el panel.

Condición de panel

Ítem: SBA2-1 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Peribug N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: Thin film CGIS Tamaño: - Hallazgo: Diferenciación

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Panels de diferente tecnología (thin film). Se generan sombras sobre estos debido a vegetación.

2. Evidencias

Espectro visible

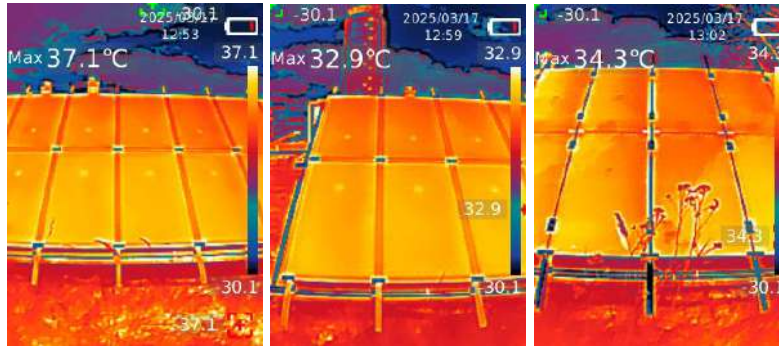


Interpretación

Visualmente es distinto a la tecnología cristalina, lo que no permite hacer conclusiones únicamente con inspección visual. Hay sombra generada por plantas cercanas.

Códigos de imagen: SBA2-1.T.1.Fr.IV / SBA2-1.T.2.Fr.IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

Se observan las diodas de bypass en todos los módulos, por lo que se considera funcionamiento regular. En la tercera imagen se observan reflejos generados por las sombras mas no generan anomalía térmica.

Códigos de imagen: SBA2-1.T.1.Fr.IR / SBA2-1.T.2.Fr.1 / SBA2-1.T.3.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: Las sombras en este tipo de tecnología no influyen de la misma manera que en la tecnología cristalina, dado que no se observan cambios de temperatura en ningún lugar del panel.

Condición de panel

Ítem: SBA2-2 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Bernburg N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: Polic. half cell Tamaño: - Hallazgo: Efecto de sombras

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Caracterización de tecnología de celda partida. Se encuentran sombras generadas por vegetación.

2. Evidencias

Espectro visible

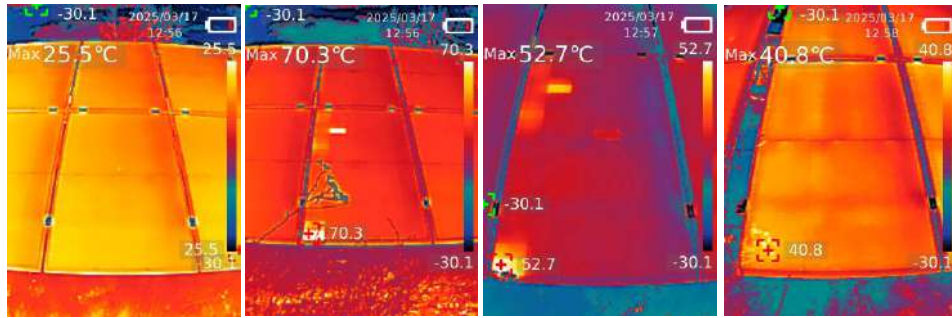


Interpretación

Panels con sombra (izquierda) y suciedad de pájaros (derecha)

Códigos de imagen: SBA2-2.H.1.Fr.IV/SBA2-2.H.2.Fr.IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

- 1. Hot spot por la suciedad de pájaro
- 2, 3 y 4. Calentamiento generado por sombras de vegetación.

Códigos de imagen: SBA2-2.H.1.Fr.IR / SBA2-2.H.2.Fr.IR / SBA2-2.H.3.Fr.IR / SBA2-2.H.4.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: Por la tecnología de celda partida el comportamiento ante las sombras también genera distribución no uniforme del calor.

Condición de panel

Ítem: SBAP-1 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Peribug N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: monocristalino Tamaño: - Hallazgo: Estado general

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

2. Evidencias

Espectro visible

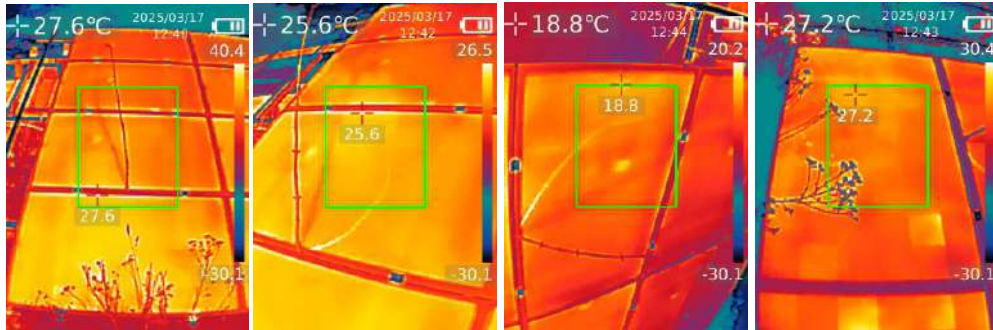


Interpretación

Paneles operando con nulo mantenimiento. Se encuentra vegetación delante y entre los módulos.

Códigos de imagen: SBAP-1-E-I-Fr-IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

La sombra genera reflejo brillante y región oscura que es lo que genera calentamiento anormal

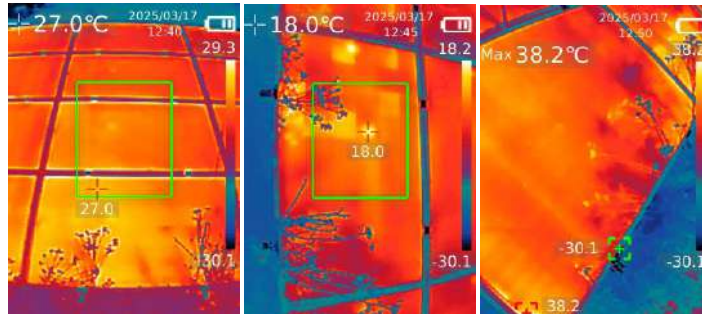
Las plantas sobre el panel inferior calientan celdas de forma no uniforme

Códigos de imagen: SBAP-1.E.1.Fr.IR/SBAP-1.E.2.Fr.IR/SBAP-1.E.3.Fr.IR/SBAP-1.E.4.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: Se debe identificar apropiadamente entre reflejo y sombra.

En ambos casos, aunque la sombra abarque poco espacio, incide en el comportamiento del módulo.

Espectro infrarrojo



Interpretación

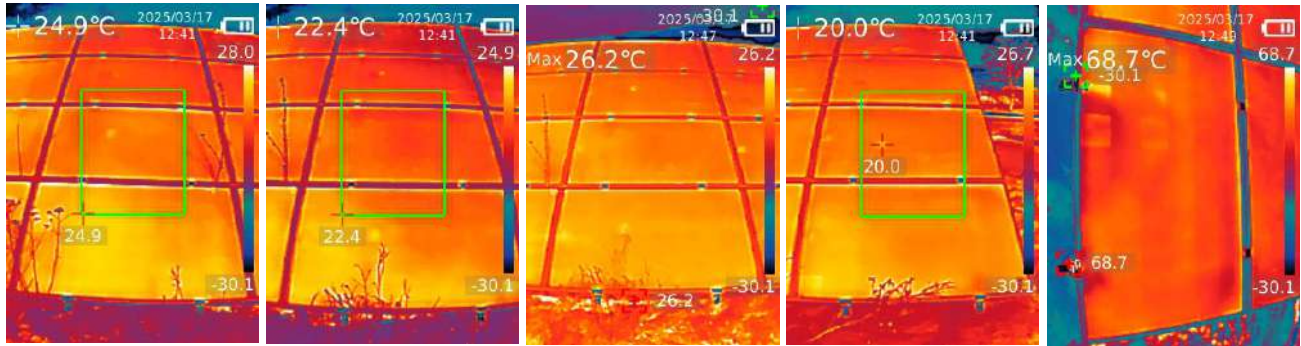
Plantas generando reflejos y sombras.

El reflejo es la sombra en luz visible, mientras que la sombra es el área afectada térmicamente.

Códigos de imagen: SBAP-1.E.5.Fi.IR / SBAP-1.E.6.Fi.IR / SBAP-1.E.7.Fi.IR

Relación encontrada/resultado general: Poco mantenimiento a los alrededores implica calentamiento irregular diariamente que reduce la vida útil.

Espectro infrarrojo



Interpretación

Plantas generando reflejos y sombras.

El reflejo es la sombra en luz visible, mientras que la sombra es el área afectada térmicamente.

Códigos de imagen: SBAP-1.E.8.Fr.IR / SBAP-1.E.9.Fr.IR / SBAP-1.E.10.Fr.IR / SBAP-1.E.11.Fr.IR / SBAP-1.E.12.Fr.IR

Relación encontrada/resultado general: Poco mantenimiento a los alrededores implica calentamiento irregular diariamente que reduce la vida útil.

Condición de panel

Ítem: SBAP-2 Fecha: 17/3/2025 Ubicación: Bernburg N. Prueba: -
Nubosidad: 2 oct Viento: 17 km/h 46° NE Irradiancia: - Suciedad: baja
Tecnología: monocristalino Tamaño: - Hallazgo: Estado general

1. Descripción del hallazgo o prueba realizada

Montaje vertical de módulos sobre superficies de diferente color.

2. Evidencias

Espectro visible

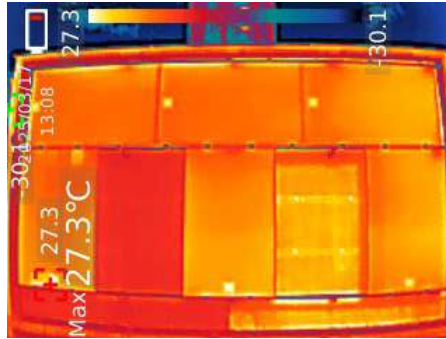


Interpretación

Panels en operación para pruebas de la universidad.

Códigos de imagen: SBAP-2-E-1-Fr-IV

Espectro infrarrojo



Interpretación

El panel colocado a la izquierda tiene puntos calientes irregulares. Para todos es visible el diodo de bypass.

Adicionalmente, se observa que la pared oscura absorbe calor, lo que deja ver la estructura interna, mientras que la pared blanca refleja.

Códigos de imagen: SBAP-2-E-I-Fr-IR

Relación encontrada/resultado general: Hay un panel posiblemente afectado.

Apéndice I

Reporte 3

Datos generales			
Encargado de reporte	Mariana Solís Aguilar		
Supervisor	Hugo Sánchez Ortiz		
Planta	Technologic Zentrum Köthen	Tiempo en servicio	28 años
Ubicación	Lat.: 51° 45' 1" N	Long.: 11° 58' 49" E	Alt.: 80 msnm

Condiciones ambientales	
Temperatura del aire	16°
Humedad	59%
Velocidad y dirección del viento	11 km/h 110° NO
Irradiancia solar reportada	550 W/m ²
Nubosidad	1 oct.
Otros:	

Cámaras		
	IR	UV
Fabricante	Unit	-
Modelo	UTi 260B	-
Serie	110400205581X	-
Sensor	no especificado	-
Filtro	integrado IR	-
Resolución	256 x 192	-
Rango	-20°C ~ 550°C	-

Nomenclatura de inventario				
Ubicación	Sector	String	Módulo	Abreviatura
TZK	TG1	2	17	TZK1-17
TZK	TG1	2	22	TZK1-22
TZK	TG1	2	28	TZK1-28
TZK	TG1	3	31	TZK1-31
TZK	TG1	3	39	TZK1-39
TZK	TG1	3	40	TZK1-40
TZK	TG1	3	42	TZK1-42
TZK	TG3	1	20	TZK3-20
TZK	TG3	2	34	TZK3-34
TZK	TG3	2	38	TZK3-38
TZK	TG4	1	1	TZK4-1
TZK	TG4	1	2	TZK4-2
TZK	TG4	2	4	TZK4-4
TZK	TG4	3	5	TZK4-5
TZK	TG4	3	6	TZK4-6
TZK	Siemens	-	referencia	TZKS-R
TZK	Siemens	1	3	TZKS-3
TZK	Siemens	1	4	TZKS-4
TZK	Siemens	1	6	TZKS-6

Resumen

Inspección					
Ítem	Hallazgos IV	Hallazgos IR	Hallazgos UV	Desempeño eléctrico	Rating
TZK1-17	4	1	-	~ 93-95%	A
TZK1-22	5	1	-	~ 95%	V
TZK1-28	3	1	-	~ 93-95%	A
TZK1-31	3	1	-	-	-
TZK1-39	4	1	-	~ 95%	V
TZK1-40	3	1	-	-	-
TZK1-42	4	1	-	~ 95%	V
TZK3-20	7	1	-	-	-
TZK3-34	3	1	-	~ 5-7%	A
TZK3-38	5	1	-	~ 88-97%	A
TZK4-1	6	1	-	~ 95%	V
TZK4-2	5	1	-	~ 95%	V
TZK4-4	5	1	-	~ 90%	A
TZK4-5	4	1	-	~ 93-95%	A
TZK4-6	5	1	-	~ 95%	V
TZK5-R	2	1	-	-	-
TZK5-3	1	1	-	-	-
TZK5-4	1	1	-	-	-
TZK5-6	-	1	-	-	-

*Rating: B- Blanco: buen estado, V- Verde: en condiciones de operación, A - Amarillo: programar revisión y/o mantenimiento, R - Rojo: prioridad de mantenimiento.

Resultados generales: TG1 puede presentar pérdidas de 30 a 34,8 W. TG3 puede presentar pérdidas de 7,7 a 12,18 W. TG4 puede presentar pérdidas de 25,5 a 27,2 W. En total para TZK se estiman entre 63,2 a 74,18 W de pérdidas, equivalente a cerca de 1 panel totalmente desconectado.

Condición de panel

Ítem: TZK1-17 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 500 w/m² Suciedad: moderada
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema Módulo aislado Múltiples módulos
 Capacidad y carga: 5,04 kWp
 Tipo de montaje: inclinación 30° al sur
 Módulos en serie: 14 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo Conexión directa Conexión a batería
 Tecnología: Policristalino
 Certificación: UL, FM
 Marca: Solarex Modelo: MSX120 N° serie: _____
 Tamaño: 9x8 Tiempo en servicio: 28 años
 P_{max} : 120W V_{oc} : 42,1 V I_{sc} : 3,87A V_{mp} : 33,7V I_{mp} : 3,56A Max. Syst. V.: 600 V (US)

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	<u>bajo etiqueta</u>
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: visualización parcial dada la posición del panel
etiqueta y cajas de conexiones(2) atadas
 Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad - Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK 1-17. P9. Fr. IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK 1-17. P9. Fr. IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>9D, 9F</u>	<u>42,3°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZK1-17.P9.Fv.1R

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Fila 9 con suciedad visible y mucho haciendo sombra, se presentan hot spots en 9D y 9F. Contra resultados anteriores, podría haber una pérdida de entre 5 y 7%, y alta probabilidad de PID no visible por el ángulo, dada la edad.

Condición de panel

Ítem: TZKI-22 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110°ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderada
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. **Sistema** Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 5,04 kWp
 Tipo de montaje: inclinación 30° al sur
 Módulos en serie: 14 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. **Módulo** Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino
 Certificación: UL, FM
 Marca: Solarex Modelo: MSX120 N° serie: _____
 Tamaño: 9x8 Tiempo en servicio: 28 años
 P_{max}: 120 W V_{oc}: 42,1 V I_{sc}: 3,87 A V_{mp}: 33,7 V I_{mp}: 3,56 A Max. Syst. V.: 600 v(US)

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Snail tracks	<u>general</u>

Observaciones: visualización parcial dada la posición del panel, etiqueta y caja de conexiones (2) atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad-Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK 1-22 P9 Fr IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>3F, 5G</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: coloración más oscura de lo normal

Códigos de imagen: TZK1-22 P9 Fr IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Sombra	<u>fila 9</u>	<u>41.7°C</u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZKI-22.P9.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: manchas oscuras en IR se relacionan con el mocho en IV que sobrecalentó ligeramente
celdas 9E,9F No se asocian las celdas oscuras en IV con resultados IR. Pueden existir pérdidas del 5% y
PID no observable por ángulo dada la edad.

Condición de panel

Ítem: TZKI-28 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderado
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 5,04 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 14 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarix Modelo: MSX 120 N° serie: _____

Tamaño: 9x8 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 120 W V_{oc}: 42,1 V I_{sc}: 3,87 A V_{mp}: 33,7 V I_{mp}: 3,56 A Max. Syst. V.: 600 V (US)

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, visualización parcial dada la posición del panel, el viento y cajas de conexiones (2) atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Humedad-Moho</u>	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK1-28.P9.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK1-28.P9.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UT: 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>9C, 9D, 9E, 9G</u>	<u>44,5°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZKI-28.P9.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: celda 9D más afectada en hot spot IR con polvo y suciedad en UV. Demás celdas pueden calentarse por rebote y por la suciedad sobre última fila. Puede existir pérdida de 5 a 7%.

Condición de panel

Ítem: TZKI-31 y 40 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderada
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. **Sistema** Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 5,04 kWp
 Tipo de montaje: inclinación 30° al sur
 Módulos en serie: 14 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. **Módulo** Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino
 Certificación: UL, FM
 Marca: Solbrex Modelo: MSX120 N° serie: _____
 Tamaño: 9 x 8 Tiempo en servicio: 28 años
 P_{max} : 120W V_{oc} : 42,1V I_{sc} : 3,87 A V_{mp} : 33,7V I_{mp} : 3,56 A Max. Syst. V.: 600 V(US)

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, visualización parcial dada la posición del panel, etiquetas y cajas de conexiones (2) atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad - Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: Panel superior no tiene moho como el inferior

Códigos de imagen: T2K1-31-40.P9.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>2F, 3E (inferior) - 9B (superior)</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: T2K1-31-40.P9.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6 m Ángulo: 60° T.amb.: 16 °C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>2F, 3E (inferior) - 9B (superior)</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> PID	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> _____	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Códigos de imagen: TZK1-31-40.P9 Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> _____	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spots encontrados debido a suciedad puntual. Dark spots IR por moho visible en IV

Condición de panel

Ítem: TZKI-39 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderada
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 5,04 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 14 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarix Modelo: MSX 120 N° serie: _____

Tamaño: 9x8 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 120 W V_{oc}: 42,1 V I_{sc}: 3,87 A V_{mp}: 33,7 V I_{mp}: 3,66 A Max. Syst. V.: 600 V (US)

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Snail tracks	<u>bajo etiqueta</u>

Observaciones: visualización parcial dada la posición del panel, etiqueta y cajas de conexiones (2) atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Humedad - Moho</u>	<u>parte inferior</u>

Observaciones: —

Códigos de imagen: TZK1-39.P9.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>6D, fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: —

Códigos de imagen: TZK1-39.P9.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: —

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0.6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>9E</u>	<u>45°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZKI-39.P9.Fv. IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spot IR en celda 9E que puede deberse al moho presente Puede existir una pérdida de hasta 5%.

Condición de panel

Ítem: TZKI-42 Fecha: 21/3/2025 Hora: 11:37 pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 100% Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderada
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 5,04 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 14 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarix Modelo: MSX120 N° serie: _____

Tamaño: 9x8 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max} : 120W V_{oc} : 42,1V I_{sc} : 3,87A V_{mp} : 33,7V I_{mp} : 3,66A Max. Syst. V.: 600 V(Us)

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Snail tracks	<u>bajo etiqueta</u>

Observaciones: visualización parcial dada la posición del panel, etiqueta y caja de conexiones
(2) días

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad-Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK1-42 P9 Fr. IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK1-42 P9 Fr. IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>9E</u>	<u>45.8°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2K1-42.P9.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spot IR celda 9E puede asociarse con la acumulación de polvo visible en
IV. Puede generar pérdida de hasta 5%.

Condición de panel

Ítem: TZK3-20 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12.00 pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110°ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderado
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema Módulo aislado Múltiples módulos
 Capacidad y carga: 3,20 kWp
 Tipo de montaje: inclinación 30° al sur
 Módulos en serie: 25 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo Conexión directa Conexión a batería
 Tecnología: Policristalino
 Certificación: UL, FM
 Marca: Solarix Modelo: MSX 64 N° serie: _____
 Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años
 P_{max}: 64W V_{oc}: 21,3V I_{sc}: 4,0A V_{mp}: 17,5V I_{mp}: 3,66A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas	<u>bajo etiqueta</u>
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	<u>bajo etiqueta</u>
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Delaminación	<u>bajo etiqueta</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: visualización parcial dada la posición del panel, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad - Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: —

Códigos de imagen: TZK 3-20 P9.Fr. IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>5B</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>1D, 2D</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: —

Códigos de imagen: TZK 3-20 P9.Fr. IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: —

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6 m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>5B</u>	<u>39°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZK 3-20 P9 Fr IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spot IR encontrado debido a suciedad visible en IV.

Condición de panel

Ítem: T2K3-34 Fecha: 21/3/2025 Hora: 11:27 am N. Prueba: 9

Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderada

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 3,20 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 25 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solovex Modelo: MSX 64 N° serie: _____

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 64W V_{oc}: 21,3V I_{sc}: 4,0A V_{mp}: 17,5V I_{mp}: 3,66A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, visualización parcial dada la posición del panel, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Doblado	<u>parte inferior</u>

Observaciones: Adicional hay humedad y moho en la parte inferior.
La suciedad cerca de 9C dobla el marco.

Códigos de imagen: TZK 3-34.P9.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK 3-34.P9.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6 m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>8A, 9C, 9D</u>	<u>46,5°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2K3-34 P9 Fr. IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spot en 9C, 9D IR pueden asociarse a suciedad y el doblez en el marco.

El hot spot en 8A puede deberse a fisura en la celda no visible por IV. Puede existir pérdida del 5 a 7%.

Condición de panel

Ítem: TZK3-38 Fecha: 21/3/2025 Hora: 11:23 a.m N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 Km/h 110°ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: moderada
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 3,20 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 25 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: UL, FM

Marca: Solarex Modelo: MSX 64 N° serie: _____

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 64 W V_{oc}: 21,3 V I_{sc}: 4,0 A V_{mp}: 17,5 V I_{mp}: 3,66 A Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, visualización parcial dada la posición del panel, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad-Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: Moho excesivo en columnas C,D

Códigos de imagen: T2K3-38 P9 Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>2A, 6B, 7B</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<u>8A, 9A, 9B</u>

Observaciones: suciedad mayor en 9C y 9D

Códigos de imagen: T2K3-38 P9 Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UT: 260B Distancia al panel: 0,6 m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1A, 5A, 9A, 9B</u>	<u>60,1°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZK3-38.P9.Fv.1R

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spot IR en esquina 9A, 9B asociada a burn marks en celdas Hot spot IR en celda 1A puede deberse a fisura en celda. Hot spot IR en 5A relacionable a delaminación tras la celda. Puede existir pérdida del 7 a 12%.

Condición de panel

Ítem: TZK4-1 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 9
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 5300 W/m² Suciedad: moderada
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 1,02 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 2 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: BP Solar Modelo: BP 585F N° serie: -

Tamaño: 9 x 4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 85 W V_{oc}: 22,0 V I_{sc}: 5,0 A V_{mp}: 18,0 V I_{mp}: 4,72 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad - Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK4-1-2.P9.1.Fv.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>2D, fila 9</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	<u>2A</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Quebraduras	<u>1C, 5B,</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>general celdas, entre 6, 7 y 8 central: mancha amarilla, celda 2C</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: TZK4-1-2.P9.1.Fv.IV / TZK4-1.P9.2.Fv.IV / TZK4-1.P9.3.Fv.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>caja de conexiones</u>	<u>44°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2K4.P9.Fv.1R

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: no se encuentran hallazgos mediante IR, posiblemente por el tipo de vidrio frontal. Las fisuras encontradas pueden generar pérdidas al rededor del 5%.

Condición de panel

Ítem: T2K4-2 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 9

Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 5500 W/m² Suciedad: moderado

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 1,02 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 2 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: BP Solar Modelo: BP 585 F N° serie: -

Tamaño: 9 x 4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 85 W V_{oc}: 22,0 V I_{sc}: 5,0 A V_{mp}: 18,0 V I_{mp}: 4,72 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad-Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK4-1-2.P9.1.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>filo 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Quebraduras	<u>3D</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>general celdas, entre 6, 7 y 8 central: mancha amarilla</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK4-1-2.P9.1.Fr.IV / TZK4-2.P9.2.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>caja de conexiones</u>	<u>44°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2K4.P9.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: no se encuentran hallazgos mediante IR, posiblemente por el tipo de vidrio frontal. Las fisuras encontradas pueden generar pérdidas al rededor del 5%.

Condición de panel

Ítem: TZK4-4 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 9

Nubosidad: 1 oct Viento: 11 Km/h 110° ESE Irradiancia: 5500 W/m² Suciedad: moderada

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 1,02 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 2 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: BP Solar Modelo: BP 585F N° serie: -

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 85 W V_{oc}: 22,0 V I_{sc}: 5,0 A V_{mp}: 18,0 V I_{mp}: 4,72 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad-Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: T2K4-3-4 P9.1.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Quebraduras	<u>3B, 4A, 4C, 5A, 6A</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>general celdas, entre 6, 7 y 8 central: mancha amarilla</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: T2K4-3-4.P9.1.Fr.IV / T2K4-4.P9.2.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>caja de conexiones</u>	<u>44°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2W4.P9.Fv.1R

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: no se encuentran hallazgos mediante IR, posiblemente por el tipo de vidrio frontal. Las fisuras encontradas pueden generar pérdidas al rededor del 10%.

Condición de panel

Ítem: TZK4-5 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 9

Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 5500 W/m² Suciedad: moderado

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 1,02 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 2 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: BP Solar Modelo: BP 585F N° serie: -

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 85 W V_{oc}: 22,0 V I_{sc}: 5,0 A V_{mp}: 18,0 V I_{mp}: 4,32 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad-Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK4-5.P9 2.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Quebraduras	<u>4B, 4C, 3D</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>general celdas, entre 6, 7 y 8 central: mancha amarilla</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK4-5-6.P9.1.Fr.IV / TZK4-5.P9.2.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>caja de conexiones</u>	<u>44°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2W4.P9.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: no se encuentran hallazgos mediante IR, posiblemente por el tipo de vidrio frontal. Las fisuras encontradas pueden generar pérdidas al rededor del 5 a 7%.

Condición de panel

Ítem: TZK4-6 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 9

Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 5500 W/m² Suciedad: moderado

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 1,02 kWp

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 2 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: BP Solar Modelo: BP 585F N° serie: -

Tamaño: 9x4 Tiempo en servicio: 28 años

P_{max}: 85 W V_{oc}: 22,0 V I_{sc}: 5,0 A V_{mp}: 18,0 V I_{mp}: 4,72 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Aislante degradado	<u>parte inferior</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Humedad-Moho	<u>parte inferior</u>

Observaciones: _____

Códigos de imagen: TZK 4-6. P9.2 Fr. IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>6B, filo 9</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>general celdas, entre 6, 7 y 8 central: mancha amarilla</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Quemaduras	<u>9B</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZK 4-5-6. P9.1 Fr. IV / TZK 4-6. P9.2 Fr. IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,6 Ángulo: 60° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Componentes el.	<u>caja de conexiones</u>	<u>44°C</u>
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: T2K4.P9.Fv.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: no se encuentran hallazgos mediante IR, posiblemente por el tipo de vidrio frontal. Las fisuras encontradas pueden generar pérdidas al rededor del 5%.

Condición de panel

Ítem: TZKS-3 Fecha: 21/3/2025 Hora: 11:57 am N. Prueba: 10

Nubosidad: 1 oct Viento: 11 km/h 110° ESE Irradiancia: 500 w/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: _____

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 7 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: IBC solar Modelo: Poly Sol 265 VL4 N° serie: _____

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: -

P_{max} : 265W V_{oc} : 38,6V I_{sc} : 9,03A V_{mp} : 31,4V I_{mp} : 8,44A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>4A, 9F, 10A, 10D</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>2F</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Apariencia oscurecida en la esquina de 2F

Códigos de imagen: T2KS-3 PIO.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,5 m Ángulo: 30° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>2E, 9F, 10A, 10D</u>	<u>43,8°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZKS-3 PIO.Fr.IR

Observación: se presenta sombra no identificada que abarca la mitad del panel

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spots IR asociados a suciedad visible la sombra inicialmente no identificada es debida al reflejo del techo, más no es una anomalía térmica (ver imágenes Reflejo contra IR)

Condición de panel

Ítem: TZKS-4 Fecha: 21/3/2025 Hora: 11:56 am N. Prueba: 10

Nubosidad: 1 oct Viento: 11 Km/h 110°ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 7 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: IBC solar Modelo: Poly Sol 265 VL4 N° serie: -

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: -

P_{max}: 265W V_{oc}: 38,6V I_{sc}: 9,03A V_{mp}: 31,4V I_{mp}: 8,44A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/>	_____

Observaciones: Leve suciedad, sin hallazgos importantes, etiqueta y caja de conexiones atadas

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>2B, 3B, 4B</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: TZKS-4_PIO.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UT: 260B Distancia al panel: 0,6m Ángulo: 70° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>2A</u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> PID	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: TZKS-4.PI0.Fr.IR

Observación: se presenta sombra no identificada que abarca la mitad del panel

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spot IR puede ser producto de fisura. la sombra inicialmente no identificada es
debida al reflejo del techo, más no es una anomalía térmica (ver imágenes Reflejo contra IR)

Condición de panel

Ítem: T2KS-6 Fecha: 21/3/2025 Hora: 12:00 pm N. Prueba: 10
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 Km/h 10° ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: baja
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: _____

Tipo de montaje: inclinación 30° al sur

Módulos en serie: 7 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: IBC solar Modelo: Poly Sol 265 VL4 N° serie: _____

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: -

P_{max}: 265W V_{oc}: 38,6V I_{sc}: 9,03A V_{mp}: 31,4V I_{mp}: 8,44A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260 B Distancia al panel: 0,6 m Ángulo: 70° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Cold Spot	<u>parte inferior</u>	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZKS-6.P10.1 Fr.IR / TZKS-6.P10.2 Fr.IR / TZKS-6.P10.3 Fr.IR

Observaciones: cold spot generado por sombra intencional.

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Tras 5 minutos de sombra intencional no se observa sobrecalentamiento del panel,

únicamente oscurecimiento de la zona afectada. (comparar contra monocristalino)

Condición de panel

Ítem: 17KS-R Fecha: 21/3/2025 Hora: 11:52 pm N. Prueba: 10
 Nubosidad: 1 oct Viento: 11 Km/h 110°ESE Irradiancia: 500 W/m² Suciedad: baja
 En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema Módulo aislado Múltiples módulos
 Capacidad y carga: -
 Tipo de montaje: -
 Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo Conexión directa Conexión a batería
 Tecnología: Monocristalino
 Certificación: -
 Marca: Phosun Modelo: SunPlus 505 N° serie: 310200
 Tamaño: 6x3 Tiempo en servicio: -
 P_{max}: 50 W V_{oc}: 21.6 V I_{sc}: 3.07 A V_{mp}: 17.6 V I_{mp}: 2.84 A Max. Syst. V.: 600 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos, etiqueta y caja de conexiones atrás

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>1A, 6A, 6B, 6C</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Grietas en celdas</u>	<u>2A, 3, 4, 5, 6C</u>

Observaciones: Las grietas tienen apariencia de burn marks

Códigos de imagen: TZKS-R. P10.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: UTi 260B Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 70° T.amb.: 16°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>2A, 6B, 6C</u>	<u>34,4°C</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: TZKS-R.PD.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: hot spots IR asociados a suciedad visible. No se encuentran anomalías térmicas por los burn marks.

Apéndice J

Reporte 4

Datos generales			
Encargado de reporte	Mariano Solís Aguilar		
Supervisor	Carlos Mauricio Segura		
Planta	Complejo Solar TEC	Tiempo en servicio	6 años
Ubicación	Lat.: 9° 43' 53" N	Long.: 83° 50' 25" O	Alt.: 1340 m.s.n.m

Condiciones ambientales			
Temperatura del aire	19°C	/ 23°C	/ 25°C
Humedad	81%	/ 60%	/ 65%
Velocidad y dirección del viento	5 Km/h 85°E	/ 8 Km/h 80°E	/ 11 Km/h 83°E
Irradiancia solar reportada	-	/ 616 w/m ²	/ 970 w/m ²
Nubosidad	-	/ 3 oct	/ 1 oct
Otros: condiciones del 24/4 son nocturnas (7:00pm) condiciones 12/5 son diurnas (10:30 am - 12:00pm) condiciones del 25/4 son diurnas (10:30 am - 2:00pm)			

Cámaras			
	IV	IR	UV
Fabricante	Apple Inc.	HIKMICRO	Apple Inc.
Modelo	Dual 12 MP	M20	Dual 12 MP
Serie	H4YLD7330FOX	-	H4YLD7330FOX
Sensor	wide - ultra wide	-	wide - ultra wide
Filtro	cobertura de zafiro	Integrado IR-óptico	cobertura de zafiro
Resolución	12 MP HDR	256 x 192 - 8MP	12 MP HDR
Rango	-	-20°C ~ 550°C	-

Nomenclatura de inventario				
Ubicación	Sector	String	Módulo	Abreviatura
Complejo Solar	Terraza 0	1	-	CST0.1
Complejo Solar	Terraza 0	2	-	CST0.2
Complejo Solar	Terraza 1	1	5	CST1.1-5
Complejo Solar	Terraza 1	1	9	CST1.1-9
Complejo Solar	Terraza 1	1	11	CST1.1-11
Complejo Solar	Terraza 1	1	12	CST1.1-12
Complejo Solar	Terraza 1	1	14	CST1.1-14
Complejo Solar	Terraza 1	1	15	CST1.1-15
Complejo Solar	Terraza 1	1	16	CST1.1-16
Complejo Solar	Terraza 1	1	17	CST1.1-17
Complejo Solar	Terraza 1	1	18	CST1.1-18
Complejo Solar	Terraza 1	1	19	CST1.1-19
Complejo Solar	Terraza 1	1	20	CST1.1-20
Complejo Solar	Terraza 1	2	5	CST1.2-5
Complejo Solar	Terraza 1	2	15	CST1.2-15
Complejo Solar	Terraza 1	2	17	CST1.2-17
Complejo Solar	Terraza 1	3	6	CST1.3-6
Complejo Solar	Terraza 1	4	12	CST1.4-12
Complejo Solar	Terraza 1	4	18	CST1.4-18

Nomenclatura de inventario				
Ubicación	Sector	String	Módulo	Abreviatura
Complejo Solar	Terraza 1	4	19	CST1.4-19
Complejo Solar	Terraza 1	5	7	CST1.5-7
Complejo Solar	Terraza 1	5	18	CST1.5-18
Complejo Solar	Terraza 1	6	8	CST1.6-8
Complejo Solar	Terraza 1	6	19	CST1.6-19
Complejo Solar	Terraza 1	7	7	CST1.7-7
Complejo Solar	Terraza 2	1	Col. 1	CST2.1-1
Complejo Solar	Terraza 2	1	Col. 2	CST2.1-2
Complejo Solar	Terraza 2	1	Col. 3	CST2.1-3
Complejo Solar	Terraza 2	1	Col. 6-7	CST2.1-6-7
Complejo Solar	Terraza 2	1	Col. 10	CST2.1-10
Complejo Solar	Terraza 2	2	Col. 6	CST2.2-6
Complejo Solar	Terraza 2	2	Col. 7	CST2.2-7
Complejo Solar	Terraza 2	2	Col. 8	CST2.2-8
Complejo Solar	Terraza 2	2	Col. 9	CST2.2-9
Complejo Solar	Terraza 2	2	Col. 10	CST2.2-10
Complejo Solar	Terraza 2	3	3	CST2.2-3
Complejo Solar	Terraza 2	3	4	CST2.3-4
Complejo Solar	Terraza 2	3	12	CST2.3-12
FundaTEC	Techo	-	-	FTEC

Especificación técnica por terraza									
	Marca	Modelo	Tecnología	P _{max}	V _{oc}	I _{sc}	V _{mp}	I _{mp}	Capacidad por cadena
CST0.1	Trina Solar	TSM-330DE14H	Celda partida	370W	47,6V	9,88A	39,2V	9,44A	-
CST0.2	Jinko Solar	JKM34SM-72	Monocristalino	345W	47,3V	9,31A	38,9V	8,87A	-
CST1.1	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW
CST1.2	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW
CST1.3	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW
CST1.4	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW
CST1.5	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW
CST1.6	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW
CST1.7	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW
CST2.1	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	19,8 kW
CST2.2	Jinko Solar	JKM34SM-72	Monocristalino	345W	47,3V	9,31A	38,9V	8,87A	20,7 kW
CST2.3	Trina Solar	TSM-330PD14	Policristalino	330W	45,8V	9,28A	37,4V	8,83A	6,6 kW

Resumen

Inspección					
Ítem	Hallazgos IV	Hallazgos IR	Hallazgos UV	Desempeño eléctrico	Rating
CST1.1-16	3	-	10	-	V
CST1.1-17	3	1	4	-	V
CST1.1-18	5	-	8	-	V
CST1.1-19	12	-	7	-	V
CST1.1-20	4	-	13	-	V
CST1.3-6	4	2	-	-	V
CST1.5-18	7	1	-	-	V
CST1.6-8	2	2	-	-	V
CST1.6-19	3	2	-	-	V
CST2.1-1	2	5	-	-	V
CST2.1-2	3	3	-	-	V
CST2.1-3	2	2	-	-	V
CST2.1-10(6)	-	6	-	-	V
CST2.2-6	10	6	-	-	V
CST2.2-7	5	1	-	-	V
CST2.2-8	4	2	-	-	V
CST2.2-9	4	2	-	-	V
CST2.2-10	1	2	-	-	V
CST2.2-3	2	2	-	-	V
CST2.3-4	1	1	-	-	A
FTEC	1	1	-	-	R

Condición de panel

Ítem: CST1.1-16 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 11

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Polisilicio

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: 568180301000369

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max} : 330W V_{oc} : 45,8V I_{sc} : 9,28A V_{mp} : 37,4V I_{mp} : 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual (25/4 @ 10:10 AM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos. Etiqueta de datos parte trasera

Códigos de imagen: CST1.1-16.P11.Tr.IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>fila 12</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Manchas tipo gota seca</u>	<u>general</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: C.STI.1-16.P11.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO H20 Distancia al panel: ~1,5m Ángulo: 70° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST1-16.P11.Fr.IR

Sin anomalías térmicas

Fluorescencia UV (24/4 @7:30pm)

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,3 m Ángulo: 60°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>1C, 1D</u>	<u>reciente</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>2F, 5E, 6B, 7A, 10A, 10F</u>	<u>reciente</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Fisura	<u>8C, 10C</u>	<u>reciente</u>

Códigos de imagen: CST1-16.P11.1C-1D.Fr.UV / CST1-16.P11.2F.Fr.UV / CST1-16.P11.5E.Fr.UV

CST1-16.P11.6B.Fr.UV / CST1-16.P11.7A.Fr.UV / CST1-16.P11.8C.Fr.UV / CST1-16.P11.10A.Fr.UV / CST1-16.P11.10C.Fr.UV / CST1-16.P11.10F.Fr.UV

Patrones encontrados: Mediante UV se concluye que el panel presenta fisuras que degradan el encapsulante, dadas las condiciones de calor y humedad. No presenta anomalías térmicas por IR, de forma que las fisuras aún no son graves.

Condición de panel

Ítem: CST11-17 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 11

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. **Sistema** Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. **Módulo** Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Jrina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: 568180701000802

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. **Inspección visual** (25/5 @ 10:10AM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos. Etiqueta de datos en parte trasera.

Códigos de imagen: CST11-17 P11 Tr IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	base

Observaciones: _

Códigos de imagen: CST1.1-13.P11.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	bajo fila 12 general, 7E
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Marcos circulares	5A, 6A, 3A, 8A, 11A, 12A, 11E, 12E

Observaciones: _

Códigos de imagen: CST1.1-13.P11.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: _

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 2m Ángulo: 30° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>7E (suciedad)</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> PID	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> _____	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Códigos de imagen: CST11-17-P11-Fr-IR

Fluorescencia UV (24/5 @ 7:30pm)

Cámara: Phone 12 Distancia al panel: 0,3m Ángulo: 30°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365 nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>1C, 1D</u>	<u>reciente</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>2E</u>	<u>reciente</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Puntos	<u>12E</u>	<u>reciente</u>
<input type="checkbox"/> _____	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Códigos de imagen: CST11-17-P11-1C-1D-Fr-UV / CST11-17-P11-2E-Fr-UV / CST11-17-P11-12E-Fr-UV

Patrones encontrados: Mediante UV se concluye que el panel presenta fisuras que degradan el encapsulante, dados las condiciones de calor y humedad. No presenta anomalías térmicas por IR, de forma que las fisuras aún no son graves. El hot spot encontrado es debido a suciedad.

Condición de panel

Ítem: CSTI.I-18 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 11

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Triun Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: 568180701000740

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual (25/5 @ 10:10 AM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos. Etiqueta de datos en parte trasera.

Códigos de imagen: CSTI.I-18.PIL.Tr.IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>parte inferior</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST1.1-18.PII.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>general, 11A</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	<u>12A</u>
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>fila 12</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST1.1-18.PII.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 2m Ángulo: 70° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: —

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CSTI-1-18.PII.Fr.IR

Sin hallazgos

Fluorescencia UV (24/4 @ 7.30 pm)

Cámara: Phone 12 Distancia al panel: 0,3m Ángulo: 70°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>1C, 1D</u>	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>4C</u>	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CSTI-18.PII.1C-1D.Fr.UV

Patrones encontrados: Mediante UV se concluye que el panel presenta fisuras que degradan el encapsulante, dadas las condiciones de calor y humedad. No presenta anomalías térmicas por IR, de forma que las fisuras aún no son graves.

Condición de panel

Ítem: CSTL1-19 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 11

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: 56818080704046

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual (25/5 @ 10:10 AM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos. Etiqueta de datos en parte trasera

Códigos de imagen: CSTL1-19.P11.Tr.IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	parte inferior

Observaciones: —

Códigos de imagen: CST.LI-19.PII.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	General, 3E
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	fila 12
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Marcos circulares	2A, 2E, 5A, 5E, 6A, 3A, 8A, 8E

Observaciones: —

Códigos de imagen: CST.LI-19.PII.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: —

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 2m Ángulo: 30° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: —

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CSTI-19.PII.Fr.IR

(Sin hallazgos)

Fluorescencia UV (2414 @ 7:30pm)

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,3m Ángulo: 30°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>1C, 1D</u>	<u>reciente</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>2B, 6A, 6F, 7A, 7F</u>	<u>reciente</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CSTI-19.PII.1C-1D.Fr.UV / CSTI-19.2B.Fr.UV / CSTI-19.6A.Fr.UV / CSTI-19.6F.Fr.UV

CSTI-19.7A.Fr.UV / CSTI-19.7F.Fr.UV

Patrones encontrados: Mediante UV se concluye que el panel presenta fisuras que degradan el encapsulante, dadas las condiciones de calor y humedad. No presenta anomalías térmicas por IR, de forma que las fisuras aún no son graves.

Condición de panel

Ítem: CSTLI-20 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 11

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: SC8180800104038

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual (25/5 @ 10:10 AM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos Etiqueta de datos en parte trasera

Códigos de imagen: CSTLI-20.PU.Tr.IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	parte inferior

Observaciones: _ _

Códigos de imagen: CST1.1-20.P11.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	general
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	9A
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	fila 12
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _ _

Códigos de imagen: CST1.1-20.P11.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: _ _

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 2m Ángulo: 30° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CSTL1-20-P11-Fr-IR

(Sin hallazgos)

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,3m Ángulo: 30°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: _____

Patrones encontrados: Mediante UV se concluye que el panel presenta fisuras que degradan el encapsulante, dados las condiciones de calor y humedad. No presenta anomalías térmicas por IR, de forma que las fisuras aún no son graves.

Condición de panel

Ítem: CST11.3-6 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Polisilicio

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CSTI.3-6 P13 I.F.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>10B, filo 12</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>general (esquinas de vidrios)</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Delaminación	<u>1A</u>

Observaciones: Piedra en 10B

Códigos de imagen: CSTI.3-6 P13 I.F.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 30° T.amb.: 25°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1D, 1E</u>	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST13-6.P13.Fr.1R

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontradas

Condición de panel

Ítem: CSTI.5-18 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct. Viento: 11 Km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Polisilicio

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST.1.5-18.P13.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>fila 12, general piedras y pasto</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Las celdas 11B-11E tienen apariencia de fisura

Códigos de imagen: CST.1.5-18.P13.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5 m Ángulo: 30° T.amb.: 25°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1D</u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> PID	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: CSTI.5-18.P13.FV.12

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontrados

Condición de panel

Ítem: CST1.6-8 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct. Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 970 w/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 KW (6,6 KW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Polisilicio

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: C.S.TI.6-8.P13.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>general, fila 12</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: C.S.TI.6-8.P13.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HI-MICRO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 70° T.amb.: 25°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1D, 1E</u>	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CSTL 6-8. P13. Fr. IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontrados

Condición de panel

Ítem: CSI1.6-19 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 83°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 46,2 kW (6,6 kW/cadena)

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Tiino Solar Modelo: TSH-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330 W V_{oc}: 45,8 V I_{sc}: 9,28 A V_{mp}: 37,4 V I_{mp}: 8,83 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST1.6-19.P13 Fr.1V

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>3D, general</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: La celda 12D tiene apariencia de delaminación

Códigos de imagen: CST1.6-19.P13 Fr.1V

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: FLIKRICO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 70° T.amb.: 25°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1E, 3D</u>	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CSTI.6-19.P13.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: 3D hot spot por suciedad.

Condición de panel

Ítem: CSI 2.1-1 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 w/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 19,8 kW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST 2.1-1 P13 Fr. IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>paneles 5 y 6 con piedras</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST 2.1-1 P13 Fr. IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 70° T.amb.: 25°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Sombra	<u>5 paneles</u>	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST2.1-1 P13.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sombra y reflejo generada por poste cercano

Condición de panel

Ítem: CSI 2.1-2 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct. Viento: 11 Km/h 85°E Irradiancia: 970 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 19,8 kW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST2.1-2.P13.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>paneles 5 y 6</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Panel 6 celda 4C con apariencia de burbuja

Códigos de imagen: CST2.1-2.P13.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1.5 m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al mas bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Sombra	<u>5 paneles</u>	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST2.1-2.P13.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sombra causada por poste cercano

Condición de panel

Ítem: CSI 2.1-3 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 19,8 kW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Trino Solar Modelo: TSH-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST2.1-3.PI3.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>paneles 5 y 6</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST2.1-3.PI3.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5 m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: _____

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Sombra	<u>2 paneles</u>	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST2.1-3. P3. F. IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sombra por parte cercana

Condición de panel

Ítem: CST 2.1-10(6) Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 19,8 kW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Trino Solar Modelo: TSH-330 PD14 N° serie: _____

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST2.1-10 P13 Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST2.1-10 P13 Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>junction box</u>	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST2.1-10.P13.Fz.1R

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontrados

Condición de panel

Ítem: CSI 2.2-6 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct. Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. **Sistema** Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 20,7 KW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. **Módulo** Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JKH345M-32 N° serie: -

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 345 W V_{oc}: 47,3 V I_{sc}: 9,31 A V_{mp}: 38,9 V I_{mp}: 8,87 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST2.2-6 P13.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>paneles 2, 3, 5, 6</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Panel 3 con patin en columna A (5-10). Panel 6 con irregularidades en bus bars

Códigos de imagen: CST2.2-6 P13.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5 m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>junction box</u>	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST 2-6 P13.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Hot spot por piedra panel 5 (IF)

Condición de panel

Ítem: CSI 2.2-7 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 20,7 kW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JKM345M-32 N° serie: -

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 345 W V_{oc}: 47,3 V I_{sc}: 9,31 A V_{mp}: 38,9 V I_{mp}: 8,87 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST 2-3-PI3-Fr-IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>paneles 1,3,4,5,6</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST 2-3-PI3-Fr-IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1.5m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>junction box (panel 6)</u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> PID	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: CST 2.2 - 7 PIB.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontrados

Condición de panel

Ítem: CST 2.2-8 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 20,7 KW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JKM345H-72 N° serie: -

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 345 W V_{oc}: 47,3 V I_{sc}: 9,31 A V_{mp}: 38,9 V I_{mp}: 8,87 A Max. Syst. V: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST 2-8-P13-Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>paneles 1,2,3,6</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST 2-8-P13-Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>junction box, suciedad</u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> PID	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: CST2.2-8.P13.Fr.1R

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Hot spots por suciedad.

Condición de panel

Ítem: CST 2.2-9 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 20,7 KW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JKH345M-72 N° serie: -

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 345 W V_{oc}: 47,3 V I_{sc}: 9,31 A V_{mp}: 38,9 V I_{mp}: 8,87 A Max. Syst. V: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST 2.2-9.P13.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>paneles 2,5,6</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>panel 4</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Decoloración con apariencia de delaminación.

Códigos de imagen: CST 2.2-9.P13.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1.5 m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>junction box, panel 6 (SC)</u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> PID	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: CST 2.2-9.P13.Fr-IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Celda 5C con apariencia de tierra/suciedad presenta hot spot.

Condición de panel

Ítem: CST 2.2-10 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85° E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 20,3 KW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JKM345M-32 N° serie: -

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 345 W V_{oc}: 47,3 V I_{sc}: 9,31 A V_{mp}: 38,9 V I_{mp}: 8,87 A Max. Syst. V: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST 2-10.P13.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST 2-10.P13.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>junction box</u>	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST.2.2-10.P13.1.Fr.IR / CST.2.2-10.P13.2.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontrados

Condición de panel

Ítem: CST 2.2-3 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85° E Irradiancia: 930 W/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 20,7 KW en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 60 Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JM345M-32 N° serie: -

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 345 W V_{oc}: 47,3 V I_{sc}: 9,31 A V_{mp}: 38,9 V I_{mp}: 8,87 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST 2.2-3.PI3.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>columna A panel 6</u>
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST 2.2-3.PI3.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5 m Ángulo: 60° T.amb.: 25°C
(al más bajo)

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>junctio box, 2A 4to panel</u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> PID	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: CST 2.2 - 3. P13. Fr. IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u> </u>	<u> </u>
<input type="checkbox"/> <u> </u>	<u> </u>	<u> </u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontrados

Condición de panel

Ítem: CST 2.3-4 Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 w/m² Suciedad: baja

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: 6,6 kw en cadena

Tipo de montaje: inclinación al sur

Módulos en serie: 20 Módulos en paralelo: Puesta a tierra:

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: -

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330 PD14 N° serie: 5L8180701000802

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 5 años

P_{max}: 330W V_{oc}: 45,8V I_{sc}: 9,28A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,83A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: CST 2.3-4.PI3.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: CST 2.3-4.PI3.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 30° T.amb.: 25°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input type="checkbox"/> Hot Spot	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Cold Spot	<u>fila F</u>	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: CST2.3-4.P13.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Sin patrones encontrados

Condición de panel

Ítem: F TEC Fecha: 12/5/25 Hora: 10:00 am N. Prueba: 13

Nubosidad: 2 oct Viento: 11 km/h 85°E Irradiancia: 930 w/m² Suciedad: alta

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: inclinación al norte

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: -

Certificación: -

Marca: - Modelo: - N° serie: -

Tamaño: - Tiempo en servicio: -

P_{max} : - V_{oc} : - I_{sc} : - V_{mp} : - I_{mp} : - Max. Syst. V.: -

3. Inspección visual

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: -

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: -

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Suciedad extrema

Códigos de imagen: FTEC.PI3.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: -

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: - Ángulo: - T.amb.: 25°C

Equipo adicional: -

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>área afectada por suciedad</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> PID	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> <u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>

Códigos de imagen: FTEC.P13.1.Fr.IR / FTEC.P13.2.Fr.IR / FTEC.P13.3.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: - Distancia al panel: - Ángulo: -

Equipo adicional: -

Encapsulante frontal: - Encapsulante trasero: -

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	<u>-</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> <u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>

Códigos de imagen: -

Patrones encontrados: Calentamiento por sombra

Apéndice K

Reporte 5

Condición de panel

Ítem: SL1 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 12

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: alta

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: -

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JKM320PP-72 N° serie: 135208190403120066593204

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: 12 años

P_{max}: 320W V_{oc}: 46,4V I_{sc}: 9,05A V_{mp}: 37,4V I_{mp}: 8,56A Max. Syst. V.: 1000V

3. Inspección visual (25/4 @ 2:00 PM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Alta suciedad	<u>General</u>

Observaciones: Etiqueta de datos en parte posterior

Códigos de imagen: SL1.P12.Tr.IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Marcado /Golpeado	General

Observaciones: Marcas de pintura y golpes. Extrema suciedad en la parte superior.

Códigos de imagen: SL1.P12.1.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Quebraduras	Todo el vidrio
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	General
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Abrasión	6F, 7F, 11F, 12F, 1A, 2A, 1B, 2B

Observaciones: -

Códigos de imagen: SL1.P12.1.Fr.IV / SL1.P12.2.Fr.IV / SL1.P12.3.Fr.IV / SL1.P12.4.Fr.IV / SL1.P12.5.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 4m Ángulo: 85° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: controlador de carga 1000 W, batería 12V-134Ah, carga 13W

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1A, 1C, 2A, 3A, 3D, 8A, 9A</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>general</u>	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: SL1.P12.Fr.IR

Fluorescencia UV (24/4 @ 6:30 pm)

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365 nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>fila superior</u>	<u>media</u>
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: SL1.P12.1.Fr.UV

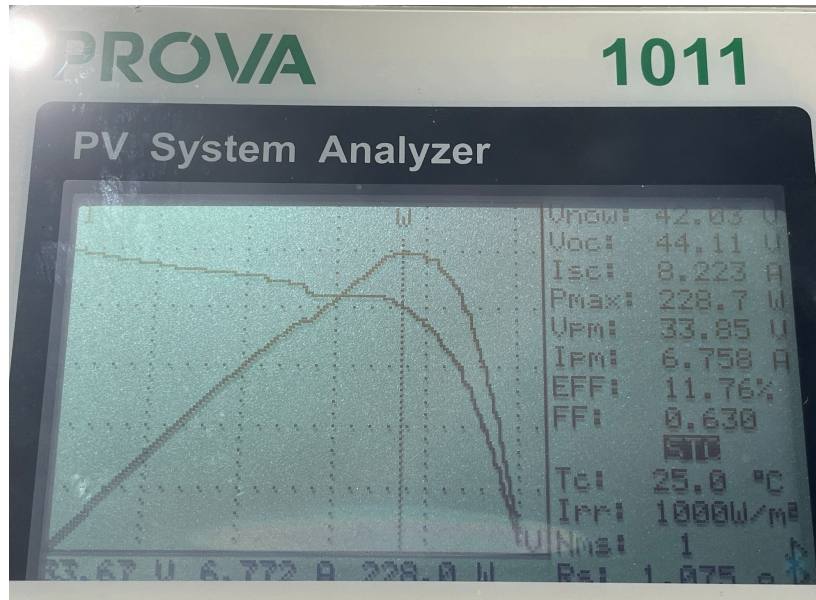
Patrones encontrados: la fila superior se degradó altamente según hallazgos UV y UV. A pesar de el vidrio quebrado, el encapsulante no se ha degradado aceleradamente en el resto del panel.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: —

P_{max}: 320 W V_{oc}: 46,4 V I_{sc}: 9,05 A V_{mp}: 33,4 V I_{mp}: 8,56 A (Datos de placa)



P_{max}: 228,7 W V_{oc}: 44,11 V I_{sc}: 8,22 A V_{mp}: 33,85 V I_{mp}: 6,76 A (Reales)

Análisis: Caída del 28,53% de la potencia nominal. Degradación (12 años) y vidrio quebrado.

Pico de caída de I y P al medio y pendiente decreciente.

Resultados contra espectroscopía: La caída al medio se asocia con la abrasión y sobrecalentamiento. La pendiente decreciente se asocia al estado del vidrio.

Condición de panel

Ítem: SL 2 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 12

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: alta

En sitio Solar Simulator Dark room CCU

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: -

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinko Solar Modelo: JKM325PP-72 N° serie: 130204180202110209980430

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 12 años

P_{max}: 325 W V_{oc}: 46,7 V I_{sc}: 9,10 A V_{mp}: 37,6 V I_{mp}: 8,66 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual (25/4 @ 2:00 PM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Impactos	<u>3E (atrás), 11E (atrás)</u>

Observaciones: impacto real: 3E, réplica: 11E

Códigos de imagen: SL2.P12.1.Tr.IV/SL2.P12.2.Tr.IV/SL2.P12.3.Tr.IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Desmontado	<u>parte inferior</u>
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: - _____

Códigos de imagen: SL2.P12.1.Fr.IV _____

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Quebraduras	<u>3E, 11E, general (consecuencia)</u>
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Sustancia</u>	<u>4E</u>

Observaciones: sustancia podría ser encapsulante oxidado _____

Códigos de imagen: SL2.P12.1.Fr.IV/SL2.P12.2.Fr.IV/SL2.P12.3.Fr.IV _____

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: _____

Códigos de imagen: _____

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 4m Ángulo: 90° T.amb.: 23°

Equipo adicional: controlador de carga 1000 W, batería 12V-134Ah, carga 13W

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1A, 1C, 9B, 12A</u>	<u>-</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Cold Spot	<u>mancha central</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>general</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> _____	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Códigos de imagen: SL2.P12.Fr.IR

Fluorescencia UV

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 1m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365 nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>general</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Puntos	<u>4F (sin encaps)</u>	<u>-</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Degrad. acelerada	<u>general, mayor esquinas</u>	<u>-</u>

Códigos de imagen: SL2.P12.1.Fr.UV/SL2.P12.2.Fr.UV/SL2.P12.3.Fr.UV/SL2.P12.4.Fr.UV/SL2.P12.5.Fr.UV

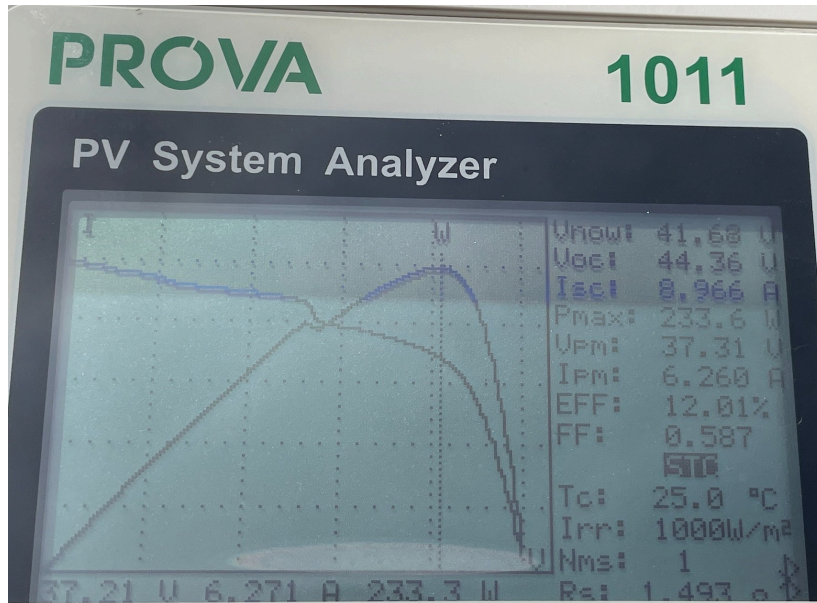
Patrones encontrados: Dados los impactos, el encapsulante se degradó en gran parte según la evidencia UV. Térmicamente el panel funciona parcialmente sobrecalentando una de las celdas.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25 °C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: —

P_{max}: 325 W V_{oc}: 46,7 V I_{sc}: 9,10 A V_{mp}: 37,6 V I_{mp}: 8,66 A (Datos de placa)



P_{max}: 233,6 W V_{oc}: 44,36 W I_{sc}: 8,97 A V_{mp}: 37,3 V I_{mp}: 6,26 A (Reales)

Análisis: Caída del 28,12% de P_{nom}. Pendiente decreciente constante y pico de caída al medio. El daño principal se debe al golpe.

Resultados contra espectroscopía: Hot spots y degradación del encapsulante generan daño severo hace caer la eficiencia.

Condición de panel

Ítem: SL3 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 12

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: alta

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: -

Tipo de montaje: -

Módulos en serie: - Módulos en paralelo: - Puesta a tierra: -

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: -

Marca: Jinke Solar Modelo: JKM320PP-72 N° serie: 133204161203110119321009

Tamaño: 12x6 Tiempo en servicio: 12 años

P_{max}: 325 W V_{oc}: 46.7 V I_{sc}: 9.10 A V_{mp}: 37.6 V I_{mp}: 8.66 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual (25/4 @ 2:00 PM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas	<u>Mód superior</u>
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: SL3_P12_Tr_IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Desmontado	<u>esquina sup. derecha - parte inferior</u>
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Marcas de pintura</u>	<u>general</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: SL3.P12.1.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>1A, 1E</u>
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: -

Códigos de imagen: SL3.P12.1.Fr.IV / SL3.P12.2.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 4m Ángulo: 90° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: controlador de carga 1000 W, batería 12V-134Ah, carga 13W

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>1A, 3B, 10A, 11A, 12A</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	_____	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: SL3.P12.Fr.IR

Fluorescencia UV (24/4 @ 6:00pm)

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 1m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Interrupción	<u>5D, 8C, 9E</u>	<u>media</u>

Códigos de imagen: SL3.P12.1.Fr.UV/SL3.P12.5D.Fr.UV/SL3.P12.8C.Fr.UV/SL3.P12.9E.Fr.UV

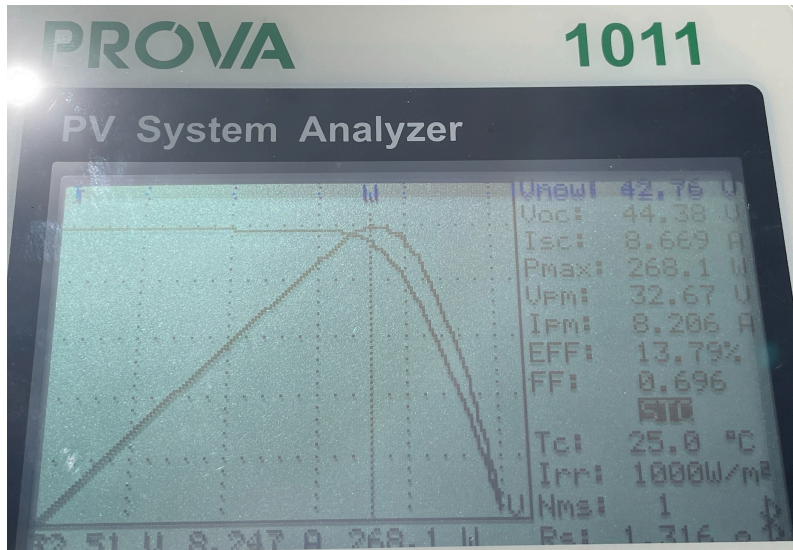
Patrones encontrados: No hay relación aparente entre IR y UV. Se presenta daño térmico (PID probablemente). Las muestras UV indican fisuras en celdas, pero sin daño térmico directo.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: -

P_{max}: 325 W V_{oc}: 46.7 V I_{sc}: 9.10 A V_{mp}: 37.6 V I_{mp}: 8.66 A (Datos de placa)



P_{max}: 268.1 W V_{oc}: 44.38 V I_{sc}: 8.67 A V_{mp}: 32.67 V I_{mp}: 8.21 A (Reales)

Análisis: Pérdida del 13,51%. El comportamiento de la gráfica es natural, pero según los parámetros estimados sí hay degradación.

Resultados contra espectroscopía: Presenta 5 hot spots y evidencia de 3 fisuras que representan pérdidas adicionales a la degradación por edad.

Condición de panel

Ítem: SL4 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 12

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: alta

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: —

Tipo de montaje: —

Módulos en serie: — Módulos en paralelo: — Puesta a tierra: —

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Monocristalino

Certificación: —

Marca: Jinko Solar Modelo: JKM320PP-72 N° serie: 13320416207110119320264

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 12 años

P_{max}: 320 W V_{oc}: 46,4 V I_{sc}: 9,05 A V_{mp}: 37,4 V I_{mp}: 8,56 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual (25/4 @ 2:00 PM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Burbujas	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Rastros de golpes</u>	<u>general</u>

Observaciones: rastro de arrastre o golpe con alta suciedad. Etiqueta de datos

Códigos de imagen: SL4.P12.Tr.IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Desmontado	<u>lado derecho</u>
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: —

Códigos de imagen: SL4.P12.1.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad	<u>lado izquierdo</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Rayaduras	<u>general</u>
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>abrasión</u>	<u>5C</u>

Observaciones: —

Códigos de imagen: SL4.P12.1.Fr.IV / SL4.P12.2.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Cable de conexión trabado

Códigos de imagen: —

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 4m Ángulo: 90° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: controlador de carga 1000 W, batería 12V-134Ah, carga 13W

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>10A, 12A</u>	_____
<input type="checkbox"/> Cold Spot	_____	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____	_____
<input type="checkbox"/> Componentes el.	_____	_____
<input checked="" type="checkbox"/> PID	<u>parte izquierda</u>	_____
<input type="checkbox"/> Patrón	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: SL4.P12.Fr.IR

Fluorescencia UV (24/4 @ 6:30 pm)

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 1,5m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365 nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input type="checkbox"/> Líneas irregulares	_____	_____
<input type="checkbox"/> Manchas irreg.	_____	_____
<input type="checkbox"/> Puntos	_____	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____	_____

Códigos de imagen: SL4.P12.Fr.UV

(Sin hallazgos)

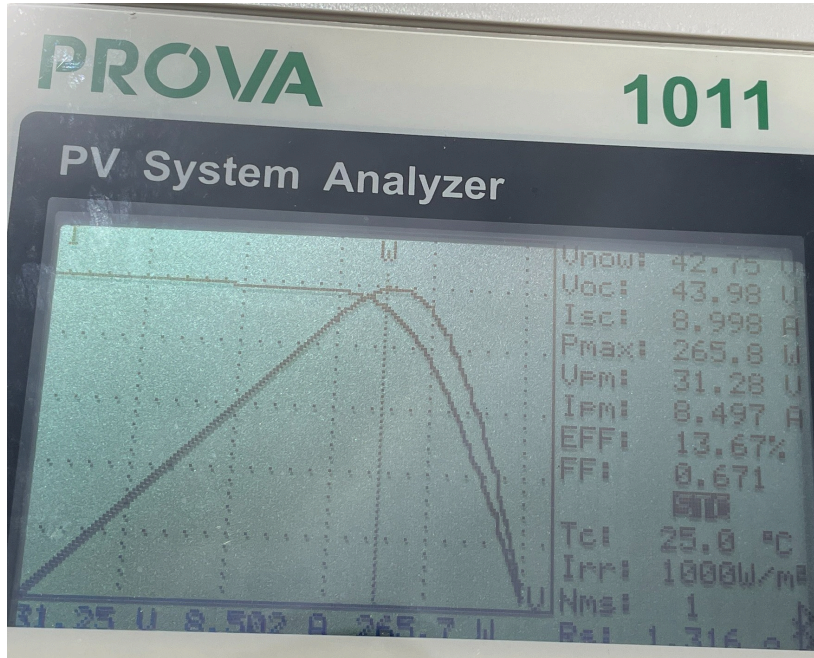
Patrones encontrados: No se encuentran evidencias UV de fisuras en celdas, ni relación a hotspots IR. Térmicamente el panel presenta degradación.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25 °C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: -

P_{max}: 320 W V_{oc}: 46,4 V I_{sc}: 9,05 A V_{mp}: 31,4 V I_{mp}: 8,56 A (Datos de placa)



P_{max}: 265,8 W V_{oc}: 43,98 V I_{sc}: 8,99 A V_{mp}: 31,28 V I_{mp}: 8,49 A (Reales)

Análisis: La curva se comporta de manera normal, pero los valores obtenidos indican pérdida del 16,94%.

Resultados contra espectroscopía: No se encontró evidencia de fisuras mediante UV y no hay tanta evidencia IR, pero sí implica degradación adicional a la edad.

Condición de panel

Ítem: SL5 Fecha: (se especifica) Hora: (se especifica) N. Prueba: 12

Nubosidad: 3 oct Viento: 5 km/h Irradiancia: 616 W/m² Suciedad: moderada

En sitio Solar Simulator Dark room CCU _____

1. Sistema

Módulo aislado Múltiples módulos

Capacidad y carga: —

Tipo de montaje: —

Módulos en serie: — Módulos en paralelo: — Puesta a tierra: —

2. Módulo

Conexión directa Conexión a batería

Tecnología: Policristalino

Certificación: —

Marca: Trina Solar Modelo: TSM-330PD14 N° serie: 56818080300137

Tamaño: 12 x 6 Tiempo en servicio: 12 años

P_{max}: 330 W V_{oc}: 45,8 V I_{sc}: 9,28 A V_{mp}: 37,4 V I_{mp}: 8,83 A Max. Syst. V.: 1000 V

3. Inspección visual (25/4 @ 2:00 PM)

Parte trasera

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Grietas	_____
<input type="checkbox"/> Chalking	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input checked="" type="checkbox"/> Burbujas	<u>12A</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Decoloración	<u>12A</u>
<input type="checkbox"/> Delaminación	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Etiqueta de datos

Códigos de imagen: SL5.P12 Tr. IV

Parte frontal

Marco/montaje

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Quebrado	_____
<input type="checkbox"/> Desmontado	_____
<input type="checkbox"/> Corroído	_____
<input type="checkbox"/> Aislante degradado	_____
<input type="checkbox"/> _____	_____

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: SLS.P12.1.Fr.IV

Vidrio/Polímero

Hallazgo	Coordenadas
<input type="checkbox"/> Suciedad	_____
<input type="checkbox"/> Rayaduras	_____
<input type="checkbox"/> Quebraduras	_____
<input type="checkbox"/> Decoloración	_____
<input type="checkbox"/> Quemaduras	_____
<input type="checkbox"/> Sombra	_____
<input checked="" type="checkbox"/> <u>Burbujas</u>	<u>12A, 12B</u>

Observaciones: -

Códigos de imagen: SLS.P12.1.Fr.IV / SLS.P12.2.Fr.IV

Conexión eléctrica/Componentes electrónicos

Observaciones: Sin hallazgos

Códigos de imagen: -

4. Espectroscopía

Termografía Infrarroja

Cámara: HIKMICRO Distancia al panel: 4m Ángulo: 90° T.amb.: 23°C

Equipo adicional: controlador de carga 1000 W, batería 12V-134Ah, carga 13W

Hallazgo	Coordenadas	T
<input checked="" type="checkbox"/> Hot Spot	<u>.1F, 2F, 10C, 11D</u>	<u>-</u>
<input type="checkbox"/> Cold Spot	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Sombra	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Componentes el.	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> PID	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> Patrón	<u>_____</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> _____	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Códigos de imagen: SL5.P12.Fr.1R (SL5.P12.1.Fr.1V posición)

Fluorescencia UV (25/5 @ 3:00 pm, cuarto eléctrico)

Cámara: iPhone 12 Distancia al panel: 0,3m Ángulo: 90°

Equipo adicional: Lámpara y filtro UV band pass 365 nm

Encapsulante frontal: _____ Encapsulante trasero: _____

Hallazgo	Coordenadas	Antigüedad
<input checked="" type="checkbox"/> Líneas irregulares	<u>.1C, 1D, 1F, 2F</u>	<u>_____</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas irreg.	<u>.12A</u>	<u>_____</u>
<input checked="" type="checkbox"/> Puntos	<u>.12A, 12B</u>	<u>_____</u>
<input type="checkbox"/> _____	<u>_____</u>	<u>_____</u>

Códigos de imagen: SL5.P12.1C-1D.Fr.UV/SL5.P12.12A-12B.Fr.UV/SL5.P12.1F-2F.Fr.UV

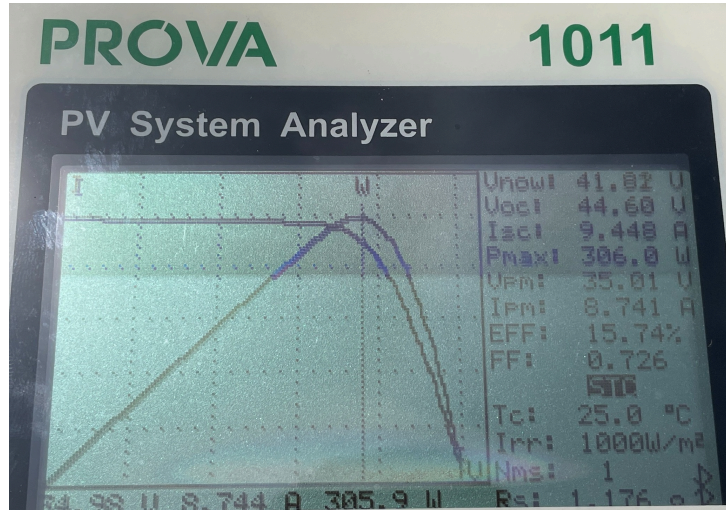
Patrones encontrados: Celda con burbuja no presenta anomalía térmica, por lo que opera normal. No obstante, el panel ya presenta degradación.

5. Curvas de desempeño

En sitio Laboratorio

Temperatura: 25°C Irradiancia: 1000 W/m² Air Mass: —

P_{max}: 330 W V_{oc}: 45,8 V I_{sc}: 9,28 A V_{mp}: 33,4 V I_{mp}: 8,83 A (Datos de placa)



P_{max}: 306,0 W V_{oc}: 44,60 V I_{sc}: 9,45 A V_{mp}: 35,01 V I_{mp}: 8,74 A (Reales)

Análisis: Comportamiento normal de la curva Pérdidas por 7,3%, 2,5% adicional al esperado por edad.

Resultados contra espectroscopía: A pesar de no presentar tanta edad, ya tiene muchas puntas calientes y hay burbuja en el encapsulante que causa degradación y pérdida de eficiencia.

Bibliografía

- [1] R.A. Messenger, J. Ventre. Photovoltaic Systems Engineering. Boca Ratón: CRC Press, 2010.
- [2] L.E. Ituarte, S.L. Martínez, E.E. Tarifa. "Monitoreo en plantas fotovoltaicas: una revisión de técnicas y métodos utilizando imágenes termográficas", *Revista Difusiones*, vol. 17, pp. 261-272, diciembre 2019.
- [3] D.L. Balageas, "Termografía infrarroja: una técnica multifacética para la Evaluación No Destructiva (END)".
- [4] Objetivos de Desarrollo Sostenible de Costa Rica, "Objetivo 12". [Online]. Disponible en: <https://ods.cr/es/objetivo/objetivo-12>
- [5] B.S. "¿Qué panel solar tiene mejor rendimiento?", 2022. [Online]. Disponible en: <https://www.labodegasolar.com/blogs/blog/que-panel-solar-tiene-mejor-rendimiento?srsltid=AfmB0oqnoDznWJdVXlTK8ixHtVrzX0o60TmEVXUakxZsBRfeQAuvElQq>
- [6] G. Jimenez, "Nuevo Complejo Solar producirá del 25 al 30 % de la energía eléctrica del Campus Tecnológico Central", *Hoy en el TEC*. 2019.
- [7] A. Bonilla, "Monitorización del estado y rendimiento de una planta fotovoltaica", Tesis del grado de ingeniería eléctrica, Universidad de Valladolid, Valladolid. 2023.
- [8] International Energy Agency (IEA), "Assessment of photovoltaic module failures in the field". 2017.
- [9] American Standard for Testing and Materials. Standard guide for examining electrical and mechanical equipment with infrared thermography, E1934-99a, 2024.
- [10] International Electrotechnical Commission. Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance, Part 1, IEC 62446-1, 2016.
- [11] International Electrotechnical Commission. Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance, Part 3, IEC 62446-3, 2017.
- [12] A.W. Kandeal, M.R. Elkadeem, A. Kumar Thakur, G.B. Abdelaziz, R. Sathyamurthy, A.E. Kabeel, N. Yang and S.W. Sharshir. Infrared thermography-based condition monitoring of solar photovoltaic systems: A mini review of recent advances. *Solar Energy*, vol. 223, -05-25, pp. 33.
- [13] R. Kumar, V.E. Puranik and R. Gupta, "Unveiling the Potential of Infrared Thermography in Quantitative Investigation of Potential-Induced Degradation in Crystalline Silicon PV Module," *Solar Energy Advances*, vol. 4, -12-20.
- [14] L. Cardinale-Villalobos, C. Meza, A. Méndez-Porras and L.D. Murillo-Soto. Quantitative Comparison of Infrared Thermography, Visual Inspection, and Electrical Analysis Techniques on Photovoltaic Modules: A Case Study. *Energies*, vol. 15, no. 5, -03-02.

- [15] J.B. Ramos. "Análisis de defectos en Paneles Solares de Plantas Fotovoltaicas mediante Termografía y Electroluminiscencia", Tesis del grado de ingeniería eléctrica, Universidad de Valladolid, Valladolid. 2022.
- [16] U.S. Department of Energy. "Photovoltaic System Design and Energy Yield". [Online]. Disponible en: <https://www.energy.gov/eere/solar/photovoltaic-system-design-and-energy-yield#:~:text=Energy%20yield%20is%20the%20amount,testing%20done%20in%20lab%20conditions>
- [17] International Energy Agency. "Photovoltaic Module Energy Yield Measurements: Existing Approaches and Best Practice", 2018.
- [18] Instituto Europeo de Química, Física y Biología. "¿Qué es la espectroscopía?: Tipos y técnicas", 2021.
- [19] Universidad Europea. "Espectroscopía de fluorescencia, fosforescencia y quimioluminiscencia molecular". [Online]. Disponible en: <https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/ejercicios/210522110234-Tema%204.%2020-21.pdf>
- [20] Grabmayer, K., Wallner, G., Beissmann, S., Scholthauer, J., Steffen, R., Nitsche, D., Röder, B., Buchberger, W., Lang, R. "Characterization of the aging behavior of polyethylene by photoluminescence spectroscopy".
- [21] R. Durán, J. Terrán, G. Gutierrez. "Implementación de un experimento cualitativo para la enseñanza del efecto fotoeléctrico a estudiantes de educación, mención física y matemática", 2017. [Online]. Disponible en: <https://researchs.tec.elogim.com/c/blup5n/viewer/pdf/sixoyjgxxj>
- [22] J. F. Soto, E. Lugo, J. R. Rodriguez. "Descripción – Análisis del efecto fotovoltaico en panel solar, para la producción de electricidad en la región de los Mochis Sinaloa, México", 2017.
- [23] A. Smets, K. Jäger, O. Isabella, R. Van Swaaij, M. Zeman. Solar Energy: The physics and engineering of photovoltaic conversion technologies and systems. Cambridge, 2016.
- [24] AutoSolar. "Diferencias entre silicio monocristalino y multicristalino o policristalino". [Online]. Disponible en: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino>
- [25] International Energy Agency (IEA), Review of Failures of Photovoltaic Modules". 2014.
- [26] International Energy Agency (IEA), "Photovoltaic Failure Fact Sheets (PVFS)". 2025.
- [27] International Energy Agency (IEA), "Best practice guidelines for the use of economic and technical KPIs". 2024.
- [28] World Meteorological Organization. "IDENTIFICACIÓN Y OBSERVACIÓN DE NUBES PARA TRADUCTORES E INTÉRPRETES DE LA OMM . [Online]. Disponible en: https://etrp.wmo.int/pluginfile.php/57627/mod_resource/content/1/B14Tema11.pdf
- [29] HiPower. "¿Qué beneficios ambientales tiene la energía solar fotovoltaica?". [Online]. Disponible en: <https://blog.hipowercr.com/beneficios-ambientales-la-energ%C3%ADa-solar#:~:text=Es%20renovable&text=Un%20dato%20curioso%20es%20que,un%20m%C3%A1ximo%20de%203.4%20horas>.
- [30] International Energy Agency (IEA), Review on Infrared and Electroluminescence Imaging for PV Field Applications". 2018.
- [31] W. Hobbs, S. Johnson, B. Gilleland, "Ultraviolet Fluorescence Bleaching Rates for New Cell Cracks" 2020 IEEE 47th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), p. 2350-2355.

- [32] Skin Cancer Foundation (2025). UV Radiation & your Skin. [Online]. Disponible en: <https://www.skincancer.org/risk-factors/uv-radiation/>
- [33] VDE Standards, "Electroluminescence (EL) of photovoltaic modules - Terms and classification". 2025.
- [34] M. Köntges, A. Morlier, G. Eder, E. Fleiss, B. Kubicek, J. Lin, "Review: Ultraviolet Fluorescence as Assessment Tool for Photovoltaic Modules," IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 10, p. 616-633.
- [35] Gobierno de la República de Honduras (2023). Actualización del Potencial de Energía Solar Térmica en Honduras. [Online]. Disponible en: <https://sen.hn/wp-content/uploads/2024/12/Actualizacion-del-Potencial-de-Energia-Solar-Termica-de-Honduras-2023.pdf>
- [36] Gobierno de la República de Honduras (2024). Costo Base de Generación para el 2025. [Online]. Disponible en: <https://www.cree.gob.hn/costo-base-de-generacion/>
- [37] G. Rediske, et al. (2023). "A proposed set of indicators for evaluating the performance of the operation and maintenance of photovoltaic plants". Elsevier, Applied Energy.