

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES**



**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE LA
POTENCIA DE SALIDA DE 2 TECNOLOGÍAS DE MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS DURANTE LA ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA
PARA EL CENTRO POBLADO DE AYABACAS EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”**

Romael Elías Mamani Pampa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

ASESOR : Dra. Vilma Sarmiento Mamani

CO-ASESOR: Ing. Junior Torres Yucra



Juliaca, 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES**



**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE LA
POTENCIA DE SALIDA DE 2 TECNOLOGÍAS DE MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS DURANTE LA ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA
PARA EL CENTRO POBLADO DE AYABACAS EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”**

Romael Elias Mamani Pampa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**ASESOR : Dra. Vilma Sarmiento Mamani
CO-ASESOR: Ing. Junior Torres Yucra**



Juliaca, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE LA
POTENCIA DE SALIDA DE 2 TECNOLOGÍAS DE MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS DURANTE LA ESTACIÓN SECA Y LLUVIOSA
PARA EL CENTRO POBLADO DE AYABACAS EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”**

Romael Elias Mamani Pampa

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES

ASESOR: Dra. Vilma Sarmiento Mamani

CO-ASESOR: Ing. Junior Torres Yucra

Juliaca, 2022

Ficha catalográfica

MAMANI R. (2022). *Estudio experimental de la eficiencia de potencia de salida de 2 tecnologías de módulos fotovoltaicos durante la estación seca y lluviosa para el Centro Poblado de Ayabacas en la Universidad Nacional de Juliaca, 2022.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca.

AUTOR: Romael Elias Mamani Pampa

TÍTULO: Estudio experimental de la eficiencia de potencia de salida de 2 tecnologías de módulos fotovoltaicos durante la estación seca y lluviosa para el Centro Poblado de Ayabacas en la Universidad Nacional de Juliaca.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2022

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (129 pp.)

NOTA: Tesis Escuela profesional de Ingeniería en Energías Renovables — Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 02-000010-02/M21

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Dra. Vilma Sarmiento Mamani

PALABRAS CLAVE:

Eficiencia, generación fotovoltaica, rendimiento.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES

**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE LA
POTENCIA DE SALIDA DE 2 TECNOLOGÍAS DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DURANTE LA ESTACIÓN
SECA Y LLUVIOSA PARA EL CENTRO POBLADO DE
AYABACAS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
JULIACA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES**

Presentada por:

Romael Elias Mamani Pampa

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Henry Pizarro Viveros
PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. Alex Mario Lerma Coaquira
JURADO (Secretario)

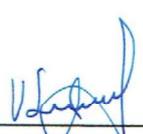


2° MIEMBRO

M.Sc. Armando Antonio Salinas Del Carpio
JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO


Dr. Vilma Sarmiento Mamani
ASESOR DE TESIS


Ing. Junior Torres Yucra
CO - ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de investigación a mis tías, Rosalva Pampa, Amelia Pampa, Rosangela Pampa y Cristala Pampa, que son la razón de mi vivir, la razón del brillo de mis ojos, que han llenado mis mañanas de amor, alegría, juegos y sonrisas. Y, también, a mi tía Flor Pampa que la veo en cada primavera.

Para mamá Silvia Pampa, que guarda una foto mía en su cartera y para papá Ramiro Mamani, por recordarme siempre que si queremos algo podemos hacerlo.

A mis hermanitos Rose Salcedo, Abdul Salcedo, Jairo Morales, y al que anda en camino, por enseñarme a asombrarme de las cosas más simples del día. Y a mis amigos, Elvis Apaza, Nahomi Torres, Solanhs Pinto, Jairo Mogrovejo, Gabriela Umiña, Pamela Mamani, Anderson Mancha por tener su corazón dispuesto a escucharme y abrazarme, a Yeltsin Zapana y Luis Gómez por acompañarme en este camino de la vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al tiempo, a mi Pachamama y a la vida, por permitirme seguir viendo un día más la luz del día. Agradezco a mis tías por el amor que sienten por mí, a papá por sus consejos y a mamá por su esfuerzo.

También a mi Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables por acogerme. Por su sabiduría y conocimientos a los doctores, Norman Jesús Beltrán Castañón y Henry Pizarro Viveros y en especial por su confianza a mi asesora, la doctora Vilma Sarmiento Mamani, por su exigencia a los ingenieros Pedro Puma Roque y Junior Torres Yucra, que forman parte del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética, y a la Universidad Nacional de Juliaca, por darme la oportunidad de formarme integralmente.

Así como al ingeniero Kim Torres Huanca y al ingeniero Julio Torres Pallara, por su apoyo para el aprendizaje de la metodología de la investigación. Finalmente, a mis jurados Mg. Armando Antonio Salinas del Carpio y al Mg. Alex Mario Lerma Coaquira por su colaboración en la mejora del proyecto de investigación.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiv
Abreviaturas y siglas.....	xv
Simbología.....	xvi
Resumen.....	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema	20
1.1.1 Formulación del Problema General:.....	21
1.1.2 Formulación de los Problemas Específicos:.....	21
1.2 Objetivos de la investigación	21
1.2.1 Objetivo General:	21
1.2.2 Objetivos específicos:.....	21
1.3 Justificación	22
1.3.1 Justificación técnica.....	22
1.3.2 Justificación económica.....	22
1.3.3 Justificación social.....	23
1.3.4 Justificación ambiental	23

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la Investigación.....	24
2.1.1 Antecedentes internacionales	24
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	248
2.2 Definiciones	29
2.3 Normatividad	33
2.3.1 Norma IEC 61724.....	33
2.3.2 Parámetros calculados	36

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	37
3.2 Población.....	38
3.3 Muestra	38
3.4 Módulo experimental	38
3.4.1 Sistema de módulos fotovoltaicos	39

3.4.2 Sistema de adquisición de datos	40
3.4.3 Sistema de protección	42
3.4.4 Sistema estructural	43
3.5 Metodología de la Investigación	44
3.5.1 Tipo de Investigación	44
3.5.2 Método de Investigación	44
3.6 Técnicas, instrumentos de recolección de datos	44
3.6.1 Técnicas	44
3.6.2 Instrumentos	44
3.6.3 Técnicas de procesamiento	45
3.6.4 Recursos computacionales de hardware y software	45
3.7 Método	46
3.7.1 Análisis de corriente y tensión	46
3.7.2 Análisis de temperatura	46
3.8 Hipótesis de la Investigación	47
3.8.1 Hipótesis General:	47
3.8.2 Hipótesis Específicas:	47
3.9 Operacionalización de Variables	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Aspectos Generales	49
4.2 Resultados de la determinación de la eficiencia de la potencia de salida de 2 tecnologías fotovoltaicas durante un año para el centro poblado de Ayabacas en la Universidad Nacional de Juliaca	50
4.3 Resultados de la evaluación y comparación de las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación lluviosa	56
4.4 Resultados de la evaluación y comparación de las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación seca	61
4.4.1 Cálculo del rendimiento y eficiencia para el mes de noviembre del 2021 del sistema policristalino con polvo y sin polvo	66
4.5 Resultados de la determinación de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca y lluviosa	67
4.5.1 Resultados de la determinación de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación lluviosa	67
4.5.2 Resultados de la determinación de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca	70

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	73
5.2 RECOMENDACIONES	75

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Mecanismos de deposición y desprendimiento de partículas</i>	32
Tabla 2. <i>Clasificación de los diferentes sistemas de monitorización y sus aplicaciones.</i>	34
Tabla 3. <i>Parámetros medidos o estimados de entrada y de salida requeridos para el sistema de monitorización de clase C.</i>	35
Tabla 4. <i>Ficha técnica del módulo fotovoltaicos monocristalino.</i>	39
Tabla 5. <i>Ficha técnica del módulo fotovoltaico policristalino.</i>	40
Tabla 6. <i>Ficha técnica del PLC Siemens Logo V8 DE 24 V.</i>	41
Tabla 7. <i>Ficha técnica del logo power, fuente de alimentación regulada de 24 V..</i> 41	
Tabla 8. <i>Ficha técnica del convertidor lógico aislado.</i>	41
Tabla 9. <i>Características del disyuntor diferencial bipolar 2 x 40 A.</i>	42
Tabla 10. <i>Características del interruptor termomagnético SDZ 2x 10 A.</i>	43
Tabla 11. <i>Tipo de investigación.</i>	44
Tabla 12. <i>Metodología de investigación.</i>	44
Tabla 13. <i>Operacionalización de la variable dependiente.</i>	47
Tabla 14. <i>Operacionalización de la variable independiente 1.</i>	48
Tabla 15. <i>Operacionalización de la variable independiente 2.</i>	48
Tabla 16. <i>Operacionalización de la variable interviniente.</i>	48
Tabla 17. <i>Resumen de parámetros de los módulos fotovoltaicos.</i>	49
Tabla 18. <i>Resumen de energía y rendimiento de los sistemas – anual (2021-2022).</i> 51	
Tabla 19. <i>Resumen de rendimiento de los sistemas – anual (2021-2022).</i>	51
Tabla 20. <i>Resumen de la diferencia de energía de los sistemas – anual (2021-2022).</i>	52
Tabla 21. <i>Resumen de la irradiancia y eficiencia de los sistemas con y sin polvo-anual.</i>	52
Tabla 22. <i>Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – anual (2021-2022).</i>	53
Tabla 23. <i>Resultados de energía de los sistemas – estación lluviosa (2021-2022).</i> .	57

Tabla 24. <i>Resultados de rendimiento de los sistemas – estación lluviosa (2021-2022).</i>	57
Tabla 25. <i>Diferencia de energía de los sistemas – estación lluviosa (2021-2022).</i> ...	58
Tabla 26. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – estación lluviosa (2021-2022).</i>	58
Tabla 27. <i>Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación lluviosa (2021-2022).</i>	58
Tabla 28. <i>Resultados de energía y rendimiento de los sistemas – estación seca (2022).</i>	62
Tabla 29. <i>Resultados de rendimiento de los sistemas – estación seca (2022).</i>	62
Tabla 30. <i>Diferencia de energía de los sistemas – estación seca (2022).</i>	62
Tabla 31. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – estación seca (2022).</i>	63
Tabla 32. <i>Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación seca (2022).</i>	63
Tabla 33. <i>Resultados de temperatura para la estación lluviosa.</i>	68
Tabla 34. <i>Resultados de temperatura para la estación seca</i>	71
Tabla 35. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos - noviembre 2021.</i>	98
Tabla 36. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - noviembre</i>	99
Tabla 37. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos - diciembre 2021.</i>	100
Tabla 38. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - diciembre.</i>	101
Tabla 39. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos– enero 2022.</i>	102
Tabla 40. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – enero.</i> ..	103
Tabla 41. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos – febrero 2022.</i>	104
Tabla 42. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – febrero</i> ..	105
Tabla 43. <i>Energía y rendimiento de los sistemas – marzo 2022.</i>	106
Tabla 44. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – marzo.</i> ..	107
Tabla 45. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos – abril 2022.</i>	108

Tabla 46. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - abril...</i>	109
Tabla 47. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos – mayo 2022.</i>	110
Tabla 48. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - mayo.</i>	111
Tabla 49. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos – junio 2022.</i>	112
Tabla 50. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - junio</i>	113
Tabla 51. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos – julio 2022.</i>	114
Tabla 52. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - julio</i>	115
Tabla 53. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos – agosto 2022</i>	116
Tabla 54. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - agosto.</i>	117
Tabla 55. <i>Energía de los sistemas fotovoltaicos– setiembre 2022.</i>	118
Tabla 56. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – setiembre</i>	119
Tabla 57. <i>Energía y rendimiento de los sistemas – octubre 2022.</i>	120
Tabla 58. <i>Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – octubre</i>	121
Tabla 59. <i>Resumen de temperatura para el mes de noviembre del año 2021 – estación lluviosa.</i>	124
Tabla 60. <i>Resumen de temperatura para el mes de diciembre del año 2021 – estación lluviosa.</i>	124
Tabla 61. <i>Resumen de temperatura para el mes de enero del año 2022 – estación lluviosa.</i>	125
Tabla 62. <i>Resumen de temperatura para el mes de febrero del año 2022 – estación lluviosa.</i>	125
Tabla 63. <i>Resumen de temperatura para el mes de marzo del año 2022 -estación lluviosa.</i>	126
Tabla 64. <i>Resumen de temperatura para el mes de abril del año 2022 – estación lluviosa.</i>	126
Tabla 65. <i>Resumen de temperatura para el mes de mayo del año 2022 - estación seca.</i>	127
Tabla 66. <i>Resumen temperatura para el mes de junio del año 2022 – estación seca.</i>	127
Tabla 67. <i>Resumen de temperatura para el mes de julio del año 2022 – estación seca.</i>	128

Tabla 68. <i>Resumen temperatura para el mes de agosto del año 2022 – estación seca.</i>	128
Tabla 69. <i>Resumen de temperatura para el mes de setiembre del año 2022 – estación seca.</i>	129
Tabla 70. <i>Resumen de temperatura para el mes de octubre del año 2022 – estación seca.</i>	129

Índice de figuras

Figura 1. Funcionamiento de una célula fotovoltaica (Cieza, 2017).....	29
Figura 2. Hora solar pico (Cieza, 2017).	30
Figura 3. Muestras de polvo: (a) polvo de agregados; (b) polvo de carbón; (c) polvo de la industria de fertilizantes; (d) yeso polvo de la industria (Andrea, Pogrebnaya & Kichonge, 2019).....	31
Figura 4. Variación de temperatura de operación de los módulos fotovoltaicos expuestos al polvo (Andrea, Pogrebnaya & Kichonge, 2019).....	32
Figura 5. Área de estudio (Google Maps).	37
Figura 6. Lugar de estudio del proyecto de investigación (Google Earth).....	37
Figura 7. Módulos fotovoltaicos experimentales instalados en la azotea del Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca (Google Earth).....	38
Figura 8. Diagrama de flujo.....	45
Figura 9. Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – anual (2021-2022).	54
Figura 10. Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – anual	55
Figura 11. Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – estación lluviosa (2021-2022).....	59
Figura 12. Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación lluviosa (2021-2022).	60
Figura 13. Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – estación seca (2022).....	64
Figura 14. Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación seca (2022).	65
Figura 15. Resumen de temperatura de los módulos fotovoltaicos durante la estación lluviosa.....	69
Figura 16. Resumen de temperatura de los módulos fotovoltaicos durante la estación seca.....	72
Figura 17. Limpieza de los módulos fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación seca, 18 de mayo 2022.....	94

Figura 18. Sistemas fotovoltaicos instalados en la azotea del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca en el centro poblado de Ayabacas.....	94
Figura 19. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación lluviosa, 18 de diciembre del 2021.....	95
Figura 20. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación lluviosa, 22 de marzo del 2022.....	95
Figura 21. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación seca, 18 de mayo del 2022.....	96
Figura 22. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías expuestos al polvo – estación seca, 5 de agosto del 2022.....	96
Figura 23. Inclinación de los sistemas fotovoltaicos a 15° con orientación norte.	97

Índice de anexos

Anexo 1. Plano eléctrico del proyecto (Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la UNAJ, 2021).	80
Anexo 2. Leyenda general del plano (Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca, 2021).....	81
Anexo 3. Ficha técnica del módulo fotovoltaico monocristalino (SOLAR, 2022).	82
Anexo 4. Ficha técnica del módulo fotovoltaico policristalino (SOLAR, 2022).	83
Anexo 5. Ficha técnica de la alimentación de la fuente de alimentación estabilizada (SIEMENS, 2014).....	84
Anexo 6. Ficha técnica Power Modul PM1207 (SIEMENS, 2004).....	88
Anexo 7. Ficha técnica del convertidor analógico aislado (Schneider,2022).....	91
Anexo 8. Fotografías del sistema experimental bajo la limpieza de los módulos fotovoltaicos y condiciones climatológicas del centro poblado de Ayabacas (elaboración propia).	94
Anexo 9. Datos experimentales por meses de energía y rendimiento de las dos tecnologías de sistemas fotovoltaicos durante la estación seca y lluviosa..	98
Anexo 10. Energía de los módulos con polvo y sin polvo de las 2 tecnologías durante la estación lluviosa.	122
Anexo 11. Energía de los módulos con polvo y sin polvo de las 2 tecnologías durante la estación seca.	122
Anexo 12. Energía de los módulos con polvo y sin polvo de las 2 tecnologías durante un año.	123
Anexo 13. Resúmenes mensuales de temperatura.....	124

Abreviaturas y siglas

PLC	Controlador Lógico Programable
MFV	Módulo Fotovoltaico
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
HSP	Hora Solar Pico
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
RTD	Resistance Temperature Detector (Detector de Temperatura Resistivo)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
IEREE	Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética
CSV	Comma Separated Values (Valores Separados por Comas)
PAS	Especificaciones Disponibles al Público
A	Amperios
AMB	Ambiente
DIF	Diferencia

Simbología

H	Irradiancia
P_{max}	Potencia Máxima Nominal
Tol	Tolerancia de potencia
V_{mp}	Voltaje en potencia máxima
I_{mp}	Corriente en potencia máxima
V_{oc}	Voltaje en circuito abierto
I_{sc}	Corriente de corto circuito
kWh	Kilowatt/hora
kWp	Kilowatt de potencia
Aa	Área aprovechable
Ya	Rendimiento
GWh	Gigawatt/hora

RESUMEN

En cada lugar las condiciones climatológicas son diferentes y éstas influyen en el rendimiento de los módulos fotovoltaicos, lo cual hace necesario tener una base de datos para la región de Puno, que son indispensables para el mantenimiento de los sistemas; por ello, el objetivo es determinar la eficiencia de la potencia de salida de 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca y lluviosa para el centro poblado de Ayabacas. Se utilizaron 4 módulos de tecnología poli y monocristalina, 2 de cada uno. Se limpió un módulo de cada tecnología y los 2 restantes fueron expuestos a la acumulación del polvo durante 12 meses, para luego, evaluar la potencia de salida. Se concluye que el sistema monocristalino sin polvo tiene una eficiencia anual de 3.35% siendo este más eficiente que el sistema policristalino sin polvo que tiene un 3.31%. En la estación seca, los sistemas de ambas tecnologías reducen su rendimiento, el sistema fotovoltaico policristalino con polvo respecto al sistema sin polvo reduce su eficiencia a razón de 0.042%/día, reduciendo la eficiencia del sistema de 3.11% a 3.07%, el mes con más reducción fue en septiembre con un 2.16%. Para el sistema fotovoltaico monocristalino con polvo respecto al sistema sin polvo, la eficiencia se reduce a razón 0.05%/día, reduciendo la eficiencia del sistema de 3.28% a 3.23%, el mes con mayor reducción fue octubre con un 2.93%. En la estación lluviosa el sistema policristalino con polvo redujo su eficiencia a razón de 0.031%/día respecto al sistema sin polvo, reduciendo la eficiencia de 3.64% a 3.61%, el mes con mayor reducción fue noviembre con 2.36%. Para el sistema fotovoltaico monocristalino la eficiencia se reduce a razón de 0.048%/día con respecto al sistema sin polvo, reduciendo la eficiencia de 3.83% a 3.77% siendo, también, noviembre el mes con mayor reducción con 2.64%. Durante la estación lluviosa se observa que la mayor temperatura para el módulo fotovoltaico policristalino sin polvo fue de 48.58 °C. Para el módulo fotovoltaico monocristalino sin polvo la temperatura máxima fue de 46.3 °C. Durante la estación seca, se observa que la mayor temperatura para el módulo fotovoltaico policristalino sin polvo fue de 48.62 °C. Para el módulo fotovoltaico monocristalino sin polvo la temperatura máxima fue de 47.44 °C.

Palabras clave: Eficiencia, generación fotovoltaica, rendimiento.

ABSTRACT

In each place the weather conditions are different and these influence the performance of the photovoltaic modules, which makes it necessary to have a database for the Puno region, which are essential for the maintenance of the systems; Therefore, the objective is to determine the efficiency of the output power of 2 photovoltaic technologies during the dry and rainy season for the populated center of Ayabacas. 4 modules of poly and monocrystalline technology were used, 2 of each. One module of each technology was cleaned and the remaining 2 were exposed to dust accumulation for 12 months, to then evaluate the output power. It is concluded that the monocrystalline system without dust has an annual efficiency of 3.35%, this being more efficient than the polycrystalline system without dust, which has 3.31%. In the dry season, the systems of both technologies reduce their performance, the polycrystalline photovoltaic system with dust compared to the system without dust reduces its efficiency at a rate of 0.042%/day, reducing the efficiency of the system from 3.11% to 3.07%, the month with more reduction was in September with 2.16%. For the monocrystalline photovoltaic system with dust compared to the system without dust, the efficiency is reduced at a rate of 0.05%/day, reducing the efficiency of the system from 3.28% to 3.23%, the month with the greatest reduction was October with 2.93%. In the rainy season, the polycrystalline system with dust reduced its efficiency at a rate of 0.031%/day compared to the system without dust, reducing efficiency from 3.64% to 3.61%, the month with the greatest reduction was November with 2.36%. For the monocrystalline photovoltaic system, the efficiency is reduced at a rate of 0.048%/day with respect to the system without dust, reducing the efficiency from 3.83% to 3.77%, also being November the month with the greatest reduction with 2.64%. During the rainy season, it is observed that the highest temperature for the dust-free polycrystalline photovoltaic module was 48.58 °C. For the dust-free monocrystalline photovoltaic module, the maximum temperature was 46.3 °C. During the dry season, it is observed that the highest temperature for the dust-free polycrystalline photovoltaic module was 48.62 °C. For the dust-free monocrystalline photovoltaic module, the maximum temperature was 47.44 °C.

Keywords: Efficiency, photovoltaic generation, performance.

INTRODUCCIÓN

El Sol domina de manera abrumadora la actividad sobre nuestro planeta, debe jugar un papel importante en la satisfacción de las necesidades contemporáneas y futuras en términos de energía (Bachiller, 2007). La energía solar fotovoltaica aprovecha la energía lumínica del sol para producir electricidad mediante placas semiconductoras que se alteran con la radiación solar, estos son los paneles solares fotovoltaicos (Habana, 2017).

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano, la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y uniforme durante todo el año, haciendo más atractivo su uso en comparación a otros países. La radiación solar es mayor a menor la latitud, así como a mayor altura sobre el nivel del mar. Los mayores promedios anuales se dan en la costa sur con 6.0–6.5 kWh/m², en los departamentos de Tacna, Moquegua y Arequipa, y en la sierra: 5.5–6 kWh/m², en los departamentos de Ayacucho, Cuzco, Apurímac y Puno (MINEM, 2011). Por lo tanto, la radiación solar es un parámetro fundamental para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, que varía geográficamente debido a factores climatológicos (Sepúlveda, 2014).

También se establece que los paneles fotovoltaicos necesitan funcionar con el máximo rendimiento posible (Rojas & Lozano, 2016); sin embargo, la acumulación de polvo en los sistemas es uno de los principales factores que causa la pérdida en la eficiencia del sistema (Angulo et al., 2020). Sin embargo, el aumento de la temperatura disminuye el voltaje de los paneles fotovoltaicos y, por lo tanto, disminuye la eficiencia de los paneles, este factor debe considerarse para extraer la máxima potencia de los paneles fotovoltaicos (Karafil et al., 2016.).

En el capítulo I, refiere a los aspectos generales como el planteamiento del problema, justificación, hipótesis y objetivos del proyecto de investigación. En el capítulo II, se establece los fundamentos teóricos de la investigación, los antecedentes, las bases teóricas y los conceptos básicos que permite la concepción de definiciones para la comprensión. En el capítulo III, se redacta el ámbito de estudio, el tipo de investigación y la población de estudio, la metodología empleada, las técnicas e instrumentos de investigación teniendo en cuenta procedimientos pertinentes a un diseño apropiado, para cada objetivo presentado. En el capítulo IV, se interpretan los resultados de la investigación y se muestra a la vez la comprobación de la hipótesis planteada, tomando en consideración los objetivos. En el capítulo V, se dan a conocer las conclusiones logradas y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

La suciedad es un problema de rendimiento, complejo de cuantificar con precisión. Es fundamental investigar la influencia del asentamiento de polvo en las características operativas de los sistemas fotovoltaicos para comprender mejor las pérdidas de rendimiento atribuibles a la suciedad. Las características de corriente-voltaje ($I - V$) de los paneles fotovoltaicos revelan una amplia información para respaldar el análisis de degradación de los paneles (Rao, Pillai, Mani & Ramamurthy, 2014). Debido a la gravedad se produce una deposición no uniforme de la suciedad en los paneles, encontrándose concentraciones mayores conforme más abajo nos encontramos de los mismos, esta tendencia se dará principalmente en paneles con inclinaciones moderadas y será nulo en los casos extremos como 0 y 90° (Nuevo, 2016). La acumulación de partículas de polvo en la superficie del módulo solar fotovoltaico, reduce en gran medida la potencia de salida (Hussain, Batra & Pachauri, 2017). Especialmente en las regiones conocidas por su alto índice de polvo, baja frecuencia e intensidad de lluvia. (Karmouch & Hor, 2017). Si se ignora esta influencia, es casi definitivo que aparecerá una gran diferencia entre el rendimiento energético real y estimado de los sistemas de energía. De lo contrario la magnitud del efecto del polvo puede ser muy alta, especialmente a gran escala como en las plantas de energía solar (Saidan, Ghani, Alasis & Kaldellis, 2016). Aunque las lluvias mejorasen la producción de energía en los módulos, no se puede confiar en éste fenómeno atmosférico para la limpieza; puesto que el polvo se adhiere a las cubiertas de vidrio de los módulos debido a la humedad, lo que requiere una acción de limpieza vigorosa para restaurar los módulos a sus salidas de energía iniciales (Adinoyi & Said, 2013); por ello el diseño de los sistemas fotovoltaicos debe asegurar una elevada eficiencia en el aprovechamiento de la energía solar, donde la determinación de los parámetros de diseño debe ser siempre la óptima (Díaz, Castro, Santos & Vilaragut, 2018). Esta situación nos lleva a determinar la operación y el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos bajo las condiciones geográficas y climatológicas del centro poblado de Ayabacas en la región de Puno, tales como son la estación seca y lluviosa.

1.1.1 Formulación del Problema General:

¿En qué medida los factores externos como el polvo y la lluvia afectan la eficiencia de la potencia de salida de 2 tecnologías de paneles fotovoltaicos para el centro poblado en la Universidad de Juliaca?

1.1.2 Formulación de los Problemas Específicos:

- ¿Qué tecnología de los módulos fotovoltaicos permite una mayor eficiencia de la potencia de salida en función de la estación seca lluviosa?
- ¿Qué tecnología de los módulos fotovoltaicos permite una mayor eficiencia de la potencia de salida en función de la estación seca?
- ¿En cuánto varía la temperatura de operación de los módulos fotovoltaicos bajo la influencia de las estación seca y lluviosa?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General:

Determinar la eficiencia de la potencia de salida de 2 tecnologías fotovoltaicas durante un año para el centro poblado de Ayabacas en la Universidad Nacional de Juliaca.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Evaluar y comparar las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación lluviosa para determinar qué tecnología tiene una mayor eficiencia de potencia de salida.
- Evaluar y comparar las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación seca para determinar qué tecnología tiene una mayor eficiencia de potencia de salida.
- Determinar la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca y lluviosa.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación técnica

Teniendo en cuenta las altas intensidades de irradiación solar que se registran en la región de Puno, lugar donde se sobrepasan las condiciones estándares de medición, es necesario tener una base de datos de la potencia generada de los módulos fotovoltaicos bajo la influencia del polvo y la lluvia para las condiciones de nuestra región, esto nos permitirá mejorar el dimensionamiento, el montaje, el mantenimiento y el avance tecnológico en poder proponer horarios y mecanismos para la limpieza y autolimpieza así como del enfriamiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a la red, conllevando a la utilización de la energía eficientemente. El monitoreo de la deposición de polvo nos permite planificar el mantenimiento preventivo de las plantas fotovoltaicas, optimizando los recursos, como el agua, o la mano de obra que está destinado a la limpieza, esto incrementa la producción de energía fotovoltaica.

1.3.2 Justificación económica

El proyecto de investigación beneficiará a todos los usuarios de sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a red, de grandes y pequeñas potencias de instalación, de la industria pública y privada; puesto que la instalación de estos sistemas conllevan una gran inversión económica y al verse influenciados bajo el polvo y de la lluvia, pueden deteriorarse antes de su vida útil; por ello se hace indispensable el estudio de éstos fenómenos climatológicos para la región Puno, ya que es vital aprovechar la energía solar durante toda la vida útil del panel fotovoltaico para no tener pérdidas económicas por una menor producción de energía, lo que conlleva a una recuperación de la inversión en menor tiempo.

1.3.3 Justificación social

La energía eléctrica es indispensable para el crecimiento de nuestras ciudades y los módulos fotovoltaicos pueden ofrecernos ésta para cualquier actividad, especialmente donde la red de energía eléctrica no tienen alcance, como en las zonas rurales, donde el uso de esta fuente es indispensable ya que se encuentran aisladas de fuentes energéticas convencionales; sin embargo ésta producción tiene que ser lo más eficientemente posible para que se pueda abastecer la energía de una manera adecuada para mejorar la calidad de vida de las familias.

1.3.4 Justificación ambiental

En la actualidad la humanidad enfrenta el cambio climático, la producción de la energía eléctrica mediante módulos fotovoltaicos denominada energía fotovoltaica es parte de la alternativa de solución frente a la crisis energética y a las emisiones de gases de efecto invernadero; sin embargo, en el Perú, sólo el 5% de la energía que se genera proviene de fuentes renovables (OSINERGMIN, 2017). Es de señalar que, en el sector eléctrico, la energía producida durante el año 2021 fue de 53985,57 GWh y para la energía solar fotovoltaica fue de 801.92 GWh lo que representa un 1.49% (COES, 2021). Por lo cual se hace necesario aprovechar e investigar ésta fuente de energía, para conocer cada parte de nuestro planeta y uno de los fenómenos que requerimos investigar es la influencia de la irradiación sobre nuestra madre tierra, así como en los módulos fotovoltaicos; sin embargo, el aprovechamiento de la irradiación está condicionado por la estacionalidad anual, y también del polvo, que se acumula en la superficie de los módulos fotovoltaicos, éste a la vez depende de las condiciones atmosféricas como la humedad, la velocidad del viento, la temperatura y las lluvias, así como del lugar en el que se va a instalar el sistema, el estudio de tal influencia conllevará a un mejor aprovechamiento de la energía solar, a la reducción de la huella de carbono y al ahorro de recursos naturales para las futuras generaciones.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

A continuación, se presentan los antecedentes internacionales:

En este estudio, se investigó el efecto de la deposición de polvo y los contaminantes en el rendimiento del módulo fotovoltaico. El polvo se recogió de la ciudad de Bagdad, Mahmoodia, la carretera del desierto Karbala-Najaf y la ciudad de Fao en el país de Irak. Se encontró una gran cantidad de sílice, lo que confirma que su principal fuente es el desierto. Las muestras de polvo de Bagdad y Mahmoodia mostraron concentraciones claras de minerales como hierro, aluminio, calcio, magnesio y otros materiales disponibles en arcilla, limo, bentonita y moscovita. Las muestras de polvo de Bagdad y la Fao también mostraron concentraciones claras de material particulado, plomo y azufre, lo que confirma los altos niveles de contaminantes emitidos por la quema de combustibles fósiles. Se encontró que las muestras de polvo de la Fao tenían altas concentraciones de cloruro de sodio y potasio. Al medir los cambios en la corriente, los voltajes y la potencia de una celda solar al acumular los tipos de polvo estudiados, se encontró que el efecto de esta acumulación es significativo, especialmente para el polvo de la Fao y Bagdad. Los resultados confirmaron la necesidad de limpieza periódica de celdas en estas áreas y debe ser el período entre limpieza y otro no mayor de dos días para la FAO, mientras que el resto de áreas son cada dos semanas. El estudio también confirmó que, basándose en los componentes del polvo, se debería utilizar un cepillo seco y una solución de sodio para Bagdad y Al-Fao. Basta utilizar un cepillo seco y agua comprimida para las zonas de Mahmoodia y Karbala-Najaf. El polvo acumulado por sólo 20 g/m² causó pérdidas de energía de hasta 23.10%, 16.10%, 18.52% y 26.90% para Bagdad, Mahmoodia, Karbla-Najaf y Fao estaciones, respectivamente. Los componentes de las partículas de polvo. juegan un papel importante en estas pérdidas, siempre y cuando el resto de los efectos meteorológicos están aislados. la mayor parte de la los componentes del polvo iraquí en general son de nano

escala partículas, y tales partículas tienen un efecto perjudicial incluso cuando se deposita en pequeñas cantidades debido a su mayor área superficial (Chaichan et al., 2020).

Se estudia la sensibilidad del módulo fotovoltaico de silicio policristalino hacia la deposición de polvo industrial, bajo la condición climática tropical de Arusha, Tanzania. Los resultados indicaron que la acumulación de polvo en el módulo fotovoltaico de silicio policristalino afectó negativamente a la potencia de salida, así como a la corriente de cortocircuito. También se demostró que el rendimiento del módulo fotovoltaico se deteriora con el aumento de temperatura debido a la disipación de calor causada por la acumulación de polvo. El impacto de la deposición de polvo fue determinado por la consecución de los parámetros de funcionamiento, así como las curvas características I-V y P-V de módulos similares expuesto al mismo entorno operativo. Se examinó que la pérdida de eficiencia dependía según el tipo de polvo acumulado sobre la superficie del panel. Se observó que la pérdida máxima de eficiencia del módulo fotovoltaico policristalino fue del 64%, 42%, 30% y 29% para el carbón, agregado, yeso y polvo de fertilizantes orgánicos, respectivamente; por lo tanto, el polvo de carbón fue la muestra de polvo más eficaz entre los cuatro debido a su mayor capacidad de absorción y, por lo tanto, la más baja transmisividad (Andrea et al., 2019).

Se realizó una investigación en Badarpur, India, sobre el efecto de las partículas de polvo del aire en el rendimiento del modelo fotovoltaico. Se analizó muestras de polvo con microscopio electrónico de barrido, para observar el carácter y topografía de las partículas de la muestra de polvo, evaluando y midiendo el índice de rendimiento eléctrico como voltaje, corriente y potencia. Comparando un total de siete muestras de polvo a tres niveles de radiación de 650, 750 y 850 W/m² con diferentes pesos de muestras de polvo. Concluyendo que debido a la acumulación de partículas de polvo en la superficie los sistemas fotovoltaicos, sobre todo las más pequeñas, reducen la potencia de salida en gran medida. Además que en las zonas desérticas donde la probabilidad de la luz solar es máxima pero debido a la acumulación de polvo la eficiencia de los módulos y paneles solares en términos de potencia puede reducirse hasta en un 60% (Hussain et al., 2017).

El estudio se centra en los efectos de la acumulación de polvo en paneles solares fotovoltaicos en la región de Jazan, Arabia Saudita. El efecto es probado en mediciones al aire libre. La pérdida de eficiencia es significativa y causa grandes pérdidas monetarias anuales. En el proyecto de investigación se llevó a cabo experimentos ambientales para estudiar el impacto de la acumulación de deposición de polvo en las células solares comerciales en diferentes inclinaciones. Los resultados experimentales muestran que la deposición y la acumulación de polvo en el aire en los paneles de células solares causó una significativa reducción de la corriente de cortocircuito consecutivamente durante 15 semanas para ambas inclinaciones que son de 30° y 55°, conduciendo a una reducción de la eficiencia de las células solares. Casi el 10.4% de la eficiencia se pierde durante un período de 16 semanas para los paneles inclinados a 30 ° y 9.7% para los paneles inclinados a 55 ° que es considerablemente alto considerando el corto tiempo de exposición al polvo (Karmouch & Hor, 2017).

Se investiga el impacto de la acumulación de polvo en módulos solares fotovoltaicos en Bagdad ciudad en Irak. Ello mediante un experimento para cuantificar las pérdidas causadas por la acumulación de polvo en la superficie de módulos solares fotovoltaicos idénticos. Los módulos estuvieron expuestos directamente a las condiciones climáticas, en una configuración experimental bien controlada. Luego se realizaron mediciones de la acumulación de polvo en los módulos diaria, semanal y mensualmente. Teniendo un módulo espolvoreado y uno limpio que han sido expuestos a radiación constante y temperatura constante. Utilizando un simulador solar como fuente de luz. Los módulos mostraron una reducción tanto en la corriente de cortocircuito (I_{sc}) como en la potencia de salida en comparación con los mismos parámetros del módulo limpio. Concluyendo que la tasa de degradación promedio de las eficiencias de la energía solar en los módulos expuestos al polvo son: 6.24%, 11.8% y 18.74% calculado para períodos de exposición de un día, una semana y un mes (Saidan et al., 2016).

Se investiga la influencia de la deposición del polvo en el performance de sistemas fotovoltaicos en Bangalore, India. El estudio involucra simulaciones de paneles en ambientes cerrados, así como simulaciones de paneles en el exterior. El efecto del polvo en el performance fue investigado por la obtención de los parámetros I-V de paneles idénticos sujetos a las mismas condiciones de insolación y

temperatura ambiente, mientras uno de los paneles retiene polvo en su superficie y al mismo tiempo el otro es limpiado del polvo. Se realiza un análisis comparativo de las curvas I-V para entender el fenómeno de la pérdida de potencia debido a la acumulación de polvo en la superficie. En el proyecto se observó la deposición de polvo no altera significativamente la tensión de circuito abierto de los sistemas fotovoltaicos; sin embargo, la corriente de corto circuito sí es afectada, en valores del 30 al 40% en el experimento en ambiente cerrado y de 4-5 % en el exterior. En el caso de la configuración experimental al aire libre donde se encontró que la densidad del polvo era 1.4 g/m^2 , la pérdida de potencia debida al polvo fue del 5 al 6 % de la potencia máxima de salida (Rao et al., 2014).

En Dhahran, Arabia Saudita se investigó el efecto del polvo en el rendimiento de dos tecnologías diferentes de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos. Se concluye sólo una tormenta de polvo puede reducir la potencia de salida del módulo fotovoltaico en un 20%. También que una exposición prolongada del módulo fotovoltaico a condiciones reales al aire libre, muestra que el rendimiento disminuye progresivamente con la acumulación de polvo a menos que se limpien los módulos por lluvia o acción humana, disminuyendo la potencia de salida en más del 50% si no se realiza ninguna limpieza en módulos por un período de tiempo superior a seis meses. La disminución de la potencia de salida debido a la acumulación de polvo no depende sólo de la duración de la exposición del módulo, sino también de la frecuencia e intensidad del polvo. En consecuencia, se recomienda que los módulos fotovoltaicos instalados se limpien al menos una vez en dos semanas: sin embargo, siempre que ocurre una tormenta de arena, los módulos deben limpiarse inmediatamente (Adinoyi & Said, 2013).

El diseño utiliza células monocristalinas, que se instaló en un laboratorio interior y la energía de radiación fue entregada por el sistema de focos de 500W. Se utilizó polvo artificial para cubrir las células monocristalinas, con los datos recolectados de tensión y corriente se afirma que el polvo tiene un efecto negativo sobre el rendimiento de panel solar fotovoltaico; por tanto, en la práctica, el polvo debe ser eliminado de la superficie del panel solar fotovoltaico con el fin de garantizar el máximo rendimiento. Se descubrió en el estudio que el polvo acumulado en la superficie del panel solar fotovoltaico puede reducir la eficiencia del sistema hasta en un 50% (Sulaiman et al., 2011).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Se presentan sólo antecedentes nacionales puesto que no hay trabajos relacionados al tema en el ámbito regional.

El proyecto se realiza en la ciudad de Lima. Se describe el efecto del polvo calculando el factor de reducción (η_{polvo}) y modelando su dependencia en el tiempo. Consiste en dejar que el polvo se deposite de manera natural, estudiando el efecto de polvo en la caída energética mediante el factor de reducción. Este factor es de importancia para las operaciones de mantenimientos de los strings. Se concluye que la acumulación de polvo es uno de los principales factores que causa la pérdida en la eficiencia del sistema fotovoltaico, requiriendo una limpieza mecánica o manual para regresar al estado inicial del string y que para comprender mejor los mecanismos y efectos del polvo se deben realizar medidas con microscopía electrónica (Angulo et al., 2020).

El objetivo es establecer los indicadores del rendimiento de módulos fotovoltaicos de película delgada, de 3 cadenas eléctricamente en paralelo con una potencia pico de 1152 Watts, en la ciudad de Lima, cuya toma de datos se realizó durante 12 meses de exposición a la irradiancia, llegando a la conclusión que en un año la caída de rendimiento por falta de limpieza de los módulos alcanzo el 36.3%; pero lo que para un año significa un 27.33%. La eficiencia de los módulos recayó de 9% a 5.5% en un peor mes y a un 6.28% en todo el año, el rendimiento cayo a razón de 0.6% cada en la estación de invierno, en la estación de otoño se encontró el día con mayor descenso en rendimiento con un 46.16% menos (Alfaro et al., 2019).

En el proyecto de investigación realiza un estudio técnico-económico de un sistema fotovoltaico, con influencia de suciedad, viento y lluvia en la ciudad de Arequipa, llegando a la conclusión que mientras más aumenta la cantidad de deposición del polvo en g/m^2 se reduce la eficiencia del panel fotovoltaico; pero que sólo se ve afectado cuando aumenta la cantidad del polvo. En las pruebas se determinó que no es factible hacer la limpieza hasta que el sistema tenga 6 meses de instalación puesto que los costos de perdida de eficiencia son menores a los costos de mantenimiento (Navarrete, 2019).

2.2 Definiciones

- a) **La energía solar fotovoltaica:** La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula solar”. La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico”. Presenta características como elevada calidad energética, pequeño o nulo impacto ecológico, inagotable a escala humana. La energía solar fotovoltaica permite un gran número de aplicaciones, ya que puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red, viviendas aisladas, faros, postes SOS, bombes, repetidores de telecomunicaciones (Blanco, 2011). La energía solar fotovoltaica es actualmente, después de las energías hidroeléctrica y eólica, la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global (Sena de Haro, 2014).
- b) **Célula fotovoltaica:** El componente principal de los paneles fotovoltaicos es la célula, su funcionamiento es el que hace posible la obtención de electricidad a partir de luz solar. Las células fotovoltaicas son sensibles a la luz, están hechas de un material semiconductor, silicio en la mayoría de los casos, el cual se excita ante la presencia de radiación (aumento de temperatura) y los electrones pueden fluir del tipo P (positivo) al tipo N (negativo), esto ocasiona un voltaje interno, el cual ante la presencia de una resistencia se produce una corriente (Cieza, 2017).

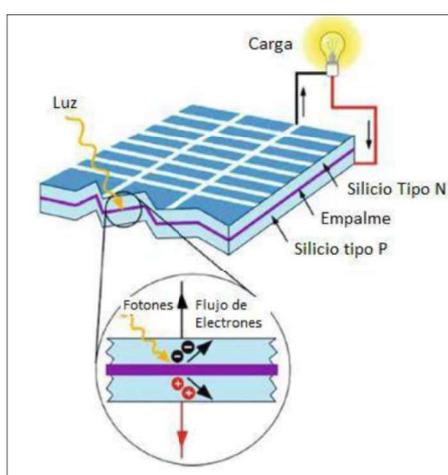


Figura 1. Funcionamiento de una célula fotovoltaica (Cieza, 2017).

- c) **Módulo fotovoltaico:** Un módulo fotovoltaico es la conexión de varias células en paralelo y/o en serie, se conectan en serie para aumentar la corriente y en paralelo para incrementar el voltaje. Para ensamblar un panel fotovoltaico, se cuentan con plantas que deben estar certificadas con altos estándares de calidad sobre todo en soldadura. Se utilizan principalmente, metales (buenos conductores) y vidrios (Cieza, 2017).
- d) **Irradiancia:** Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m^2 o unidades equivalentes (Cieza, 2017).
- e) **Irradiación:** Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m^2 o, en caso de un día, en $Wh/m^2/día$ o unidades equivalentes (Cieza, 2017).
- f) **Hora solar pico:** Disponiendo de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtienen las HSP. Se puede deducir fácilmente que, si los valores de radiación solar disponibles están expresados en kWh/m^2 , coinciden numéricamente con los que resultan al expresarlos en HSP. Las horas sol pico, nos van a ayudar a conocer la energía disponible (Cieza, 2017).

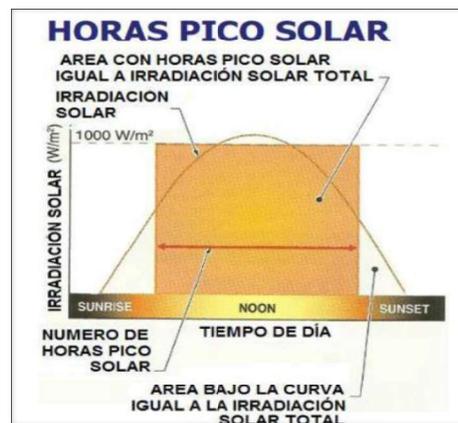


Figura 2. Hora solar pico (Cieza, 2017).

- g) Polvo:** El polvo se puede definir como partículas diminutas trituradas que tiene un tamaño inferior a 500 μm . Puede entrar polvo en el medio ambiente de diversas fuentes, como sitios de construcción, industrias y tormentas de polvo. El polvo se compone de partículas visibles e invisibles, flotantes y de caídas de material sólidos (Hussain et al., 2017).



Figura 3. Muestras de polvo: (a) polvo de agregados; (b) polvo de carbón; (c) polvo de la industria de fertilizantes; (d) yeso polvo de la industria (Andrea, Pogrebnaya & Kichonge, 2019).

- h) Granulometría del polvo:** Las partículas de polvo, que es un concepto genérico aplicable a toda partícula sólida con diámetro menor a 500 micrómetros. Queda excluida la suciedad debida a la acción eventual de seres vivos como por ejemplo los excrementos de aves, problemática que puede adquirir relevancia en algunos casos. Se excluye también la eventual deposición de cuerpos u objetos de mayor tamaño, lo cual por otro lado es inusual. Como demuestran los estudios granulométricos de los informes revisados, el tamaño habitual de las partículas depositadas no excede de 50 micrómetros, ubicándose la gran mayoría de partículas por debajo de los 25 micrómetros. Así mismo existen mecanismos tanto de deposición como de desprendimiento de las partículas del polvo, tratándose de un fenómeno enormemente complejo (Nuevo, 2016).

Tabla 1

Mecanismos de deposición y desprendimiento de partículas

		Tipo de mecanismo
Deposición	Por gravedad	Debido a la acción de la gravedad las partículas caen y se depositan en el panel. Es mayoritario.
	Por difusión	Debido a la acción de fuerzas externas, generalmente el viento, las partículas son arrastradas y de esa forma alcanzan el panel. Minoritario
Desprendimiento	Por viento	Debido a la acción principal del viento unida a la ayuda de la gravedad, las partículas se desprenden del panel.
	Por lluvia	Debido a la acción principal de la lluvia unida a la ayuda de la gravedad las partículas se desprenden del panel
	Por gravedad	Debido a la sola acción de la gravedad las partículas se desprenden del panel

Nota. Extraído de Análisis de factores que influyen en la suciedad de paneles fotovoltaicos y su efecto sobre la producción de energía eléctrica, por P. Nuevo, 2016, p. 29.

- i) **Impacto del ambiente en el performance de sistemas fotovoltaicos:** El rendimiento de los sistemas fotovoltaicos se ve muy afectado por factores internos y externos como las características estructurales, envejecimiento, radiación, sombreado, temperatura, viento, contaminación y limpieza. Cualquier tipo de cambio climático provoca cambios en las radiaciones solares y en la temperatura ambiente, lo que provoca cambios en el rendimiento de salida solar fotovoltaica (Hussain et al., 2017).

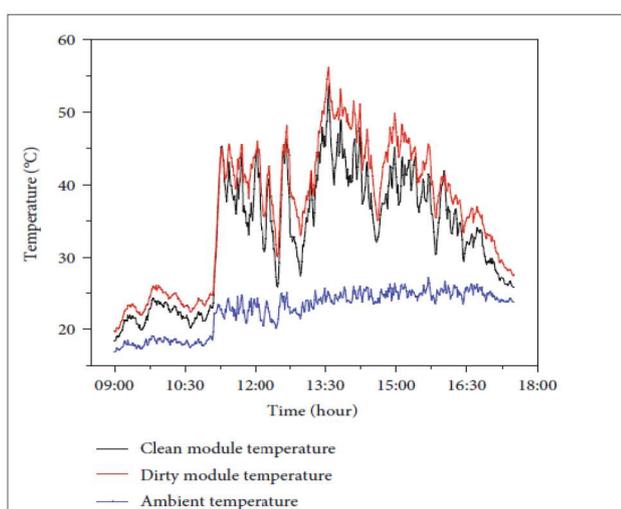


Figura 4. Variación de temperatura de operación de los módulos fotovoltaicos expuestos al polvo (Andrea, Pogrebnaya & Kichonge, 2019).

j) Climatología del lugar de estudio: El centro poblado de Ayabacas se encuentra en la provincia de San Román, departamento de Puno, con coordenadas geográficas 15°25'30.7" latitud sur y 70.4'28.9" longitud oeste, ubicada a 3832 m.s.n.m. El mes con temperatura más alta es noviembre con 18.8 °C, la temperatura más baja se da en el mes de julio con -7.8 °C y llueve con mayor intensidad en el mes de enero (118 mm/mes), la dirección predominante promedio por hora del viento varía durante el año. El viento con más frecuencia viene del oeste durante 4.6 meses, del 5 de mayo al 24 de setiembre. El viento con más frecuencia viene del este durante 7.4 meses, del 24 de setiembre al 5 de mayo. El mes más ventoso del año en Juliaca es diciembre, con una velocidad media horaria del viento de 11,2 kilómetros por hora. Los meses más secos donde existe más presencia de polvo son Julio y agosto con un promedio de lluvia de 0.2 días de probabilidad de tener 1 día mojado en esos meses, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2018).

2.3 Normatividad

2.3.1 Norma IEC 61724

La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y de tecnologías relacionadas. Para alcanzar su objetivo, además de otras actividades, la CEI publica Normas Internacionales, Especificaciones Técnicas, Informes Técnicos, Especificaciones Disponibles al Público (PAS, siglas en inglés) y Guías.

La norma internacional IEC 61724-1 aborda la monitorización del sistema fotovoltaico y ha sido elaborada por el comité técnico 82 de la CEI: Sistemas de energía solar fotovoltaica. Esta primera edición anula y sustituye a la primera edición de la norma IEC 61724 que fue publicada en 1998. La norma IEC 61724-1:2017 define tres clasificaciones -clase A, B y C- de los sistemas de monitorización en función del número de variables que deben medirse in situ y de la precisión de la medición. Los sistemas definidos como clase B y C son los que permiten el uso de estimaciones por satélite de las variables meteorológicas.

Tal y como se indica en la Tabla 1, el sistema de monitorización de clase B se sugiere para una evaluación básica del rendimiento del sistema fotovoltaico, la

documentación de la garantía de rendimiento y el análisis de las pérdidas del sistema. Por otra parte, se sugiere el sistema de monitorización de clase C para una evaluación básica del rendimiento del sistema.

Tabla 2

Clasificación de los diferentes sistemas de monitorización y sus aplicaciones.

Aplicaciones típicas	Clase A	Clase B	Clase C
	Precisión	Precisión	Precisión
	básica	básica	básica
Evaluación básica del rendimiento del sistema	x	x	x
Documentación de una garantía de ejecución	x	x	
Análisis de las pérdidas del sistema	x	x	
Evaluación de la red eléctrica	x		
Evaluación de la localización de fallas de tecnología fotovoltaica	x		
Evaluación de tecnología fotovoltaica	x		
Medición precisa de la degradación del sistema fotovoltaico	x		

Nota. Extraído de EC 61724-1:2017.

Dentro de los parámetros medidos y requisitos que exige la norma para cada una de las clases definidas anteriormente, con el objetivo de llevar a cabo la caracterización energética de un sistema fotovoltaico, ésta establece que para el sistema de monitorización de clase B deben realizarse mediciones in situ o estimaciones utilizando datos de satélite de la irradiancia en el plano del generador, la irradiancia global horizontal, la irradiancia directa normal y difusa, la temperatura (ambiente y del módulo), la velocidad del viento y las precipitaciones. Para el sistema de monitorización de clase C, solamente la irradiancia en el plano del generador y la temperatura ambiente deben medirse in situ o estimarse mediante datos de satélite, como sucede en la clase B para estos parámetros.

Las estimaciones por satélite, se pueden definir como único medio que le permite a un usuario final estimar si su instalación funciona correctamente, puesto que la mayoría de ellos no llevarán a cabo la instalación de estaciones meteorológicas que le permitan obtener, al menos, datos de irradiancia global y temperatura ambiente. Es aquí donde el sistema de monitorización de clase C se presenta como fundamental para desarrollar la metodología utilizada en este estudio y alcanzar los objetivos del mismo.

En la Tabla 2, la marca de verificación (✓) hace referencia a un parámetro que debe medirse, necesariamente, in situ. Mientras que el símbolo "E" indica un parámetro que puede estimarse basándose en datos meteorológicos locales o regionales o en datos de satélite, en lugar de medirse in situ.

Tabla 3

Parámetros medidos o estimados de entrada y de salida requeridos para el sistema de monitorización de clase C.

Parámetro	Símbolo	Unidades	Propósito del monitoreo	Requerido Clase C-precisión media
Entrada				
Irradiancia en el plano	G_i	W/m^2	Recurso solar	✓ o E
Temperatura ambiente del aire	T_{amb}	$^{\circ}C$	Estimación de temperaturas fotovoltaicas	✓ o E
Salida eléctrica				
Potencia de salida (AC)	P_{out}	kW	Salida de energía	✓
Salida de energía	E_{out}	kWh		✓

Nota. Extraído de EC 61724-1:2017.

2.3.2 Parámetros calculados

La norma IEC 61724:2017-1 define una serie de parámetros y factores de rendimiento que se calculan normalmente para periodos diarios, mensuales o anuales.

En las fórmulas que se describen a continuación y que involucran una sumatoria, τ_k hace referencia a la duración del intervalo de medida k^{th} dentro de un periodo de tiempo.

En primer lugar, la irradiación en el plano (H_i en Wh/m²) se calcula mediante la sumatoria de la irradiancia incidente en el plano (G_i, k en W/m²) de la siguiente manera:

$$H_i = \sum_k G_k \times \tau_k \quad (1)$$

La energía en la parte de corriente continua (E_A en Wh) se calcula según la ecuación:

$$E_A = \sum_k P_{A,k} \times \tau_k \quad (2)$$

Donde P_A, k (W) es el k -ésimo valor registrado de la potencia a la entrada en corriente continua.

Por otra parte, la norma establece que el rendimiento energético del array fotovoltaico (Y_A en Wh·W⁻¹) hace referencia a la producción de energía en corriente continua del sistema por cada kW nominal instalado:

$$Y_A = \frac{E_A}{P_0} \quad (3)$$

Donde P_0 es la potencia pico del sistema.

La eficiencia media del arreglo sobre un periodo de tiempo está dada por:

$$\eta_A = \frac{E_A}{H_i \times A_a} \quad (4)$$

Donde A_a es el área total del arreglo, correspondiente a la suma de las áreas de las superficies frontales de los módulos FV según lo definido por sus bordes externos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El proyecto de investigación se desarrolló en la azotea, un espacio despejado y libre de sombras, del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca en el centro poblado de Ayabacas, ubicado a 3832 m.s.n.m., provincia de San Román, departamento de Puno.

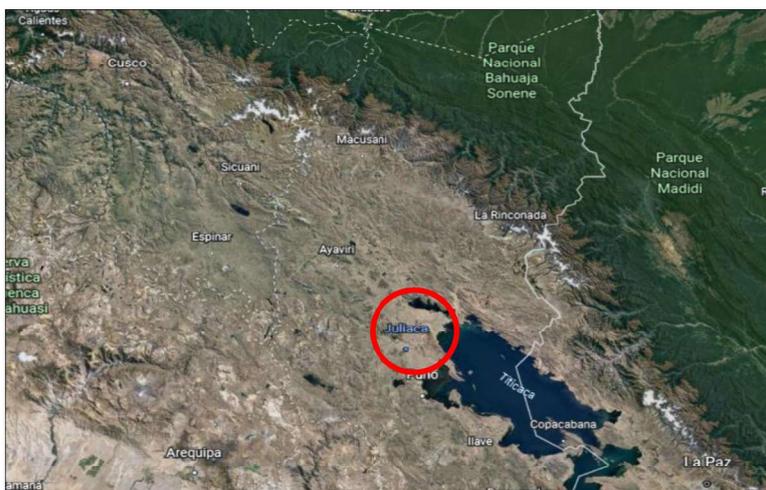


Figura 5. Área de estudio (Google Maps).

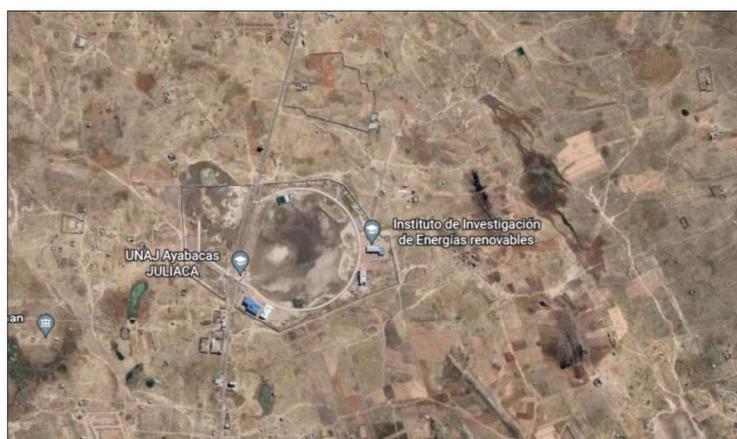


Figura 6. Lugar de estudio del proyecto de investigación (Google Earth).



Figura 7. Módulos fotovoltaicos experimentales instalados en la azotea del Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca (Google Earth).

3.2 Población

En el Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética hay 3 sistemas fotovoltaicos conectados a la red, así como 8 módulos fotovoltaicos los cuales están dedicados al estudio de los ángulos de inclinación.

3.3 Muestra

El módulo experimental fue instalado, programado y puesto en marcha por el ingeniero Pedro Puma Roque, en el Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética (IEREE), y fue muestreado durante 365 días calendario de forma continua en la estación lluviosa que para el proyecto de investigación inicia en noviembre del 2021 y culmina en octubre del 2022, con una duración de 6 meses, así como durante la estación seca, que dura 6 meses del mes de mayo al mes de octubre del 2022. Los datos de corriente y tensión desde las 06:30 horas hasta las 17:30 horas con una frecuencia de 10 datos por minuto, para la toma de datos se utilizó un controlador lógico programable.

3.4 Módulo experimental

El módulo experimental fue instalado, programado y puesto en marcha por el ingeniero Pedro Puma Roque. El módulo experimental está ubicado a 3832 m.s.n.m, los módulos fotovoltaicos, los equipos del sistema de adquisición de datos, el sistema de protección, el sistema estructural, así como el transporte e instalación del módulo experimental, fue financiado, en su totalidad, por la doctora Vilma Sarmiento Mamani.

3.4.1 Sistema de módulos fotovoltaicos

Este sistema comprende la instalación de 4 módulos fotovoltaicos (MFV), 2 de tecnología monocristalina y 2 de tecnología policristalina los 4 de 100 Watts de potencia (Wp) cada uno, distribuidos de la siguiente forma:

- Los 4 módulos fotovoltaicos están instalados en un sistema estructural, ubicados al norte y con un ángulo de inclinación de 15°.
- Se conectó cada módulo fotovoltaico independientemente del otro.

Tabla 4

Ficha técnica del módulo fotovoltaicos monocristalino.

Modulo fotovoltaico	Medida
Modelo	ODA100-18-M
Potencia Máxima Nominal (Pmax)	100 Wp
Tolerancia de potencia (Tol)	3%
Voltaje en potencia máxima (Vmp)	18.30 V
Corriente en potencia máxima (Vmp)	5.47 A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.42 V
Corriente de corto circuito (Isc)	5.99 A
Temperatura de operación nominal de la célula (NOCT)	47±2 °C
Tensión máxima del sistema	1000 VCD
Clasificación máxima de fusibles en serie	10 A
Temperatura de operación	-40°C a +85°C
Clase de aplicación	Clase A
Tecnología de la célula	Silicio monocristalino
Peso (Kg)	9.00
Dimensiones (mm)	1130x668x35
Datos de rendimiento técnico registrados en condiciones de prueba estándar (STC)	
Am=1.5 E=1000 W/m ² TC=25°C	

Nota. Extraído de la ficha técnica del módulo fotovoltaico.

Tabla 5*Ficha técnica del módulo fotovoltaico policristalino.*

Modulo fotovoltaico	Medida
Modelo	ODA100-18-M
Potencia Máxima Nominal (Pmax)	100 Wp
Tolerancia de potencia (Tol)	3%
Voltaje en potencia máxima (Vmp)	18.20 V
Corriente en potencia máxima (Vmp)	5.5 A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	21.85 V
Corriente de corto circuito (Isc)	5.94 A
Temperatura de operación nominal de la célula (NOCT)	47±2 °C
Tensión máxima del sistema	1000 VCD
Clasificación máxima de fusibles en serie	10 A
Temperatura de operación	-40°C a +85°C
Clase de aplicación	Clase A
Tecnología de la célula	Silicio policristalino
Peso (Kg)	9.00
Dimensiones (mm)	1130x668x35
Datos de rendimiento técnico registrados en condiciones de prueba estándar (STC)	
$A_m=1.5$ $E=1000$ W/m^2 $TC=25^\circ C$	

Nota. Extraído de la ficha técnica del módulo fotovoltaico.

3.4.2 Sistema de adquisición de datos

Para la toma de datos de temperatura se utilizó un sensor de temperatura RTD PT100 de 3 hilos, los cuales están conectados a un controlador lógico programable (PLC) Siemens con display. Para la toma de datos de tensión y corriente para cada módulo se utilizó un fusible RT 28N para la protección de los módulos fotovoltaicos, para el consumo de energía se utilizaron 4 focos lagrimones de 24V, se utilizó también resistencias de 1 y 1.5 K ohm que actúan como divisor de tensión para las señales que serán cambiadas por el convertidor analógico haciendo que la señal analógica variable de los módulos fotovoltaicos se vuelva digital y que posteriormente sea registrada por un PLC sin display, también se utilizaron 3 módulos de ampliación AM2 para tener más entradas y salidas digitales que son necesarias en el proyecto de investigación puesto que trabajamos con 4 módulos fotovoltaicos, el PLC es alimentado por una fuente de alimentación regulada Siemens PM 1027 de 24 V. Las características del grupo existente son:

Tabla 6*Ficha técnica del PLC Siemens Logo V8 DE 24 V.*

Rango Admisible de Tensión nominal, límite inferior (DC)	10.8 V
Rango Admisible de Tensión nominal, límite inferior (DC)	28.8 V
Cantidad de programadores de horario Reserva de marcha	400; Máx. 400, según función 400 h
N° de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)
N° de salidas digitales	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No, requiere protección externa
Desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
Temperatura ambiente en servicio	De -20°C; sin condensación a 55°C

Nota. Extraído de la ficha técnica del PLC.**Tabla 7***Ficha técnica del logo power, fuente de alimentación regulada de 24 V.*

Entrada	AC monofásica o DC
Tensión nominal Ue nom	100 ...240 V
Rango de tension AC	85 ...264 V
Tensión de entrada con DC	110 ...300 V
Salida	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal Us nom DC	24 V
Rendimiento	86%
Pérdidas	5W
Temperatura ambiente en servicio	De -25°C a +70°C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	De -40°C a +85°C
Dimensiones	71.5 mm(ancho), 90 mm (altura), 60 mm (profundidad)

Nota. Extraído de la ficha técnica del Logo Power.

Tabla 8*Ficha técnica del convertidor lógico aislado.*

Entrada	AC monofásica o DC
Tipo de producto	Convertidor de tensión/corriente
Tipo de entrada analógica	Corriente 0...1.5 A CA/CC 50/60HZ Corriente 0...15 A CA/CC 50/60HZ Corriente 0...5 A CA/CC 50/60HZ
Tipo de salida analógica	Corriente 0...20 mA \leq 500 Ohm con cableado Corriente 4...20 mA \leq 500 Ohm con cableado Tensión 0...10 V \geq 100 kOhm con cableado
Tensión nominal de aislamiento (Ui)	2 kV
Tensión nominal de alimentación (Us)	24 V DC +/- 20 %, aislado
Error de medida	+/- 10 % de escala completa a 20 °C interfaz electromagnética de 10 V/m) +/-5 % de escala completa a 20 °C

Nota. Extraído de la ficha técnica del convertidor lógico aislado.

3.4.3 Sistema de protección

Este sistema permite la protección de todo el tablero eléctrico contra corrientes eléctricas residuales por contactos directos o indirectos, en nuestra instalación eléctrica protegiéndonos a nosotros mismos; así como a dispositivos electrónicos, consta de un disyuntor diferencial bipolar SDR 2x40 A, un interruptor termomagnético SDZ 2x10 A., y un interruptor termomagnético SDZ 1x2 A. Para la protección de los módulos fotovoltaicos se utiliza un fusible RT 28N con su respectivo portafusible.

Tabla 9*Características del disyuntor diferencial bipolar 2 x 40 A.*

Las características son:	
Transformador	Toroidal
Corriente	40 A
Sensibilidad	Bipolar de 30 mA
Grado de protección	IP20
Dimensiones	36 mm (ancho) x 90 mm (alto) x 78 mm (profundidad)

Nota. Extraído de la ficha técnica del disyuntor diferencial bipolar.

Tabla 10*Características del interruptor termomagnético SDZ 2x 10 A.*

Las características son:	
Gama	SDZ
Número de polos	2P
Corriente nominal (In)	10 A
Tipo de red	AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico – magnético
Código de curva	C
Frecuencia de red	50/60 Hz
Dimensiones	18 mm (ancho) x 91 mm (alto) x 78.5 mm (profundidad)
Grado de protección	IP20 de acuerdo con EN 60529

Nota. Extraído de la ficha técnica del interruptor termomagnético.

3.4.4 Sistema estructural

Los 4 módulos fotovoltaicos están instalados una base de metal de 1.34 m de ancho x 2.18 m de largo, ajustados con pernos galvanizados, estos módulos están sujetos a un mono poste circular con una altura de 1.51 m de alto, el cual está sujeto al piso con pernos de acero, el sistema estructural está protegido de la corrosión especialmente por la temporada de lluvias por el spray galvanox, también consta de una varilla galvanizada para corregir el ángulo de inclinación que se encuentra en 15° orientación norte.

3.5 Metodología de la Investigación

3.5.1 Tipo de Investigación

Tabla 11

Tipo de investigación.

Tipo	Definición
Aplicada	El proyecto de investigación tiene por finalidad aplicar el conocimiento de la estacionalidad de nuestra región y la irradiación sobre los módulos fotovoltaicos a la actualidad, en las condiciones de nuestra localidad.
Experimental	Se maneja una variable experimental, no comprobada, la estacionalidad, en condiciones controladas con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce la variación de potencia.

3.5.2 Método de Investigación

Tabla 12

Metodología de investigación.

Métodos	Definición
Empírico de observación	Se observa de manera directa el comportamiento de la variable de estudio.
Empírico experimental	Se ha desarrollado un diseño experimental que nos permite entender la variable de estudio.

3.6 Técnicas, instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas

Para poder desarrollar y manejar la información se hizo el uso de la tecnología, para lo cual se utilizó el programa Microsoft Excel para el registro y procesamiento de los datos.

3.6.2 Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos pueden ser electrónicos o en papel, es este caso se utilizó un PLC (Controlador Lógico Programable) para el registro y almacenamiento de datos de corriente y tensión, una laptop para la descarga y procesamiento de datos.

3.6.3 Técnicas de procesamiento

- Plan de recolección de datos y ejecución

Se seguirá los siguientes pasos para la recolección de datos, en base al diagrama de flujo mostrado:

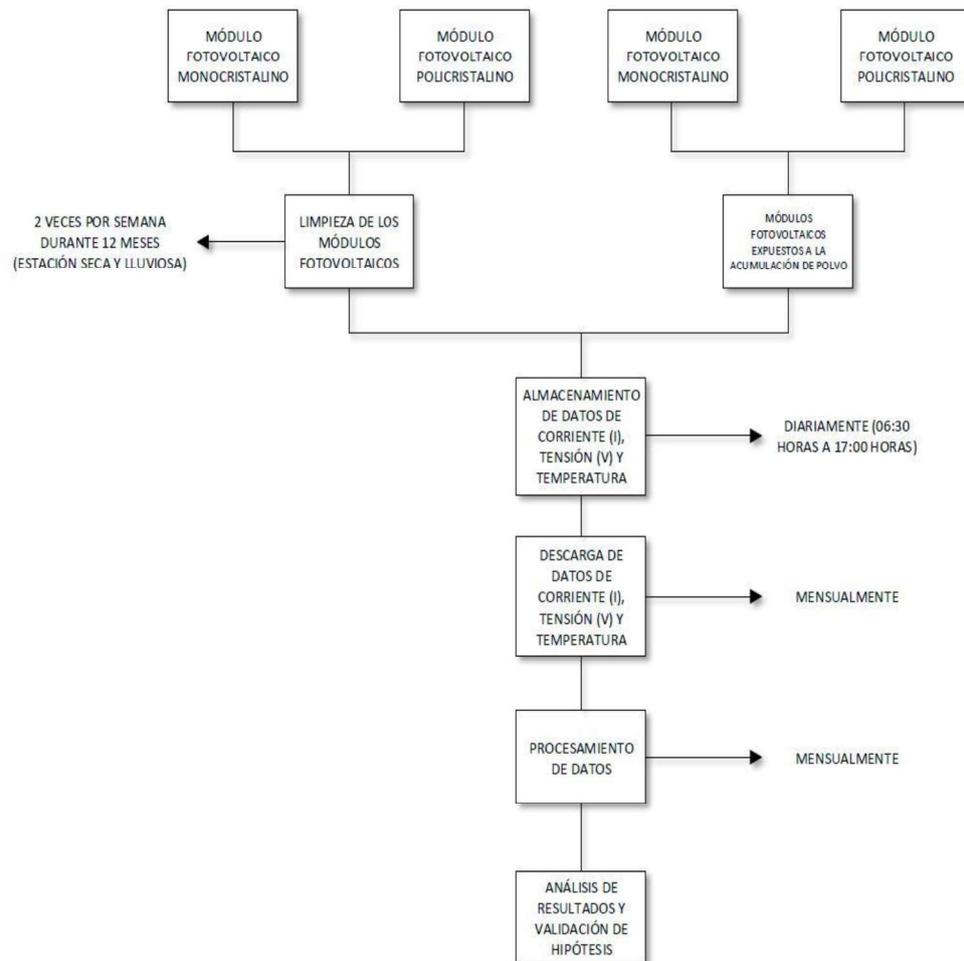


Figura 8. Diagrama de flujo.

3.6.4 Recursos computacionales de hardware y software

El PLC tiene un interfaz para descargar los datos almacenados desde una computadora mediante el programa Logosoft mediante la conexión de un cable ethernet, los archivos son almacenados en formato .csv para el procesamiento y gráfico de los datos se utilizó el programa Microsoft Excel.

3.7 Método.

El procesamiento desde el punto de vista técnico; por tanto, se tiene un enfoque cuantitativo.

3.7.1 Análisis de corriente y tensión

El análisis de corriente y tensión se hará según la norma internacional IEC 61724, se lleva a cabo tomando en cuenta tomando los parámetros mencionados anteriormente y la irradiación durante el día.

Los pasos para el análisis son los siguientes:

- 1) Medición de la tensión y la corriente de cada módulo fotovoltaico.
- 2) Procesamiento de datos de corriente y tensión para la obtención de la potencia y posteriormente de la energía.
- 3) Obtención del rendimiento y eficiencia de cada módulo fotovoltaico.
- 4) Un informe completo del análisis presenta:
 - Rendimiento energético del módulo fotovoltaico.
 - Eficiencia del sistema fotovoltaico de cada sistema.
 - Representación gráfica de los datos.

Se llevan a cabo mediciones de cada parámetro de tensión y corriente para cada módulo los datos se registran por un año durante 365 días calendario de forma continua durante la estación seca y lluviosa desde las 06:30 horas hasta las 17:00 horas con 10 datos por minuto.

3.7.2 Análisis de temperatura

En el análisis de temperatura observaremos la variación de la temperatura de cada módulo fotovoltaico bajo las estaciones seca y lluviosa de la región Puno, los datos son registrados durante las 24:00 hora del día durante 365 días continuos, este parámetro se compara con la temperatura de operación de cada módulo fotovoltaico; sin embargo, para el análisis solo se tomará registro de las 06:30 horas hasta las 17:00 horas tal como los datos de tensión y corriente.

3.8 Hipótesis de la Investigación

3.8.1 Hipótesis General:

La eficiencia de la potencia de salida de los módulos fotovoltaicos se reduce en la estación seca sin importar el tipo de tecnología.

3.8.2 Hipótesis Específicas:

- No existe variación de la eficiencia de la potencia de salida de los módulos fotovoltaicos de ninguna tecnología en la estación lluviosa.
- No existe variación de la eficiencia de la potencia de salida de los módulos fotovoltaicos de ninguna tecnología en la estación seca.
- La temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas aumenta durante la estación seca y disminuye durante la estación lluviosa.

3.9 Operacionalización de Variables

Tabla 13

Operacionalización de la variable dependiente.

Variable Dependiente: Eficiencia de la potencia de salida		
Definición Conceptual	Dimensión	Indicador
La potencia es el producto del movimiento de la carga eléctrica (electrones) a través de un conductor por la diferencia de potencial que el generador fotovoltaico ofrece a sus extremos.	Intensidad de corriente eléctrica	Amperaje (I)
	Diferencia de potencial	Voltaje (V)
	Potencia	Watts $P=V*I$
La eficiencia es el cociente entre la potencia eléctrica producida por el módulo y la irradiación incidente sobre el mismo	Porcentaje	%

Tabla 14*Operacionalización de la variable independiente 1.*

Variable Independiente: Temporada del año		
Definición Conceptual	Dimensión	Indicador
Son periodos caracterizados por el comportamiento típico de alguna variable meteorológica.	Tiempo de exposición de los módulos fotovoltaicos a las condiciones meteorológicas del centro poblado de Ayabacas.	Temporada (Meses) -Temporada seca. Temporada lluviosa.

Tabla 15*Operacionalización de la variable independiente 2.*

Variable Independiente: Tecnología del módulo fotovoltaico		
Definición Conceptual	Dimensión	Indicador
Es la manera en cómo se elaboran las celdas fotovoltaicas, si al momento de la elaboración de los cristales, estos están orientados aleatoriamente serán células fotovoltaicas policristalinas; pero si son orientados en una sola dirección serán monocristalinas.	Tecnología a utilizar para su exposición a las condiciones meteorológicas del centro poblado de Ayabacas.	Tecnología -Módulo fotovoltaico monocristalino. -Modulo fotovoltaico policristalino.

Tabla 16*Operacionalización de la variable interviniente.*

Variable Interviniente: Temperatura del módulo fotovoltaico		
Definición Conceptual	Dimensión	Indicador
Es una magnitud física que muestra el grado o el nivel térmico de un cuerpo y es proporcional a la energía cinética promedio del mismo.	Temperatura de cada módulo fotovoltaico, de tecnología mono y policristalina, bajo las condiciones meteorológicas del centro poblado de Ayabacas.	Temperatura (°C)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aspectos Generales

El proyecto comprende de un Sistema de Generación Fotovoltaico, con la instalación de 4 módulos fotovoltaicos de 100 Wp cada uno, son los encargados de transformar la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, luego los datos son adquiridos y almacenados por un controlador lógico programable (PLC), los datos de tensión y corriente antes de ser almacenados y registrados son transformados mediante un convertidor analógico RMCA 61BD, encargado de convertir las mediciones eléctricas en señales eléctricas analógicas que sea compatible con el sistema de control, es este caso con el PLC, los módulos fotovoltaicos están colocados en un sistema estructural, y el sistema de control esta comunicado a una computadora mediante un cable ethernet para la descarga de datos. Una vez obtenida toda la información, que se realizó durante un año de monitorización, durante las estaciones seca y lluviosa del centro poblado de Ayabacas en la Universidad Nacional de Juliaca, se hizo el cálculo del rendimiento y eficiencia de los sistemas fotovoltaicos mediante el programa Excel.

Tabla 17

Resumen de parámetros de los módulos fotovoltaicos.

Cantidad	Tecnología	Parámetros			
		Estado	Vmp	Imp	Potencia (w)
1	Silicio monocristalino	Con polvo	18.3	5.47	100
1	Silicio monocristalino	Sin polvo	18.3	5.47	100
1	Silicio policristalino	Con polvo	18.2	5.5	100
1	Silicio Policristalino	Sin polvo	18.2	5.5	100

En el apartado 4.2 se da respuesta al objetivo general, en el apartado 4.3 se da respuesta al objetivo específico 1, en el apartado 4.4, se da respuesta al objetivo específico 2 y finalmente en el apartado 4.5 se da respuesta al objetivo específico 3. Los resultados son los siguientes:

4.2. Resultados de la determinación de la eficiencia de la potencia de salida de 2 tecnologías fotovoltaicas durante un año para el centro poblado de Ayabacas en la Universidad Nacional de Juliaca

En este apartado se presentan los resultados para dar respuesta al objetivo general que comprende la determinación de la eficiencia de la potencia de salida durante un año.

El procesamiento de datos se realizó desde el mes de noviembre del 2021 hasta el mes de octubre del 2022, un año, comprendiendo las estación seca y lluviosa. De las tablas 18, 19 y 20, se observa que debido a la deposición del polvo por la ausencia de limpieza sobre el módulo fotovoltaico policristalino la productividad mensual desciende hasta en un 2.36%, que se presenta en el mes de noviembre; mientras que en un año significa un 1.14%, de las tablas 21 y 22, se observa que la eficiencia del sistema policristalino, recae de 3.29% a 3.22%, en noviembre, siendo el peor mes durante el año, y que en un año significa de un 3.35% a un 3.321%. Para el módulo fotovoltaico monocristalino la productividad mensual desciende hasta en un 2.93%, que se presenta en el mes de octubre; mientras que, para todo el año, significa un 1.51%, de la tabla 21, se observa que la eficiencia del sistema monocristalino, recae en octubre, siendo el peor mes, de 3.15% a 3.06%, y lo que significaría para un año de un 3.53% a un 3.47%.

Al primer mes de iniciado el proyecto, el rendimiento del sistema policristalino con polvo respecto al sistema sin polvo cae en un 2.36%, siendo este mes con mayor descenso en rendimiento durante el año, ésta diferencia se va acortando durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo a razón de 0.04%/día; sin embargo para el mes de abril el sistema policristalino con polvo aumenta su rendimiento a razón de 0.04%/día sobre el sistema policristalino sin polvo para llegar al 1.09%, luego para el mes de mayo, el rendimiento del sistema con polvo empieza a reducirse otra vez del a razón de 0.06%/día hasta el mes de octubre. Para el sistema monocristalino con polvo respecto al sistema de la misma tecnología, pero sin polvo, en noviembre del 2021 el rendimiento cae en un 2.64%: sin embargo, la diferencia se va reduciendo durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo a razón de 0.05%/día, al igual que el sistema policristalino, para el mes de abril el sistema monocristalino con polvo aumenta su rendimiento a razón de 0.004%/día para llegar al 0.12% de diferencia, luego para el mes de mayo el rendimiento del sistema con polvo empieza a reducirse otra vez a razón de 0.05%/día hasta el mes de octubre. Este comportamiento se debe a las precipitaciones

pluviales que realizan una limpieza natural a los módulos fotovoltaicos con polvo de ambas tecnologías, haciendo que ambos sistemas operen bajo las mismas condiciones, quiere decir con ausencia de polvo.

Tabla 18

Resumen de energía y rendimiento de los sistemas – anual (2021-2022).

Mes	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/11/2021	4.888	5.006	5.261	5.122
1/12/2021	4.886	4.954	5.199	5.091
1/01/2022	4.980	5.080	5.333	5.221
1/02/2022	4.604	4.648	4.835	4.784
1/03/2022	4.961	4.972	5.195	5.139
1/04/2022	4.943	4.889	5.197	5.203
1/05/2022	5.082	5.137	5.495	5.418
1/06/2022	4.961	4.999	5.176	5.146
1/07/2022	5.149	5.188	5.401	5.372
1/08/2022	4.961	5.024	5.429	5.370
1/09/2022	4.899	5.007	5.237	5.093
1/10/2022	4.942	5.033	5.266	5.112
Anual (2021-2022)	59.256	59.937	63.024	62.070

Tabla 19

Resumen de rendimiento de los sistemas – anual (2021-2022).

Mes	(Ya) Poli con polvo (kWh/kWp)	(Ya) Poli sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono con polvo (kWh/kWp)
1/11/2021	48.88	50.06	52.61	51.22
1/12/2021	48.86	49.54	51.99	50.91
1/01/2022	49.80	50.80	53.33	52.21
1/02/2022	46.04	46.48	48.35	47.84
1/03/2022	49.61	49.72	51.95	51.39
1/04/2022	49.43	48.89	51.97	52.03
1/05/2022	50.82	51.37	54.95	54.18
1/06/2022	49.61	49.99	51.76	51.46
1/07/2022	51.49	51.88	54.01	53.72
1/08/2022	49.61	50.24	54.29	53.70
1/09/2022	48.99	50.07	52.37	50.93
1/10/2022	49.42	50.33	52.66	51.12
Anual (2021-2022)	592.56	599.37	630.24	620.70

Tabla 20*Resumen de la diferencia de energía de los sistemas – anual (2021-2022).*

Mes	Diferencia Poli-cristalino (kWh/kWp)	Diferencia Mono-cristalino (kWh/kWp)	Diferencia de energía policristalino (%)	Diferencia de energía monocristalino (%)
1/11/2021	1.182	1.388	2.36	2.64
1/12/2021	0.679	1.081	1.37	2.08
1/01/2022	0.997	1.122	1.96	2.10
1/02/2022	0.437	0.513	0.94	1.06
1/03/2022	0.107	0.563	0.21	1.08
1/04/2022	-0.533	-0.062	-1.09	-0.12
1/05/2022	0.544	0.764	1.06	1.39
1/06/2022	0.379	0.294	0.76	0.57
1/07/2022	0.392	0.295	0.76	0.55
1/08/2022	0.629	0.592	1.25	1.09
1/09/2022	1.083	1.447	2.16	2.76
1/10/2022	0.917	1.543	1.82	2.93
Anual (2021-2022)	6.813	9.541	1.14	1.51

Tabla 21*Resumen de la irradiancia y eficiencia de los sistemas con y sin polvo-anual.*

Mes	H (kWh/m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli-cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli-cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono-cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono-cristalino con polvo (%)
1/11/2021	201.38	0.75	3.22	3.29	3.46	3.37
1/12/2021	173.56	0.75	3.73	3.78	3.97	3.89
1/01/2022	167.90	0.75	3.93	4.01	4.21	4.12
1/02/2022	154.88	0.75	3.94	3.98	4.14	4.09
1/03/2022	171.39	0.75	3.84	3.84	4.02	3.97
1/04/2022	206.32	0.75	3.17	3.14	3.34	3.34
1/05/2022	214.49	0.75	3.14	3.17	3.39	3.35
1/06/2022	195.51	0.75	3.36	3.39	3.51	3.49
1/07/2022	213.07	0.75	3.20	3.23	3.36	3.34
1/08/2022	227.95	0.75	2.88	2.92	3.16	3.12
1/09/2022	220.49	0.75	2.94	3.01	3.15	3.06
1/10/2022	221.49	0.75	2.96	3.01	3.15	3.06
Anual (2021-2022)	2368.42	0.75	3.31	3.35	3.53	3.47

Tabla 22

Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – anual (2021-2022).

Mes	Dif. poli (%)	Dif. Mono (%)	Dif. poli (%)	Dif. mono (%)
1/11/2021	-0.078	-0.091	-2.36	-2.64
1/12/2021	-0.052	-0.083	-1.37	-2.08
1/01/2022	-0.079	-0.089	-1.96	-2.10
1/02/2022	-0.037	-0.044	-0.94	-1.06
1/03/2022	-0.008	-0.044	-0.21	-1.08
1/04/2022	0.034	0.004	1.09	0.12
1/05/2022	-0.034	-0.047	-1.06	-1.39
1/06/2022	-0.026	-0.020	-0.76	-0.57
1/07/2022	-0.024	-0.018	-0.76	-0.55
1/08/2022	-0.037	-0.034	-1.25	-1.09
1/09/2022	-0.065	-0.087	-2.16	-2.76
1/10/2022	-0.055	-0.092	-1.82	-2.93
Anual (2021-2022)	-0.038	-0.053	-1.14	-1.51

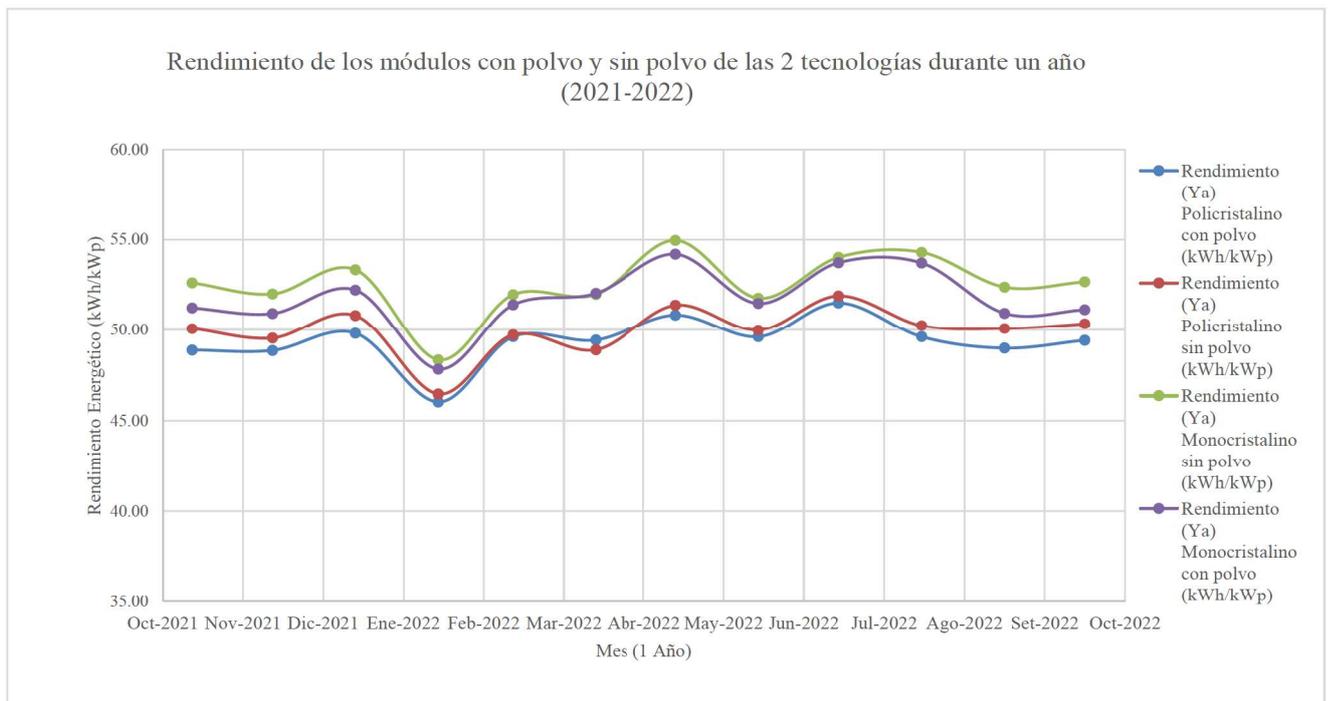


Figura 9. Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – anual (2021-2022).

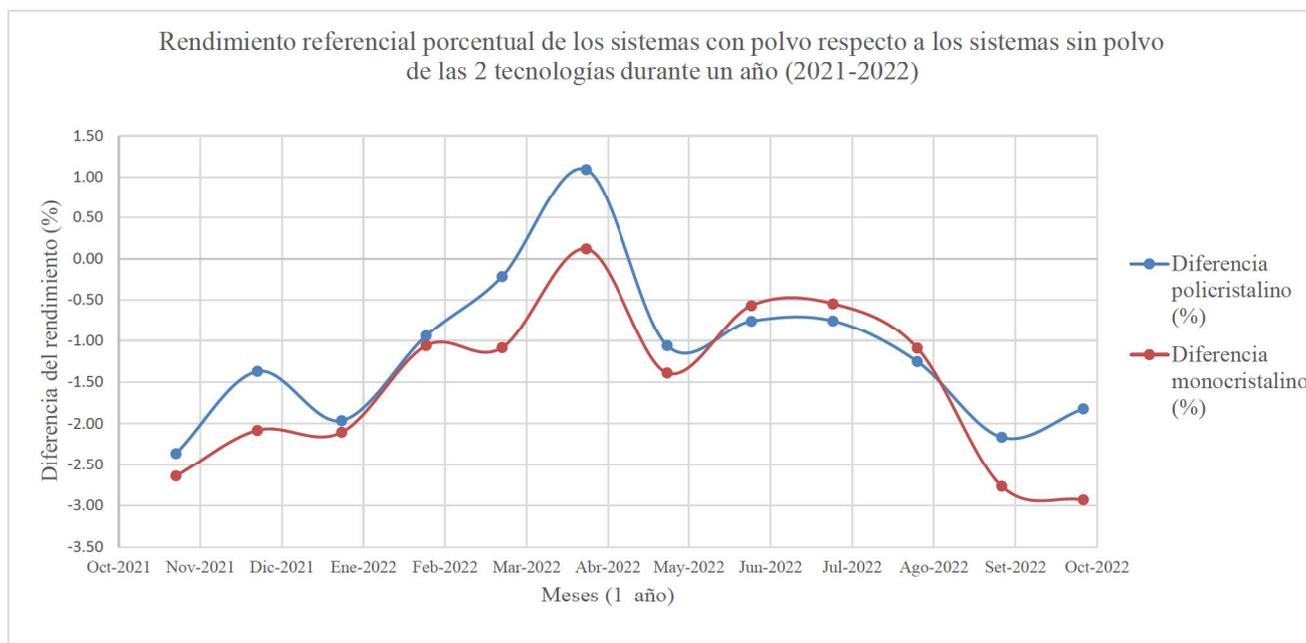


Figura 10. Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – anual (2021-2022).

4.3 Resultados de la evaluación y comparación de las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación lluviosa

En este apartado se presentan los resultados para dar respuesta al objetivo específico 1 que comprende la evaluación y comparación de las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación lluviosa para determinar qué tecnología tiene una mayor eficiencia de potencia de salida.

La estación lluviosa para el centro poblado de Ayabacas y para el proyecto de investigación, inicia en el mes de noviembre del 2021 y culmina el mes de abril del 2022, con información obtenida y procesada a partir de la tabla 23, 24 y 25 se observa que debido a la deposición del polvo por la ausencia de limpieza sobre el módulo fotovoltaico policristalino la productividad mensual desciende hasta en 2.36%, que se presenta en el mes de noviembre; mientras que para la estación lluviosa significa un 0.97%, de las tablas 26 y 27, se observa que la eficiencia del sistema policristalino, recae en noviembre, siendo el peor mes, de 3.32% a 3.24%, y de un 3.64 a un 3.61% en la estación lluviosa. Para el módulo monocristalino la productividad mensual desciende hasta en un 2.64%, que también se presenta en el mes de noviembre; mientras que, para la estación lluviosa, significa un 1.48%, de la tabla 26, se observa que la eficiencia del sistema monocristalino, recae en octubre siendo el peor mes, de 3.49% a 3.39%, y de un 3.83% a un 3.77% en la estación lluviosa.

En el primer mes de iniciado el proyecto de investigación, en noviembre del 2021, el rendimiento del sistema policristalino con polvo respecto al sistema sin polvo cae en un 2.36% para el mes de noviembre del 2021 a razón de 0.08%/día, siendo este mes con mayor descenso en rendimiento para la estación lluviosa, para el mes de diciembre del 2021 el rendimiento cae en 1.37%, para enero del 2022 en 1.96%, para febrero del 2022 se reduce a 0.94%, para marzo del 2022 en 0.21%; sin embargo para el mes de abril del 2022 el rendimiento del sistema policristalino con polvo respecto al sistema con polvo aumenta en 1.09%.

El rendimiento del sistema monocristalino con polvo respecto al sistema de la misma tecnología, pero sin polvo cae en un 2.64% para el mes de noviembre del 2021 a razón de 0.09%/día, siendo este mes con mayor descenso en rendimiento para la estación lluviosa, para el mes de diciembre del 2022 el rendimiento cae en 2.08%, para enero del 2022 en 2.1%, para febrero del 2022 en 1.06%, para marzo del 2022 en 1.08% y para el

mes de abril del 2022 al igual que el sistema policristalino 2022 el rendimiento del sistema monocristalino con polvo respecto al sistema con polvo aumenta en 0.12%. Esta reducción se debe al aumento de la precipitación pluvial, que limpia los módulos fotovoltaicos con polvo y hacen que ambos módulos operen a las mismas condiciones.

Tabla 23

Resultados de energía de los sistemas – estación lluviosa (2021-2022).

Mes	Energía poli. con polvo (kWh)	Energía poli. sin polvo (kWh)	Energía mono. sin polvo (kWh)	Energía mono. con polvo (kWh)
1/11/2021	4.888	5.006	5.261	5.122
1/12/2021	4.886	4.954	5.199	5.091
1/01/2022	4.980	5.080	5.333	5.221
1/02/2022	4.604	4.648	4.835	4.784
1/03/2022	4.961	4.972	5.195	5.139
1/04/2022	4.943	4.889	5.197	5.203
Estación lluviosa	29.263	29.549	31.020	30.559

Tabla 24

Resultados de rendimiento de los sistemas – estación lluviosa (2021-2022).

Mes	(Ya) Poli con polvo (kWh/kWp)	(Ya) Poli sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono con polvo (kWh/kWp)
1/11/2021	48.88	50.06	52.61	51.22
1/12/2021	48.86	49.54	51.99	50.91
1/01/2022	49.80	50.80	53.33	52.21
1/02/2022	46.04	46.48	48.35	47.84
1/03/2022	49.61	49.72	51.95	51.39
1/04/2022	49.43	48.89	51.97	52.03
Estación lluviosa	292.63	295.49	310.20	305.59

Tabla 25*Diferencia de energía de los sistemas – estación lluviosa (2021-2022).*

Mes	Dif. poli (kWh/kWp)	Dif. mono (kWh/kWp)	Dif. de energía poli (%)	Dif. de energía mono (%)
1/11/2021	1.182	1.388	2.36	2.64
1/12/2021	0.679	1.081	1.37	2.08
1/01/2022	0.997	1.122	1.96	2.10
1/02/2022	0.437	0.513	0.94	1.06
1/03/2022	0.107	0.563	0.21	1.08
1/04/2022	-0.533	-0.062	-1.09	-0.12
Estación lluviosa	2.869	4.606	0.97	1.48

Tabla 26*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – estación lluviosa (2021-2022).*

Mes	H (kWh/m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli-cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli-cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono-cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono-cristalino con polvo (%)
1/11/2021	199.94	0.75	3.24	3.32	3.49	3.39
1/12/2021	173.56	0.75	3.73	3.78	3.97	3.89
1/01/2022	167.90	0.75	3.93	4.01	4.21	4.12
1/02/2022	154.88	0.75	3.94	3.98	4.14	4.09
1/03/2022	171.39	0.75	3.84	3.84	4.02	3.97
1/04/2022	206.32	0.75	3.17	3.14	3.34	3.34
Estación lluviosa	1073.98	0.75	3.61	3.64	3.83	3.77

Tabla 27*Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación lluviosa (2021-2022).*

Mes	Diferencia, policristalino (%)	Diferencia, monocristalino (%)	Diferencia, policristalino (%)	Diferencia, monocristalino (%)
1/11/2021	-0.078	-0.092	-2.36	-2.64
1/12/2021	-0.052	-0.083	-1.37	-2.08
1/01/2022	-0.079	-0.089	-1.96	-2.10
1/02/2022	-0.037	-0.044	-0.94	-1.06
1/03/2022	-0.008	-0.044	-0.21	-1.08
1/04/2022	0.034	0.004	1.09	0.12
Estación lluviosa	-0.04	-0.06	-0.97	-1.48

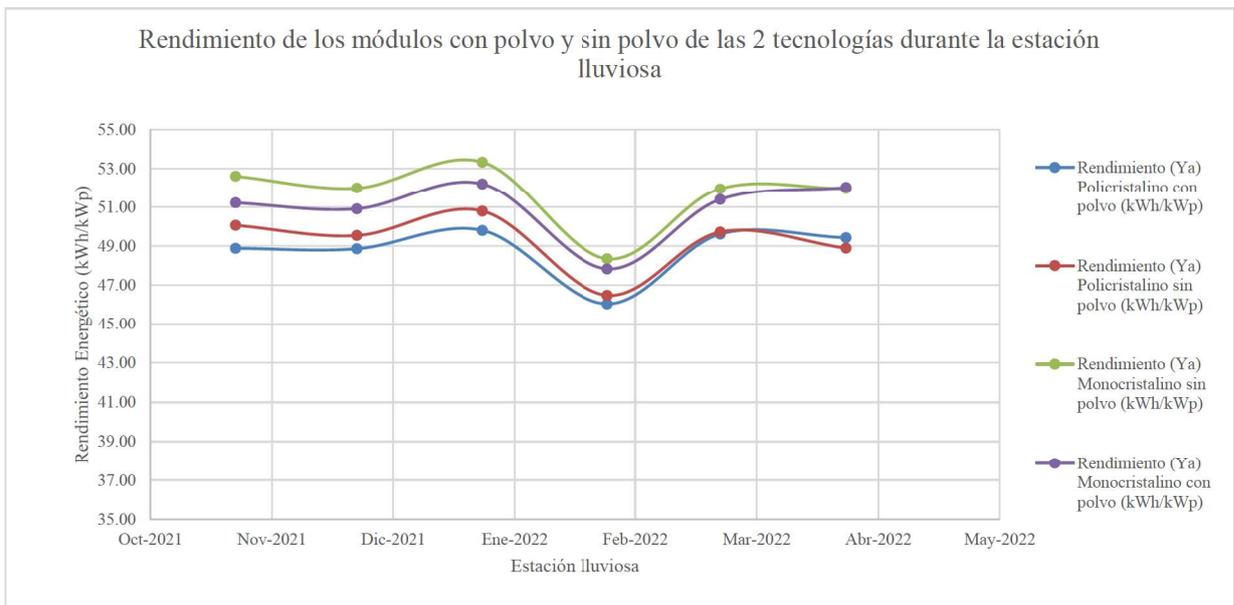


Figura 11. Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – estación lluviosa (2021-2022).

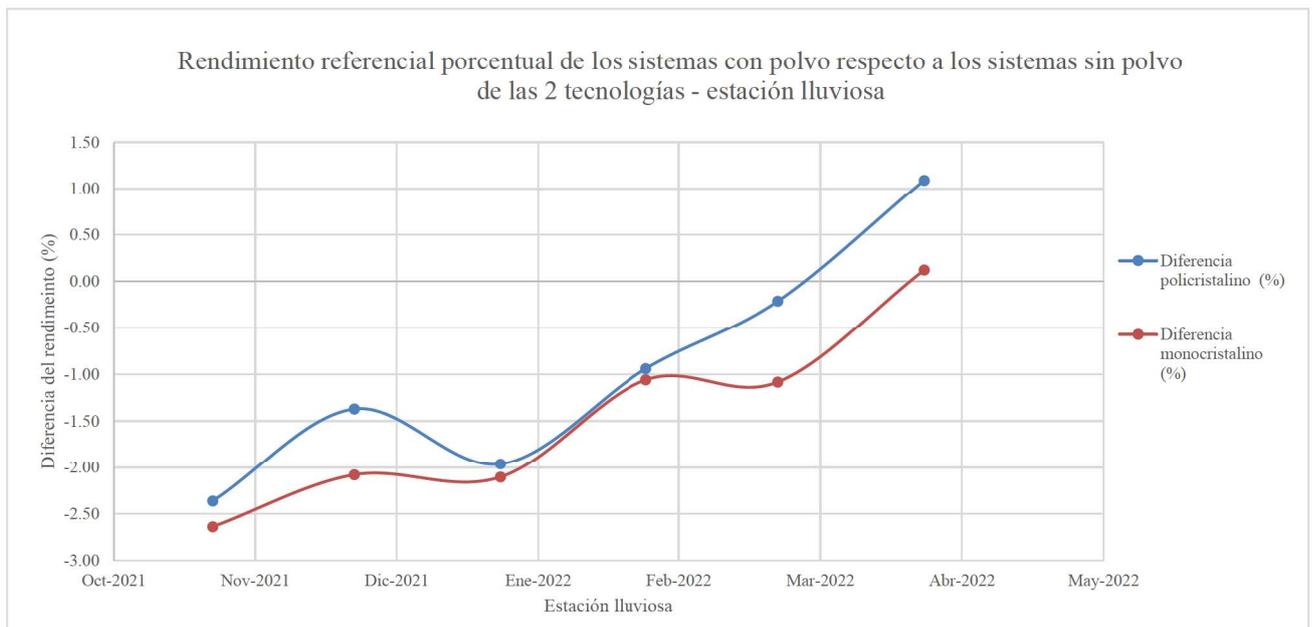


Figura 12. Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación lluviosa (2021-2022).

4.4 Resultados de la evaluación y comparación de las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación seca

En este apartado se presentan los resultados para dar respuesta al objetivo específico 2 que comprende la evaluación y comparación de las 2 tecnologías fotovoltaicas en función de la estación seca para determinar qué tecnología tiene una mayor eficiencia de potencia de salida.

La estación seca para el centro poblado de Ayabacas y para el proyecto de investigación, inicia en el mes de mayo del 2022 y culmina el mes de octubre del 2022, de acuerdo a la información del SENAMHI, con información obtenida y procesada a partir de la tabla 28, 29 y 30 se observa que debido a la deposición del polvo por la ausencia de limpieza sobre el módulo fotovoltaico policristalino la productividad mensual desciende hasta en 2.16%, que se presenta en el mes de setiembre; mientras que para la estación seca significa un 1.3%, de la tabla 31 y 32, se observa que la eficiencia del sistema policristalino, recae en setiembre siendo el peor mes, de 3.01% a 2.94%, y de un 3.11% a un 3.07% en la estación seca. Para el módulo fotovoltaico monocristalino la productividad mensual desciende hasta en un 2.93%, que se presenta en el mes de octubre; mientras que, para la estación seca, significa un 1.54%, de la tabla 31, se observa que la eficiencia del sistema monocristalino, recae en octubre siendo el peor mes, de 3.15% a 3.06%, y de un 3.28% a un 3.23% en la estación seca.

Se observa que, en setiembre del 2022, el rendimiento del sistema policristalino con polvo respecto al sistema sin polvo cae en un 2.16% a razón de 0.07%/día, siendo este mes con mayor descenso en rendimiento para la estación seca, para el mes de mayo del 2022 el rendimiento cae en 1.06%, para junio y julio del 2022 en 0.76%, para agosto del 2022 se reduce a 1.25%, para octubre del 2022 en 1.82%. El rendimiento del sistema monocristalino con polvo respecto al sistema de la misma tecnología, pero sin polvo, cae en un 2.93% para el mes de octubre del 2021 a razón de 0.095%/día, siendo este mes con mayor descenso en rendimiento para la estación seca, para el mes de mayo del 2022 el rendimiento cae en 1.39%, para junio del 2022 en 0.57%, para julio del 2022 en 0.55%, para agosto del 2022 en 1.09% y para el mes de setiembre del 2022 en 2.76%. Esta reducción del rendimiento en los 6 meses se debe a la disminución de la precipitación pluvial, lo que hace que con el paso de los días el polvo se acumule en los módulos fotovoltaicos de ambas tecnologías y afecten el rendimiento.

Tabla 28*Resultados de energía y rendimiento de los sistemas – estación seca (2022).*

Mes	Energía poli con polvo (kWh)	Energía poli sin polvo (kWh)	Energía mono sin polvo (kWh)	Energía mona con polvo (kWh)
1/05/2022	5.082	5.137	5.495	5.418
1/06/2022	4.961	4.999	5.176	5.146
1/07/2022	5.149	5.188	5.401	5.372
1/08/2022	4.961	5.024	5.429	5.370
1/09/2022	4.899	5.007	5.237	5.093
1/10/2022	4.942	5.033	5.266	5.112
Estación seca	29.99	30.39	32.00	31.51

Tabla 29*Resultados de rendimiento de los sistemas – estación seca (2022).*

Mes	(Ya) Poli con polvo (kWh/kWp)	(Ya) Poli-sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Mono-sin polvo (kWh/kWp)	(Ya) Monocon polvo (kWh/kWp)
1/05/2022	50.82	51.37	54.95	54.18
1/06/2022	49.61	49.99	51.76	51.46
1/07/2022	51.49	51.88	54.01	53.72
1/08/2022	49.61	50.24	54.29	53.70
1/09/2022	48.99	50.07	52.37	50.93
1/10/2022	49.42	50.33	52.66	51.12
Estación seca	299.93	303.88	320.04	315.11

Tabla 30*Diferencia de energía de los sistemas – estación seca (2022).*

Mes	Diferencia Poli-cristalino (kWh/kWp)	Diferencia Mono-cristalino (kWh/kWp)	Diferencia de energía poli-cristalino (%)	Diferencia de energía mono-cristalino (%)
1/05/2022	0.544	0.764	1.06	1.39
1/06/2022	0.379	0.294	0.76	0.57
1/07/2022	0.392	0.295	0.76	0.55
1/08/2022	0.629	0.592	1.25	1.09
1/09/2022	1.083	1.447	2.16	2.76
1/10/2022	0.917	1.543	1.82	2.93
Estación seca	3.944	4.935	1.30	1.54

Tabla 31*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – estación seca (2022).*

Mes	H (kWh /m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/05/2022	214.49	0.75	3.14	3.17	3.39	3.35
1/06/2022	195.51	0.75	3.36	3.39	3.51	3.49
1/07/2022	213.07	0.75	3.20	3.23	3.36	3.34
1/08/2022	227.95	0.75	2.88	2.92	3.16	3.12
1/09/2022	220.49	0.75	2.94	3.01	3.15	3.06
1/10/2022	221.49	0.75	2.96	3.01	3.15	3.06
Estación seca	1293.01	0.75	3.07	3.11	3.28	3.23

Tabla 32*Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación seca (2022).*

Mes	Diferencia, policristalino (%)	Diferencia, monocristalino (%)	Diferencia, policristalino (%)	Diferencia, monocristalino (%)
1/05/2022	-0.034	-0.047	-1.06	-1.39
1/06/2022	-0.026	-0.020	-0.76	-0.57
1/07/2022	-0.024	-0.018	-0.76	-0.55
1/08/2022	-0.037	-0.034	-1.25	-1.09
1/09/2022	-0.065	-0.087	-2.16	-2.76
1/10/2022	-0.055	-0.092	-1.82	-2.93
Estación seca	-0.04	-0.05	-1.30	-1.54

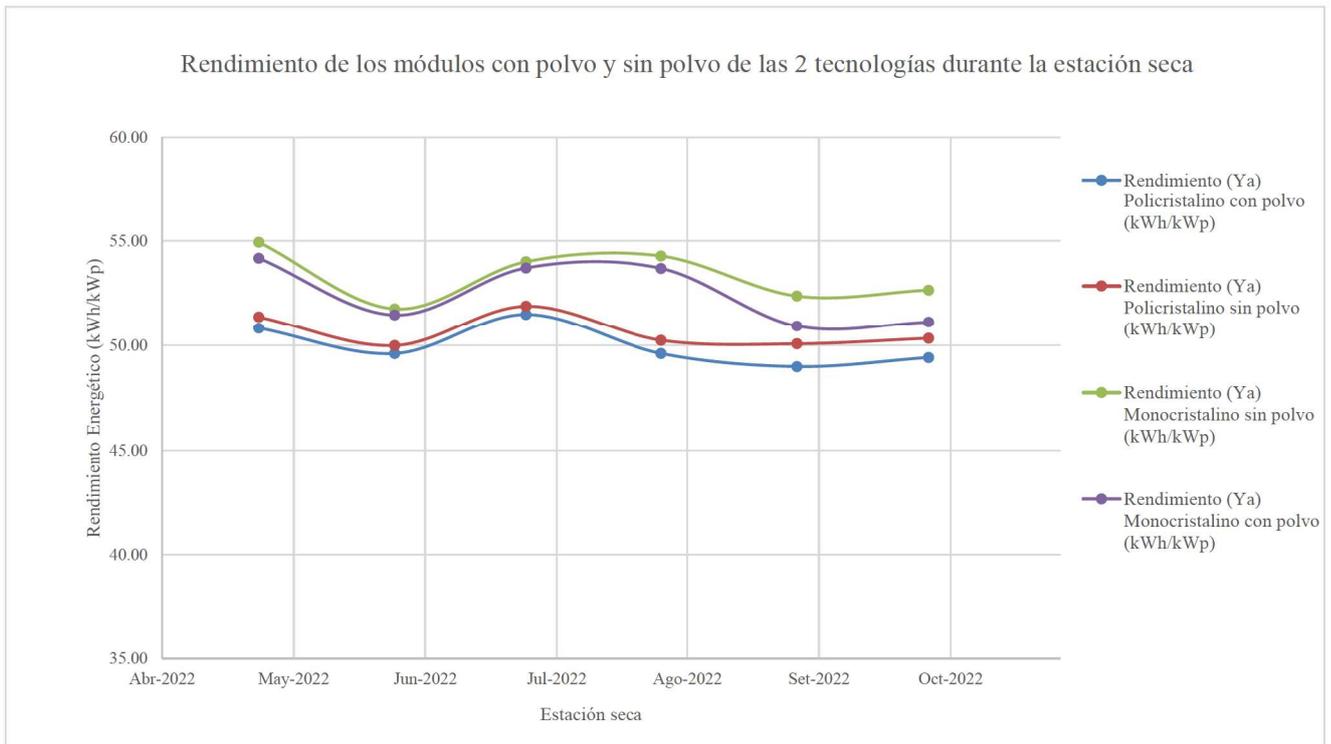


Figura 13. Rendimiento mensual de los sistemas con polvo y sin polvo – estación seca (2022).

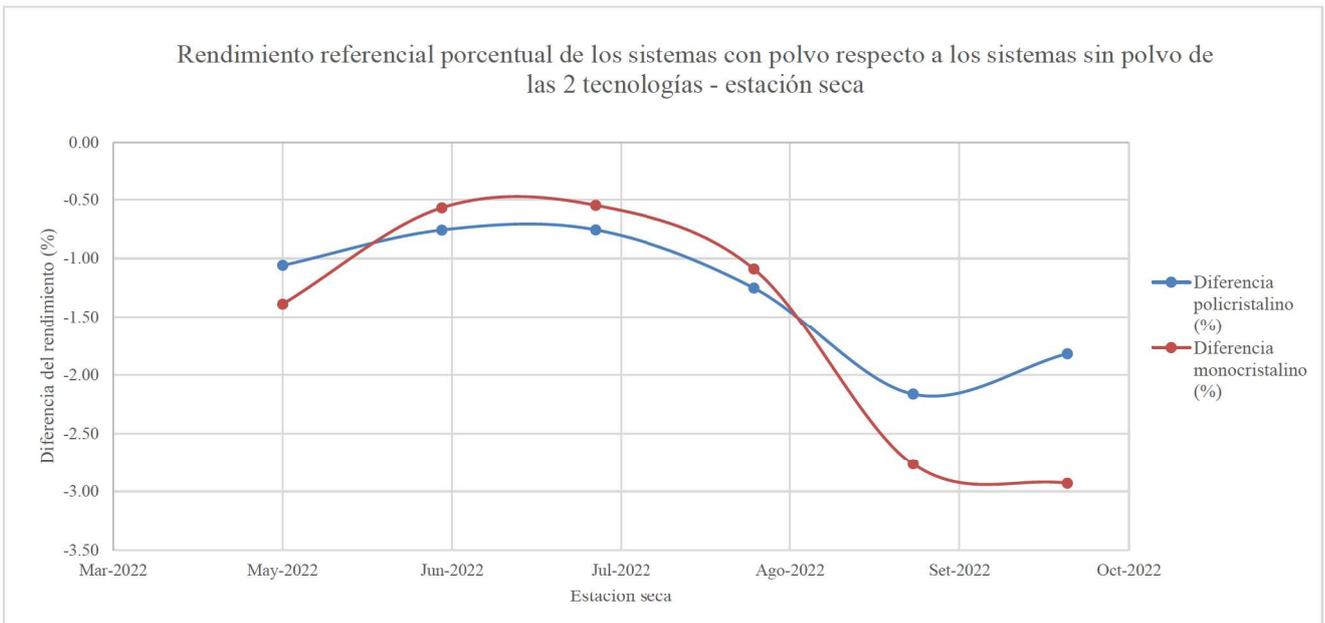


Figura 14. Diferencia del rendimiento de los sistemas con polvo respecto a los sistemas sin polvo para ambas tecnologías – estación seca (2022).

4.4.1 Cálculo del rendimiento y eficiencia para el mes de noviembre del 2021 del sistema policristalino con polvo y sin polvo.

Energía del sistema policristalino con polvo=4.89kWh

Energía del sistema policristalino sin polvo= 5.006 kWh

Energía del sistema policristalino con polvo=4.89kWh

Energía del sistema policristalino sin polvo= 5.006 kWh

Ya con polvo=4.888/0.1=48.88 Kwh/kWp

Ya con polvo=4.888/0.1=48.88 Kwh/kWp

Diferencia de rendimiento=50.06-48.88=1.18 kWh/kWp

Diferencia de energía (%) = $(100 * 1.18) / 50.06 = 2.36\%$

H = Irradiancia = 199.94 kWh/m²

Aa - Área Aprovechable = 0.75 m²

Eficiencia del sistema policristalino con polvo (%) =

$((4.89) / (0.75) * (199.94)) * 100 = 3.24\%$

Eficiencia del sistema policristalino sin polvo (%) =

$((5.006) / (0.75) * (199.94)) * 100 = 3.32\%$

Diferencia de eficiencia porcentual del sistema policristalino con polvo respecto a los sistemas sin polvo = $3.24 - 3.32\% = -0.08\%$

Rendimiento referencial porcentual del sistema policristalino con polvo respecto a los sistemas sin polvo = $(100 * 0.08) / 3.32 = -2.36\%$

4.5 Resultados de la determinación de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca y lluviosa.

En este apartado se presentan los resultados para dar respuesta al objetivo específico 3 que comprende la determinación de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca y lluviosa, en el apartado 4.5.1 se presentan los resultados de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación lluviosa y en el apartado 4.5.2 se presentan los resultados de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca.

4.5.1 Resultados de la determinación de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación lluviosa.

Durante la estación lluviosa, de la tabla 33 se observa que la mayor temperatura para el módulo fotovoltaico policristalino sin polvo fue de 48.58 °C y la menor temperatura de 10.9 °C.

Para el módulo fotovoltaico monocristalino sin polvo la temperatura máxima fue de 46.3 °C y la mínima de 10.84 °C. Para el módulo fotovoltaico monocristalino con polvo la temperatura máxima fue de 44.97 °C y la mínima de 10.2 °C, finalmente la temperatura máxima del módulo fotovoltaico policristalino con polvo fue de 44.54 °C y la mínima de 9.87 °C. La diferencia de temperatura máxima del módulo fotovoltaico policristalino con polvo respecto al módulo sin polvo fue de -4.05°C lo que nos indica que el módulo con polvo esta más frio en 4°C a comparación del módulo fotovoltaico policristalino sin polvo.

La diferencia de temperatura máxima del módulo fotovoltaico monocristalino con polvo respecto al módulo sin polvo fue de -1.41°C lo que nos indica que el módulo con polvo está más frio en casi 1°C a comparación del módulo fotovoltaico sin polvo.

Finalmente se registra una temperatura ambiente promedio de 17.2 °C con un máximo de 24.33 °C y un mínimo de 5.85 °C para la estación lluviosa. De la información se interpreta que los módulos fotovoltaicos monocristalinos varían en menor grado su temperatura con respecto a los módulos fotovoltaicos

policristalinos, esta diferencia entre las 2 tecnologías, tomando en cuanto las mayores diferencias es de 2.64 °C para la estación lluviosa.

Tabla 33

Resultados de temperatura para la estación lluviosa.

Resumen temperatura estación lluviosa (°C)							
Tiempo	Poli- sin polvo	Mono- sin polvo	Mono- con polvo	Poli- con polvo	Amb.	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	10.90	10.84	10.20	9.87	5.85	-1.02	-0.64
07:30-08:30	22.91	22.55	21.57	21.02	10.54	-1.89	-0.98
08:30-09:30	33.94	33.22	32.05	31.11	15.25	-2.83	-1.17
09:30-10:30	41.20	40.05	38.73	37.65	18.70	-3.55	-1.32
10:30-11:30	45.88	44.33	42.92	41.97	21.63	-3.91	-1.41
11:30-12:30	48.58	46.30	44.97	44.54	24.12	-4.05	-1.33
12:30-13:30	44.97	42.45	41.32	41.42	24.33	-3.55	-1.12
13:30-14:30	37.05	34.82	33.99	34.26	22.47	-2.79	-0.84
14:30-15:30	27.85	26.13	25.53	25.94	19.24	-1.91	-0.60
15:30-16:30	19.85	18.94	18.41	18.64	15.74	-1.22	-0.53
16:30-17:30	12.49	12.34	11.87	11.84	11.28	-0.66	-0.47
PROMEDIO	31.42	30.18	29.23	28.93	17.20	-2.49	-0.95

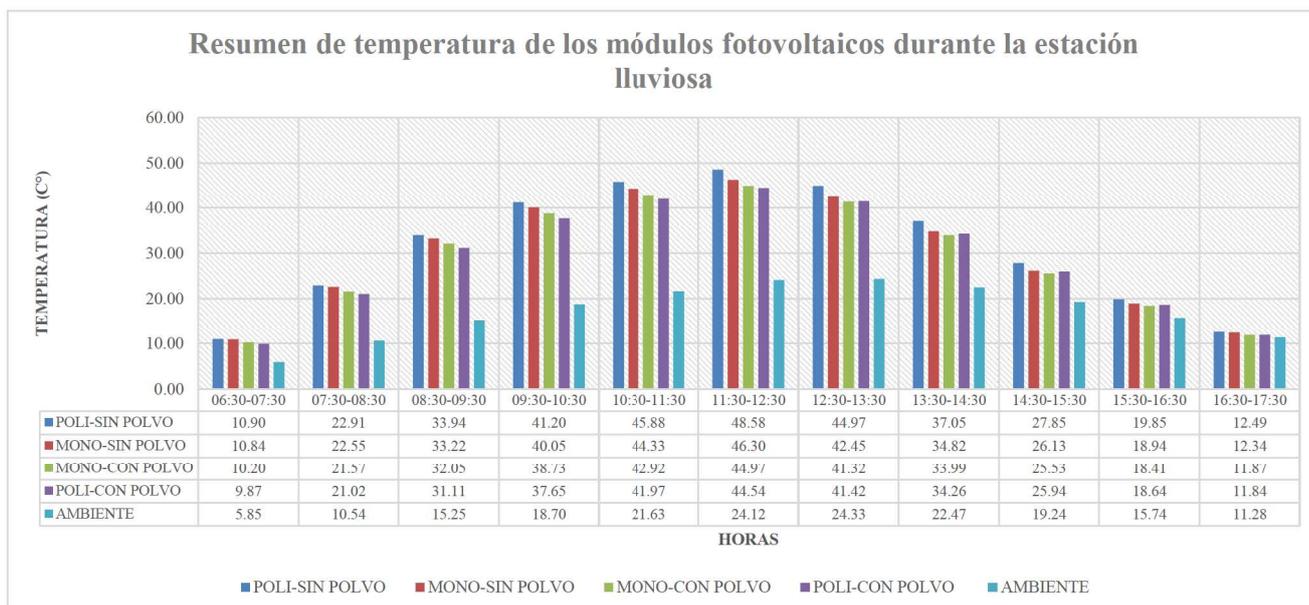


Figura 15. Resumen de temperatura de los módulos fotovoltaicos durante la estación lluviosa.

4.5.2 Resultados de la determinación de la variación de la temperatura de operación de las 2 tecnologías fotovoltaicas durante la estación seca.

Durante la estación seca, se observa de la tabla 34 que la mayor temperatura para el módulo fotovoltaico policristalino sin polvo fue de 48.62 °C y la menor temperatura de 6.28 °C.

Para el módulo fotovoltaico monocristalino sin polvo la temperatura máxima fue de 47.44 °C y la mínima de 6.86 °C. Para el módulo fotovoltaico monocristalino con polvo la temperatura máxima fue de 46.13 °C y la mínima de 5.99 °C, finalmente la temperatura máxima del módulo fotovoltaico policristalino con polvo fue de 45.06 °C y la mínima de 5.77 °C.

La diferencia de temperatura máxima del módulo fotovoltaico policristalino con polvo respecto al módulo sin polvo fue de -3.62°C lo que nos indica que el módulo con polvo esta más frio en casi 4°C a comparación del módulo fotovoltaico sin polvo. La diferencia de temperatura máxima del módulo fotovoltaico monocristalino con polvo respecto al módulo sin polvo fue de -1.57°C lo que nos indica que el módulo con polvo esta más frio en casi 2°C a comparación del módulo fotovoltaico sin polvo.

Finalmente se registra una temperatura ambiente promedio de 16.86 °C con un máximo de 24.17 °C y un mínimo de 1.46 °C para la estación seca. De la información se interpreta que los módulos fotovoltaicos monocristalinos varían menos su temperatura con respecto a los módulos fotovoltaicos policristalinos, esta diferencia entre las 2 tecnologías es de 2.05 °C para la estación seca.

Tabla 34*Resultados de temperatura para la estación seca*

Resumen temperatura estación seca (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Amb.	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	6.28	6.86	5.99	5.77	1.46	-0.51	-0.87
07:30-08:30	23.46	23.55	22.22	21.63	8.91	-1.83	-1.32
08:30-09:30	36.71	36.46	34.89	33.81	14.36	-2.90	-1.57
09:30-10:30	45.06	44.19	42.68	41.44	18.91	-3.62	-1.51
10:30-11:30	48.62	47.44	46.13	45.06	21.67	-3.56	-1.31
11:30-12:30	48.41	46.73	45.61	45.05	23.22	-3.36	-1.12
12:30-13:30	45.65	43.49	42.47	42.46	24.17	-3.19	-1.02
13:30-14:30	39.89	37.80	36.96	37.16	23.99	-2.73	-0.84
14:30-15:30	30.24	28.89	28.08	28.30	21.05	-1.93	-0.81
15:30-16:30	19.83	19.40	18.65	18.74	16.73	-1.10	-0.75
16:30-17:30	10.98	11.44	10.79	10.66	11.03	-0.32	-0.64
PROMEDIO	32.28	31.48	30.41	30.01	16.86	-2.28	-1.07

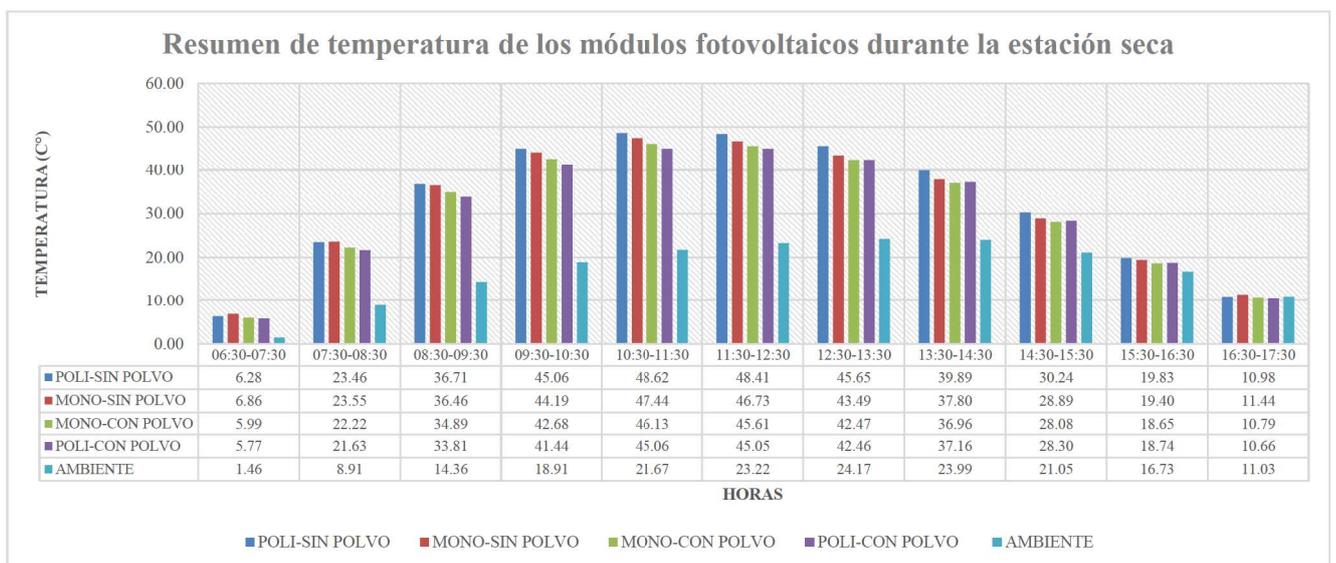


Figura 16. Resumen de temperatura de los módulos fotovoltaicos durante la estación seca.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Se concluye que debido a la deposición del polvo por la ausencia de limpieza sobre el módulo fotovoltaico policristalino la productividad en un año desciende un 1.14%, se observa que la eficiencia del sistema policristalino en un año recae de un 3.35% a un 3.32%. Para el módulo fotovoltaico monocristalino la productividad anual desciende un 1.51%, se observa que la eficiencia del sistema monocristalino, recae en un año de un 3.53% a un 3.47%. Se concluye que, el sistema monocristalino sin polvo tiene una eficiencia anual de 3.35% siendo este más eficiente que el sistema policristalino sin polvo que tiene un 3.31%, al igual que los sistemas con polvo la eficiencia del sistema monocristalino es más eficiente en 0.05% que el sistema policristalino.
2. En la estación lluviosa también se observó una diferencia de la eficiencia para ambas tecnologías, el sistema fotovoltaico policristalino con polvo redujo su eficiencia a razón de 0.031% cada día respecto al sistema sin polvo, reduciendo la eficiencia de 3.64% a 3.61% lo que significa una reducción de 0.97% para la estación lluviosa, para el sistema fotovoltaico monocristalino la eficiencia se reduce a razón de 0.048% cada día con respecto al sistema sin polvo, reduciendo la eficiencia de 3.83% a 3.77% para la estación lluviosa. La productividad en el mes de noviembre desciende hasta en un 2.36%, para el sistema fotovoltaico policristalino con polvo respecto al sistema fotovoltaico policristalino sin polvo, para el sistema fotovoltaico monocristalino con polvo la productividad mensual desciende hasta en un 2.64%, respecto al sistema monocristalino sin polvo que también se presenta en el mes de noviembre. Esto nos lleva a concluir que la Región de Puno también es un lugar idóneo para la instalación de módulos fotovoltaicos no sólo por el gran potencial solar si no también por el bajo impacto del polvo sobre la superficie de los módulos, ya que en un año para el módulo fotovoltaico monocristalino la eficiencia disminuye 2.93% respecto al módulo limpio y para el módulo fotovoltaico policristalino un 2.36%; esto debido a las condiciones climatológicas favorables para la operación de los módulos fotovoltaicos.

3. Al inicio de la estación seca, se observa que el sistema fotovoltaico policristalino con polvo reduce su eficiencia a razón de 0.042% cada día respecto al sistema sin polvo, reduciendo la eficiencia del sistema de 3.11% a 3.07%, lo que significa una reducción de 1.3 % para la estación seca. Para el sistema fotovoltaico monocristalino con polvo la eficiencia se reduce a razón 0.05% cada día con respecto al sistema sin polvo, reduciendo la eficiencia del sistema de 3.28% a 3.23% lo que significa una reducción de 1.54% para la estación seca. La productividad mensual del módulo fotovoltaico policristalino con polvo desciende hasta en 2.16%, que se presenta en el mes de setiembre. Para el módulo fotovoltaico monocristalino la productividad mensual desciende hasta en un 2.93%, que se presenta en el mes de octubre. Esta reducción del rendimiento se debe a la disminución de la precipitación pluvial, lo que hace que con el paso de los días el polvo se acumule en los módulos fotovoltaicos de ambas tecnologías y afecten el rendimiento de los sistemas, entonces afirmamos que los sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías reducen su rendimiento en el mes de mayo, al inicio de la estación seca.
4. Durante la estación lluviosa la mayor temperatura para el módulo fotovoltaico policristalino sin polvo fue de 48.58 °C. Para el módulo fotovoltaico monocristalino sin polvo la temperatura máxima fue de 46.3 °C. Durante la estación seca la mayor temperatura para el módulo fotovoltaico policristalino sin polvo fue de 48.62 °C. Para el módulo fotovoltaico monocristalino sin polvo la temperatura máxima fue de 47.44 °C. Finalmente se registra una temperatura ambiente promedio de 16.86 °C con un máximo de 24.17 °C y un mínimo de 1.46 °C para la estación seca. Finalmente se registra una temperatura ambiente promedio de 17.2 °C con un máximo de 24.33 °C y un mínimo de 5.85 °C para la estación lluviosa. Se concluye que los módulos fotovoltaicos monocristalinos varían menos su temperatura con respecto a los módulos fotovoltaicos policristalinos, esta diferencia entre las 2 tecnologías es de 2.05 °C para la estación seca. Finalmente se concluye que los módulos fotovoltaicos monocristalinos varían en menor grado su temperatura con respecto a los módulos fotovoltaicos policristalinos, esta diferencia entre las 2 tecnologías, tomando en cuanto las mayores diferencias es de 2.64 °C para la estación lluviosa. Por se afirma que el centro poblado de Ayabacas, es un lugar óptimo y asequible para poder realizar instalaciones fotovoltaicas con grandes potencias de instalación ya que la temperatura de los módulos fotovoltaicos no sobrepasa los 50°C además que la temperatura ambiente durante las dos estaciones se mantiene en 24 °C.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al realizar los estudios del efecto del polvo y la lluvia sobre los módulos fotovoltaicos utilizar un micro inversor para que así se tenga información de la corriente alterna, lo que nos permitirá poder conocer las pérdidas del sistema fotovoltaico, así como el performance del sistema fotovoltaico.
2. Puesto que el estudio del polvo bajo las condiciones de un determinado lugar es un estudio delicado se recomienda ejecutar este en un dónde no haya afluencia de personas que puedan manipular los sistemas fotovoltaicos o efectuar algún tipo de limpieza por equivocación.
3. Se recomienda para nuestra región utilizar módulos fotovoltaicos monocristalinos, puesto que este sistema con tecnología monocristalina para el presente estudio es 0.05% más eficiente que el sistema con tecnología policristalino.
4. Aunque la diferencia se reduzca, también es necesario realizar la limpieza durante la estación lluviosa, que comprenden los meses de noviembre, diciembre, enero febrero y marzo; puesto que para las condiciones de nuestra región las precipitaciones pluviales no son constantes, a excepción del mes de marzo y abril que no se observó diferencia entre ambos sistemas, meses donde no se necesita realizar la limpieza de los módulos ya que estos son limpiados por las lluvias estacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

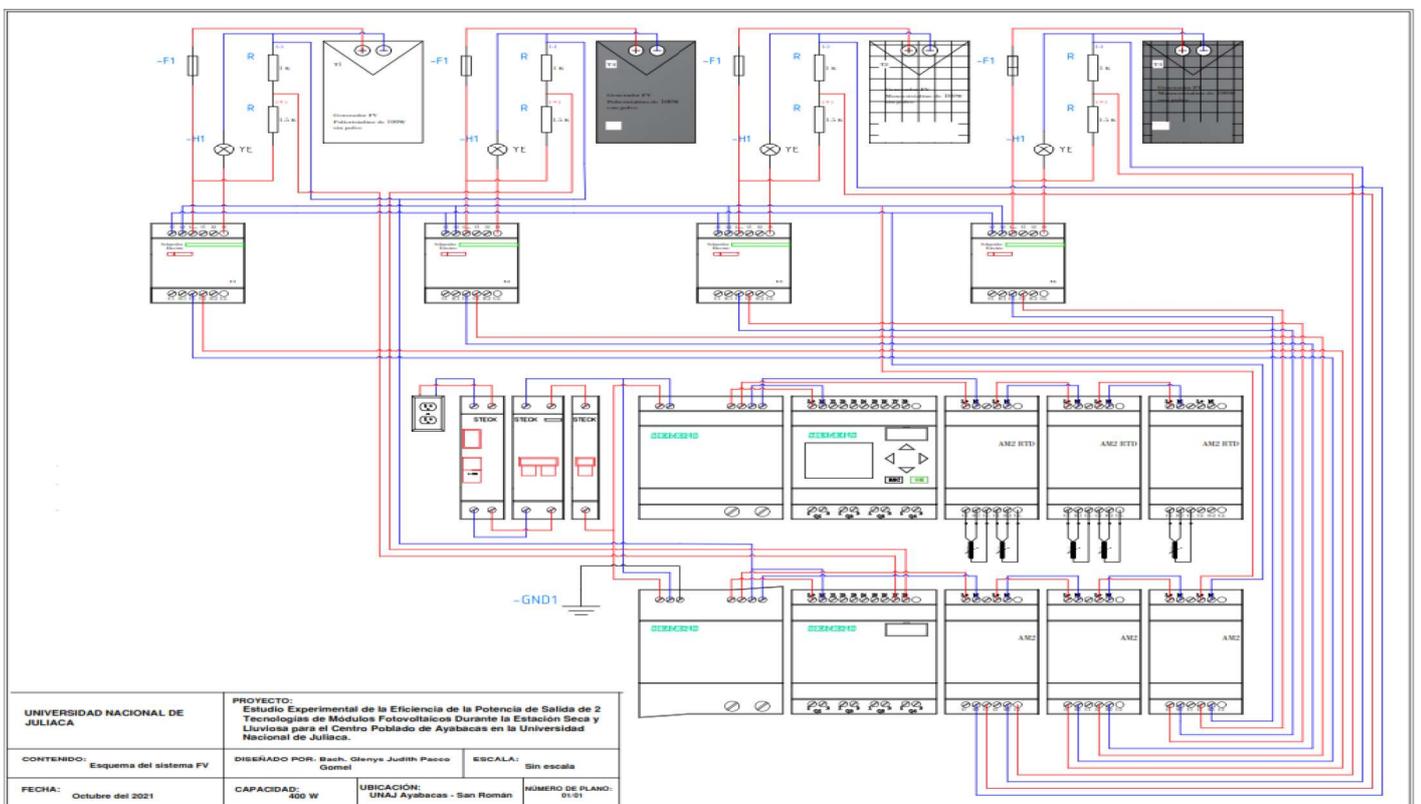
- Adinoyi, M. J. y Said, S. A. M. (2013). *Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules*. *Renewable Energy*, 60, 633–636. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.06.014>
- Alfaro, E., Espinoza, R., & Huaccachi, W. (2019). *Influencia del polvo sobre el rendimiento eléctrico de módulos fotovoltaicos de película delgada , mediciones hechas en el labsolcer*. 2–7.
- Andrea, Y., Pogrebnaya, T. y Kichonge, B. (2019). *Effect of Industrial Dust Deposition on Photovoltaic Module Performance: Experimental Measurements in the Tropical Region*.
- Angulo, J., Calsi, B., Alfaro, E., Conde, L., Muñoz, E., Grieseler, R., Guerra, J., Palomino, J., Espinoza, R. y Casas, J. (2020). *Potencia nominal en un string fotovoltaico. Study of the dust effect and the nominal power estimation in a photovoltaic string*. 3, 27–33.
- Bachiller, R. (2007). *El Sol nuestra estrella*, 371–382.
- Blanco, I. (2011). *Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial*.
- Chaichan, T., Kazem, A., Al-waeli, A. y Sopian, K. (2020). *The effect of dust components and contaminants on the performance of photovoltaic for the four regions in Iraq : a practical study*. 3.
- Cieza, J. (2017). *Dimensionamiento De Un Sistema Fotovoltaico Para Las Instalaciones Eléctricas De Alumbrado En El Hostal Lancelot Ubicado En Chiclayo*. Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/1919/BC-TEST-MP-765.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, R., Castro, M., Santos, A. y Vilaragut, M. (2018). *Análisis de la influencia del ángulo de inclinación en la generación de una central fotovoltaica*, 39, 146–156.
- Habana, L. (2017). *The hour equivalent solar pick, definition and interpretation*, XXXVIII, 124–131.
- Hussain, A., Batra, A. y Pachauri, R. (2017). *An experimental study on effect of dust on power loss in solar photovoltaic module*. *Renewables: Wind, Water, and Solar*. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/s40807-017-0043-y>

- Karafil, A., Ozbay, H., Kesler, M. y Parmaksiz, H. (2016). *Calculation of Optimum Fixed Tilt Angle of PV Panels Depending on Solar Angles and Comparison of the Results with Experimental Study Conducted in Summer in Bilecik, Turkey*, 971–976.
- Karmouch, R. y Hor, H. (2017). *Solar Cells Performance Reduction under the Effect of Dust in Jazan Region* *Fundamentals of Renewable Energy and Applications*. 7(2), 8–11. Recuperado de <https://doi.org/10.4172/2090-4541.1000228>
- MINEM. (2001). *Ministerio de energía y minas*. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/>
- MINEM. (2011). *Ministerio De Energía Y Minas*. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/>
- MINEM. (2011). *Potencial de las Energías Renovables en el Perú*.
- Nuevo, Pablo. 2016. *Análisis de Factores Que Influyen En La Suciedad de Paneles Fotovoltaicos y Su Efecto Sobre La Producción de Energía Eléctrica*. 115.
- Navarrete, K. T. del P. (2019). *Análisis técnico -económico de un sistema fotovoltaico con influencia de suciedad , viento y lluvia en Arequipa- Perú- Ingeniera Industrial*.
- OSINERGMIN. 2017. *La Industria de La Energía Renovable En El Perú, 10 Años de Contribuciones a La Mitigación Del Cambio Climático*. Vol. 1.
- Quispe, Augusto Wemer. 2017. *Estudio Técnico Y Económico Para La Instalación De Una Planta Fotovoltaica Para La Provisión De Energía Al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional En La Región Puno*. 1–17.
- Rao, A., Pillai, R., Mani, M. y Ramamurthy, P. (2014). *Influence of dust deposition on photovoltaic panel performance*. *Energy Procedia*, 54, 690–700. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.310>
- Rojas, M. y Lozano, M. (2016). *Determinación del ángulo de inclinación óptimo de un panel fotovoltaico en el Valle Del Mantaro*.
- Saidan, M., Ghani, A., Alasis, E. y Kaldellis, J. K. (2016). *Experimental study on the effect of dust deposition on solar photovoltaic panels in desert environment*. *Renewable Energy*, 92, 499–505. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.031>

- Santa, S (2014). *Diseño de una instalación fotovoltaica autónoma para la finca Mis Delirio en Pereira – Colombia*. Recuperado de <https://academic.e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/13683/TFM-Sergio%20Santa%20Garcia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SENAMHI. (2018). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/>
- Sepúlveda, S. (2014). *Radiación Solar : Factor Clave Para El Diseño De Sistemas Fotovoltaicos Solar Radiation : Key Factor For Design Of Radiación Solar : Factor Clave Para El Diseño*, 60–65.
- SIEMENS. (2004). *Hoja de Datos Técnicos Hoja de Datos Técnicos*. 28046. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1411966O/3m-structural-adhesive-08122-spanish-tds.pdf>
- SIEMENS. (2014). *Hoja de datos*. 3964, 4–7.
- SOLAR, O. (2022a). *Osda Solar ODA100-18-M*.
- SOLAR, O. (2022b). *Osda Solar ODA100-18-P*.
- Sulaiman, A., Hussain, H., Siti, N., Leh, H. y Razali, M. (2021). *Effects of Dust on the Performance of PV Panels*. 5(10), 2021–2026.

ANEXOS

Anexo 1. Plano eléctrico del proyecto (Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la UNAJ, 2021).



Anexo 2. Leyenda general del plano (Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca, 2021)

LEYENDA GENERAL	
SIMBOLOS	DESCRIPCIÓN
	BASE PORTAFUSIBLE + FUSIBLE
	RESISTENCIAS DE 1 KOHM Y 1.5 KOHM
	FOCO LAGRIMÓN 24V
	RTD PT100 3 HILOS
	FUENTE DE ALIMENTACIÓN
	MÓDULO FV POLICRISTALINO 100W
	MÓDULO FV POLICRISTALINO EMPOLVADA 100W
	MÓDULO FV MONOCRISTALINO 100W
	MÓDULO FV MONOCRISTALINO EMPOLVADA 100W
	POZO DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN
	RMCA61BD CONVERTIDOR ANALÓGICO AISLADO SCHNEIDER
	LOGO POWER FUENTE DE ALIMENTACIÓN REGULADA 24V
	PLC MÓDULO RTD AM2 2 ENTRADAS RTD
	PLC MÓDULO AM2 2 ENTRADAS
	PLC SIEMENS LOGO V8 24V CON PANTALLA DISPLAY
	PLC SIEMENS S7-1200 MÓDULO DE ALIMENTACIÓN PM1207
	PLC SIEMENS LOGO V8 24V SIN PANTALLA DISPLAY
	DISYUNTOR DIFERENCIAL BIPOLAR SDR 2x40A
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SDZ 2x10A
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SDZ 1x2A
	CIRCUITO POLO POSITIVO
	CIRCUITO POLO NEGATIVO
	CIRCUITO DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

Anexo 3. Ficha técnica del módulo fotovoltaico monocristalino (SOLAR, 2022).

Osda Solar ODA100-18-M

Solar Panel Spec Datasheet

Osda Solar ODA100-18-M

Maximum System Voltage:1000

V

Maximum Fuse Rating: 10 A

Solar Panels Warranty Terms

Output Warranty: 12 Years of 90% Output Power, 30 Years of 85% Output Power

Materials Warranty: 12 Years

Solar Panels Thermal Ranges

Operating Temperature Range:

-40~85 °C

Temperature Coefficient of Pmax:

-0.4 %/°C

Temperature Coefficient of Voc:

-0.29 %/°C

Temperature Coefficient of Isc:

0.048 %/°C

Solar Panel Attributes

Cell Type: Monocrystalline

Cell Size:125×125 mm

Cell Count: 36

Glass Type: Tempered,

High Transmittance, Low Iron

Glass Thickness: 3.2 mm

Frame Type:

Anodized Aluminium Alloy

Junction Box Protection Class: IP 65

Connector Type:MC4

Cable Crossection:2.5 mm²

Cable Length: 900 mm



Manufacturer: Osda Solar

Output Warranty: 12 Years of 90% Output Power, 30 Years of 85% Output Power

Materials Warranty: 12 Years

Solar Panel Performance

Rated Power: 100 Wp

Efficiency:13.77 %

Voltage at Maximum Power VMPP:18.3 V

Current at Maximum Power IMPP:5.47 A

Open Circuit Voltage VOC: 22.42 V

Short Circuit Current ISC: 5.99 A

Power Tolerance Positive: + 3 %

Anexo 4. Ficha técnica del módulo fotovoltaico policristalino (SOLAR, 2022).

Osda Solar ODA100-18-P

Solar Panel Spec Datasheet

Osda Solar

ODA100-18-P,



Power Tolerance Positive: + 3 %

Maximum System Voltage: 1000 V

Maximum Fuse Rating: 10 A

Solar Panels Warranty Terms

Output Warranty: 12 Years of 90%

Output Power, 30 Years of 85%

Output Power

Materials Warranty: 12 Years

Solar Panels Thermal Ranges

Operating Temperature Range: -40~85 °C

Temperature Coefficient of Pmax: -0.4 %/°C

Temperature Coefficient of Voc: -0.3 %/°C

Temperature Coefficient of Isc: 0.06 %/°C

Solar Panel Attributes

Weight: 8 kg

Cell Type: Polycrystalline

Cell Count: 36

Glass Type: Tempered,

High Transmittance, Low Iron

Glass Thickness: 3.2 mm

Frame Type: Anodized Aluminium Alloy

Junction Box Protection Class: IP 65

Connector Type: MC4

Cable Crosssection: 2.5 mm²

Cable Length: 900 mm

Manufacturer: Osda Solar

Rated Power: 100 Wp

Output Warranty:
12 Years of 90% Output Power,
30 Years of 85% Output Power
Materials Warranty: 12 Years

Solar Panel Performance

Rated Power: 100 Wp

Efficiency: 14.74 %

Voltage at Maximum Power
VMPP: 18.2 V

Current at Maximum Power
IMPP: 5.5 A

Open Circuit Voltage VOC:
21.85 V

Short Circuit Current ISC: 5.94 A

Anexo 5. Ficha técnica de la alimentación de la fuente de alimentación estabilizada (SIEMENS, 2014).

SIEMENS

Hoja de datos

6EP3331-6SB00-0AY0

LOGO!POWER 24 V / 1,3 A
 LOGO!POWER 24 V / 1,3 A Fuente de alimentación estabilizada
 entrada: AC 100-240 V salida: DC 24 V / 1,3 A



Entrada	
Entrada	AC monofásica o DC
Tensión nominal U_e nom	100 ... 240 V
Rango de tensión AC	85 ... 264 V
Tensión de entrada	
• con DC	110 ... 300 V
Entrada de rango amplio	Sí
Resistencia a sobretensiones	AC 300 V para 1 s
Respaldo de red	Con $U_e = 187$ V
Respaldo de red con la nom, mín.	40 ms; Con $U_e = 187$ V
Frecuencia nominal de red 1	50 Hz
Frecuencia nominal de red 2	60 Hz
Rango de frecuencia de red	47 ... 63 Hz
Corriente de entrada	
• con valor nominal de la tensión de entrada 120 V	0,7 A
• con valor nominal de la tensión de entrada 230 V	0,35 A

Limitación de la intensidad de conexión (+ 25 °C), máx.	25 A
Pt, máx.	0,8 A ² ·s
Fusible de entrada incorporado	Interno
Protección del cable de red (IEC 898)	Interruptor magnetotérmico recomendado: a partir de 6 A, característica B o a partir de 2 A, característica C

Salida	
Salida	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal U_s nom DC	24 V
Tolerancia total, estática ±	3 %
Compens. estática variación de red, aprox.	0,1 %
Compens. estática variación de carga, aprox.	0,1 %
Ondulación residual entre picos, máx.	200 mV
Ondulación residual entre picos, tip.	30 mV
Spikes entre picos, máx. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	300 mV
Spikes entre picos, tip. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	50 mV
Rango de ajuste	22,2 ... 26,4 V
Función del producto Tensión de salida es ajustable	Si
Ajuste de la tensión de salida	Mediante potenciómetro
Pantalla normal	LED verde para tensión de salida O. K.
Comportamiento al conectar/desconectar	Sin rebase transitorio de U_a (arranque suave)
Retardo de arranque, máx.	0,5 s
Subida de tensión, tip.	100 ms
Intensidad nominal I_a nom	1,3 A
Rango de intensidad	0 ... 1,3 A
• Observación	+55 ... +70 °C: Derating 2%/K
potencia activa entregada típico	31,2 W
Posibilidad de conex. en paralelo para aumento de potencia	Si
Número de equipos conectables en paralelo para aumentar la potencia, unidades	2

Rendimiento	
Rendimiento con U_a nominal, I_a nominal, aprox.	86 %
Pérdidas con U_a nom, I_a nom, aprox.	5 W
Pérdidas [W] en vacío máx.	0,3 W

Regulación	
Compens. dinám. variación de red (U_e nom ± 15%), máx.	0,2 %
Compens. dinám. variación de carga (I_a : 10/90/10%), U_a ± tip.	1 %

Tiempo de recuperación escalón de carga 10 a 90%, tip.	1 ms
Tiempo de recuperación escalón de carga 90 a 10%, tip.	1 ms
Protección y vigilancia	
Protección sobretensión en salida	Sí, según EN 60950-1
Limitación de intensidad, tip.	1,7 A
Propiedad de la salida resistente a cortocircuitos	Sí
Prot. contra cortocircuito	Característica de intensidad constante
Intensidad de cortocircuito sostenido Valor eficaz <ul style="list-style-type: none"> • máx. 	1,7 A
Capacidad de sobrecarga en caso de sobrecorriente con servicio normal	Admite sobrecarga de 150% la nom typ. 200 ms
Señalización de sobrecarga/cortocircuito	-
punto de medida para intensidad de salida	50 mV = [^] 1,3 A
Capacidad de sobrecarga en caso de sobrecorriente al conectar	150% la nom typ. 200 ms
Seguridad	
Aislamiento galvánico primario secundario	Sí
Aislamiento galvánico	Tensión de salida MBTS/SELV Us según EN 60950-1 y EN 50178
Clase de protección	Clase II (sin conductor de protección)
Grado de protección (EN 60529)	IP20
Homologaciones	
Marcado CE	Sí
Aprobación UL/cUL (CSA)	cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 107.1), File E197259; cURus-Recognized (UL 60950, CSA C22.2 No. 60950), File E151273, NEC class 2 (según UL 1310)
Protección contra explosiones	ATEX (EX) II 3G Ex nA IIC T3; cULus Class I Div. 2 (ANSI/ISA-12.12.01, CSA C22.2 No. 213) Group ABCD, T4, File E488866
Homologación FM	Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
Homologación CB	Sí
Homologación para la construcción naval	ABS, BV, DNV GL, LRS
CEM	
Emisión de interferencias	EN 55022 clase B
Limitación de armónicos en red	No aplicable
Inmunidad a interferencias	EN 61000-6-2
condiciones ambientales	
Temperatura ambiente <ul style="list-style-type: none"> • durante el funcionamiento <ul style="list-style-type: none"> — Observación • durante el transporte • durante el almacenamiento 	-25 ... +70 °C Con convección natural -40 ... +85 °C -40 ... +85 °C

Clase de humedad según EN 60721	Clase climática 3K3, 5 ... 95% sin condensación
Mecánica	
Sistema de conexión	conexión por tornillo
Conexiones	
• entrada de red	L, N: 1 borne de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ² monofilar/flexible
• salida	+, -: 1 bornes de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ²
• contactos auxiliares	-
Anchura de la caja	36 mm
Altura de la caja	90 mm
Profundidad de la caja	53 mm
Distancia que debe respetarse	
• arriba	20 mm
• abajo	20 mm
• izquierda	0 mm
• derecha	0 mm
Peso aprox.	0,12 kg
Propiedad del producto de la caja carcasa disponible en hilera	Sí
Montaje	Sobre perfil normalizado EN 60715 35x7,5/15 por abroche, montaje directo en distintas posiciones de montaje
MTBF con 40 °C	3 094 996 h
notas adicionales	Siempre que no se diga lo contrario, son aplicables todos los datos para la tensión nominal de entrada y una temperatura ambiente de +25 °C

Anexo 6. Ficha técnica Power Modul PM1207 (SIEMENS, 2004).

SIEMENS

Hoja de datos

6AG1332-1SH71-7AA0



Figura 5/11/16

SIPLUS POWER MODUL PM1207

SIPLUS S7-1200 PM 1207 basado en 6EP1332-1SH71 con revestimiento conformado, -25...+70 °C, fuente de alimentación estabilizada entrada: 120/230 V AC salida: 24 V/2,5 A DC

Entrada	
Entrada	AC monofásica
<ul style="list-style-type: none"> Observación 	Cambio de rango automático
tensión de alimentación	
<ul style="list-style-type: none"> 1 con AC valor nominal 2 con AC valor nominal 	120 V 230 V
tensión de entrada	
<ul style="list-style-type: none"> 1 con AC 2 con AC 	85 ... 132 V 176 ... 264 V
Entrada de rango amplio	No
Resistencia a sobretensiones	2,3 x U _e nom, 1,3 ms
Respaldo de red	Con U _e = 93/187 V
Respaldo de red con la nom, mín.	20 ms; Con U _e = 93/187 V
Frecuencia nominal de red 1	50 Hz
Frecuencia nominal de red 2	60 Hz
Rango de frecuencia de red	47 ... 63 Hz
Intensidad de entrada	
<ul style="list-style-type: none"> con valor nominal de la tensión de entrada 120 V con valor nominal de la tensión de entrada 230 V 	1,2 A 0,67 A
Limitación de la intensidad de conexión (+ 25 °C), máx.	13 A
duración de la limitación de intensidad de conexión con 25 °C	
<ul style="list-style-type: none"> máx. 	3 ms
PI, máx.	0,5 A ² ·s
Fusible de entrada incorporado	T 3,15 A/250 V (no accesible)
Protección del cable de red (IEC 895)	Interruptor magnetotérmico recomendado: 16 A característica B o 10 A característica C
Salida	
Salida	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal U _s nom DC	24 V
<ul style="list-style-type: none"> tensión de salida en la salida 1 con DC valor nominal 	24 V
Tolerancia total, estática ±	3 %
Compens. estática variación de red, aprox.	0,1 %
Compens. estática variación de carga, aprox.	0,2 %
Ondulación residual entre picos, máx.	150 mV
Spikes entre picos, máx. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	240 mV
función del producto tensión de salida es ajustable	No
Ajuste de la tensión de salida	-

6AG13321SH717AA0
Página 1/3

28/02/2022

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

Pantalla normal	LED verde para 24 V O.K.
Comportamiento al conectar/desconectar	Sin rebase transitorio de U_a (arranque suave)
Retardo de arranque, máx.	6 s; 2 s a 230 V, 6 s a 120 V
Subida de tensión, tip.	10 ms
Intensidad nominal I_a nom	2,5 A
Rango de intensidad	0 ... 2,5 A
potencia activa entregada típico	60 W
intensidad de sobrecarga breve	
• con cortocircuito durante el arranque típico	6 A
• con cortocircuito en servicio típico	6 A
duración de la capacidad de sobrecarga con sobreintensidad	
• con cortocircuito durante el arranque	100 ms
• con cortocircuito en servicio	100 ms
Posibilidad de conex. en paralelo para aumento de potencia	SI
Número de equipos conectables en paralelo para aumentar la potencia, unidades	2
Rendimiento	
Rendimiento con U_a nominal, I_a nominal, aprox.	63 %
Pérdidas con U_a nom, I_a nom, aprox.	12 W
Regulación	
Compens. dinám. variación de red (U_e nom \pm 15%), máx.	0,3 %
Compens. dinám. variación de carga (I_a : 50/100/50%), U_a \pm tip.	3 %
Tiempo de recuperación escalón de carga 50 a 100%, tip.	5 ms
Tiempo de recuperación escalón de carga 100 a 50%, tip.	5 ms
tiempo de establecimiento máx.	5 ms
Protección y vigilancia	
Protección sobretensión en salida	< 33 V
Limitación de intensidad, tip.	2,65 A
propiedad de la salida resistente a cortocircuitos	SI
Prot. contra cortocircuito	Característica de intensidad constante
intensidad de cortocircuito sostenido valor eficaz	
• típico	2,7 A
Señalización de sobrecarga/cortocircuito	-
Seguridad	
Aislamiento galvánico primario secundario	SI
aislamiento galvánico	Tensión de salida MBTS/SELV U_s según EN 60950-1 y EN 50170
Clase de protección	Clase I
corriente de fuga	
• máx.	3,5 mA
Grado de protección (EN 60529)	IP20
Homologaciones	
Marcado CE	SI
CEM	
Emisión de interferencias	EN 55022 clase B
Limitación de armónicos en red	No aplicable
Inmunidad a interferencias	EN 61000-6-2
condiciones ambientales	
temperatura ambiente con posición de montaje horizontal durante el funcionamiento	-25 ... +70; Con convección natural
temperatura ambiente durante el almacenamiento et el transporte	-40 ... +85
altitud de instalación con altura sobre el nivel del mar máx.	6 000 m
condiciones ambientales referida a temperatura ambiente-presión atmosférica-altura de instalación	En caso de funcionamiento a 2000-6000 m sobre el nivel del mar: derating de potencia de salida de -7,5 %/1000 m o reducción de la temperatura ambiente de 5 K/1000 m
humedad relativa del aire con condensación según IEC 60066-2-35 máx.	100 %; HR incl. condensación/helada (sin puesta en marcha si hay condensación), posición de montaje horizontal

resistencia química frente a taladrinas convencionales	SI; Incl. microgotas de aceite y diésel en el aire
resistencia contra sustancias biológicamente activas conformidad con EN 60721-3-3	SI; Clase 3B2, esporas de moho, hongos y esporangios (exceptuando fauna); clase 3B3 por encargo
resistencia contra sustancias químicamente activas conformidad con EN 60721-3-3	SI; Clase 3C4 (HR <75 %) Incl. niebla salina EN 60066-2-52 (grado de severidad 3)
resistencia a sustancias mecánicas activas conformidad con EN 60721-3-3	SI; Clase 3S4 Incl. arena, polvo
resistencia contra sustancias biológicamente activas conformidad según EN 60721-3-6	SI; Clase 6B2, esporas de moho, hongos y esporangios (exceptuando fauna)
resistencia contra sustancias químicamente activas conformidad según EN 60721-3-6	SI; Clase 6C3 (HR <75 %) Incl. niebla salina EN 60066-2-52 (grado de severidad 3)
resistencia a sustancias mecánicas activas conformidad según EN 60721-3-6	SI; Clase 6S3 Incl. arena, polvo
revestimiento para circuito impreso poblado según EN 61086	SI; Clase 2 para alta disponibilidad
tipo de revestimiento protección contra ensuciamiento según EN 60664-3	SI; Protección de tipo 1
tipo de ensayo del revestimiento según MIL-I-46055C	SI; Posible decoloración del revestimiento durante la vida útil
conformidad del producto del revestimiento Qualification and Performance of Electrical Insulating Compound for Printed Board Assemblies gemäß IPC-CC-830A	SI; Revestimiento de conformación, clase A
Mecánica	
Sistema de conexión	conexión por tornillo
Conexiones	
• entrada de red	L, N, PE: 1 bome de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ²
• salida	L+, M: 2 bornes de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ²
• contactos auxiliares	-
anchura de la caja	70 mm
altura de la caja	100 mm
profundidad de la caja	75 mm
distancia que debe respetarse	
• arriba	20 mm
• abajo	20 mm
• izquierda	0 mm
• derecha	0 mm
Peso aprox.	0,3 kg
propiedad del producto de la caja carcasa disponible en hilera	SI
Montaje	Sobre perfil normalizado EN 60715 35x7,5/15 por abroche, montaje mural
MTBF con 40 °C	1 492 537 h
notas adicionales	Siempre que no se diga lo contrario, son aplicables todos los datos para la tensión nominal de entrada y una temperatura ambiente de +25 °C



Anexo 7. Ficha técnica del convertidor analógico aislado (Schneider,2022).

Ficha técnica del producto

Especificaciones



CONVERTIDOR ANALÓGICO AISLADO

RMCA61BD

Principal

Gama	Harmony Compact iPC
Tipo de producto o componente	Convertidor de tensión/corriente
Tipo de entrada analógica	Corriente 0...1.5 A CA/CC 50/60 Hz Corriente 0...15 A CA/CC 50/60 Hz Corriente 0...5 A CA/CC 50/60 Hz
Tipo de salida analógica	Corriente 0...20 mA \leq 500 Ohm con cableado Corriente 4...20 mA \leq 500 Ohm con cableado Tensión 0...10 V \geq 100 kOhm con cableado

Complementos

Tipo de protección	Protección de polaridad inversa en salida Protección de cortocircuito en salida Protección de sobretensión en salida (+/- 30 V)
Abnormal analogue output voltage	-15...0 V no hay entrada cableada o cable roto
Abnormal analogue output current	-30...0 mA 0...20 mA no hay entrada cableada o cable roto 4...30 mA 4...20 mA no hay entrada cableada o cable roto
[Us] Tensión nominal de alimentación	24 V DC +/- 20%, aislado
Consumo de corriente	\leq 70 mA para salida tensión \leq 90 mA para salida corriente
Señalizaciones en local	Alimentación conectada LED verde)
Error de medida	+/- 10 % de escala completa a 20 °C interfaz electromagnética de 10 V/m) +/- 5 % de escala completa a 20 °C
Precisión de repetición	+/- 0,2 % escala completa a 20 °C +/- 0,6 % escala completa a 60 °C
Coefficiente de temperatura	1000 ppm/°C 0...5 A 2000 ppm/°C 0...15 A 500 ppm/°C 0...1,5 A
Capacidad de conexión por fijación	2 x 1,5 mm ² 1 x 2,5 mm ²
Par de apriete	0,6...1,1 N.m
Marca	CE
Resistencia a sobretensiones	0,5 kV 1,2/50 μ s conforme a IEC 61000-4-5
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	2 kV
Fijación	Por tornillos placa de montaje) Enganchable carril DIN simétrico de 35 mm)

De acuerdo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas o usarlos con

Fiabilidad de la función de seguridad	B10d = 22108 MTTFd = 23.9 años
Peso del producto	0,15 kg

Ambiente

Normas	En> 40 A IEC 60584-1
Certificaciones de producto	CSA UL GL
Grado de protección IP	IP20 (bornero) IP50 (carcasa)
Resistencia al fuego	850 °C conforme a IEC 60695-2-1 850 °C conforme a UL
Resistencia a los choques	50 gn para 11 ms conforme a IEC 60068-2-27
Resistencia a las vibraciones	5 gn 10...100 Hz) conforme a IEC 60068-2-6
Resistencia a descargas electrostáticas	6 kV en contacto) conforme a IEC 61000-4-2 nivel 3 8 kV en aire) conforme a IEC 61000-4-2 nivel 3
Resistencia a transitorios rápidos	1 kV conforme a IEC 61000-4-4 en entrada/salida) 2 kV conforme a IEC 61000-4-4 en alimentación)
Perturbación radiada/conducida	CISPR11 CISPR22 grupo 1- clase B
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	0...50 °C montaje lateral 0...60 °C 2 cm spac.
Grado de contaminación	2 conforme a IEC 607

Unidades de embalaje

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	160 g
Paquete 1 Altura	4,852 cm
Paquete 1 ancho	8,168 cm
Paquete 1 Largo	8,397 cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	S02
Número de Unidades en el Paquete 2	33
Paquete 2 Peso	6,131 kg
Paquete 2 Altura	15 cm
Paquete 2 Ancho	30 cm
Paquete 2 Largo	40 cm

Oferta sustentable

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Si

Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
Garantía contractual	
Periodo de garantía	18 months

Anexo 8. Fotografías del sistema experimental bajo la limpieza de los módulos fotovoltaicos y condiciones climatológicas del centro poblado de Ayabacas (elaboración propia).



Figura 17. Limpieza de los módulos fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación seca, 18 de mayo 2022.



Figura 18. Sistemas fotovoltaicos instalados en la azotea del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Juliaca en el centro poblado de Ayabacas.



Figura 19. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación lluviosa, 18 de diciembre del 2021.



Figura 20. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación lluviosa, 22 de marzo del 2022.



Figura 21. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías en la parte superior con limpieza y en la inferior expuestos al polvo – estación seca, 18 de mayo del 2022.



Figura 22. Sistemas fotovoltaicos de ambas tecnologías expuestos al polvo – estación seca, 5 de agosto del 2022.



Figura 23. Inclinación de los sistemas fotovoltaicos a 15° con orientación norte.

Anexo 9. Datos experimentales por meses de energía y rendimiento de las dos tecnologías de sistemas fotovoltaicos durante la estación seca y lluviosa.

Tabla 35

Energía de los sistemas fotovoltaicos - noviembre 2021.

Fecha	Energía, poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía, poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía, mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía, mono-cristalino con polvo (kWh)
1/11/2021	0.170	0.174	0.182	0.177
2/11/2021	0.169	0.173	0.182	0.176
3/11/2021	0.140	0.142	0.150	0.147
4/11/2021	0.176	0.180	0.189	0.184
5/11/2021	0.176	0.180	0.189	0.184
6/11/2021	0.167	0.173	0.181	0.176
7/11/2021	0.168	0.171	0.180	0.175
8/11/2021	0.146	0.149	0.156	0.152
9/11/2021	0.169	0.171	0.179	0.175
10/11/2021	0.170	0.176	0.184	0.179
11/11/2021	0.165	0.169	0.178	0.173
12/11/2021	0.165	0.169	0.178	0.173
13/11/2021	0.165	0.169	0.178	0.173
14/11/2021	0.164	0.167	0.175	0.171
15/11/2021	0.140	0.142	0.150	0.147
16/11/2021	0.176	0.180	0.189	0.184
17/11/2021	0.176	0.180	0.189	0.184
18/11/2021	0.167	0.173	0.181	0.176
19/11/2021	0.168	0.171	0.180	0.175
20/11/2021	0.146	0.149	0.156	0.152
21/11/2021	0.176	0.180	0.189	0.184
22/11/2021	0.167	0.173	0.181	0.176
23/11/2021	0.168	0.171	0.180	0.175
24/11/2021	0.146	0.149	0.156	0.152
25/11/2021	0.165	0.170	0.178	0.175
26/11/2021	0.144	0.147	0.154	0.151
27/11/2021	0.149	0.153	0.161	0.158
28/11/2021	0.168	0.173	0.182	0.177
29/11/2021	0.164	0.169	0.178	0.174
30/11/2021	0.159	0.164	0.173	0.169
Noviembre 2021 (1 mes)	4.89	5.01	5.26	5.12

Tabla 36*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - noviembre 2021.*

Fecha	H (kWh /m²)	Aa (m²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/11/2021	7.71	0.75	2.92	2.98	3.13	3.04
2/11/2021	7.66	0.75	2.92	2.99	3.14	3.04
3/11/2021	7.63	0.75	2.44	2.47	2.61	2.56
4/11/2021	7.15	0.75	3.25	3.33	3.51	3.41
5/11/2021	7.18	0.75	3.24	3.32	3.49	3.39
6/11/2021	7.75	0.75	2.85	2.95	3.09	3.01
7/11/2021	7.62	0.75	2.92	2.98	3.13	3.04
8/11/2021	7.18	0.75	2.69	2.74	2.88	2.81
9/11/2021	7.45	0.75	3.01	3.04	3.19	3.10
10/11/2021	8.22	0.75	2.75	2.84	2.96	2.88
11/11/2021	6.98	0.75	3.14	3.21	3.38	3.28
12/11/2021	6.98	0.75	3.14	3.21	3.38	3.28
13/11/2021	6.98	0.75	3.14	3.21	3.38	3.28
14/11/2021	5.57	0.75	3.89	3.97	4.16	4.07
15/11/2021	6.39	0.75	2.91	2.95	3.12	3.06
16/11/2021	6.66	0.75	3.49	3.58	3.77	3.66
17/11/2021	6.66	0.75	3.49	3.58	3.77	3.66
18/11/2021	7.62	0.75	2.90	3.00	3.15	3.06
19/11/2021	8.16	0.75	2.73	2.78	2.92	2.84
20/11/2021	6.17	0.75	3.13	3.19	3.35	3.26
21/11/2021	6.17	0.75	3.77	3.86	4.06	3.95
22/11/2021	6.17	0.75	3.58	3.71	3.88	3.78
23/11/2021	6.17	0.75	3.60	3.68	3.86	3.75
24/11/2021	6.17	0.75	3.13	3.19	3.35	3.26
25/11/2021	6.86	0.75	3.19	3.29	3.45	3.37
26/11/2021	3.24	0.75	5.89	6.00	6.30	6.18
27/11/2021	4.31	0.75	4.57	4.71	4.96	4.86
28/11/2021	6.50	0.75	3.42	3.53	3.71	3.60
29/11/2021	5.30	0.75	4.12	4.24	4.45	4.36
30/11/2021	5.33	0.75	3.96	4.09	4.31	4.21
Noviembre 2021 (1 mes)	199.94	0.75	3.24	3.32	3.49	3.39

Tabla 37*Energía de los sistemas fotovoltaicos - diciembre 2021.*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/12/2021	0.145	0.146	0.153	0.150
2/12/2021	0.153	0.155	0.162	0.159
3/12/2021	0.151	0.153	0.160	0.157
4/12/2021	0.139	0.141	0.147	0.144
5/12/2021	0.174	0.178	0.188	0.183
6/12/2021	0.149	0.152	0.159	0.158
7/12/2021	0.163	0.168	0.177	0.174
8/12/2021	0.172	0.172	0.180	0.176
9/12/2021	0.107	0.109	0.114	0.112
10/12/2021	0.124	0.126	0.132	0.130
11/12/2021	0.176	0.178	0.186	0.182
12/12/2021	0.172	0.174	0.182	0.177
13/12/2021	0.150	0.152	0.159	0.155
14/12/2021	0.166	0.170	0.177	0.173
15/12/2021	0.170	0.171	0.180	0.175
16/12/2021	0.128	0.128	0.135	0.132
17/12/2021	0.173	0.173	0.183	0.178
18/12/2021	0.170	0.170	0.178	0.175
19/12/2021	0.178	0.179	0.188	0.184
20/12/2021	0.122	0.125	0.131	0.130
21/12/2021	0.158	0.161	0.168	0.165
22/12/2021	0.135	0.137	0.142	0.143
23/12/2021	0.166	0.171	0.178	0.176
24/12/2021	0.157	0.159	0.166	0.163
25/12/2021	0.157	0.159	0.166	0.163
26/12/2021	0.159	0.160	0.170	0.165
27/12/2021	0.172	0.174	0.184	0.178
28/12/2021	0.180	0.182	0.191	0.187
29/12/2021	0.175	0.178	0.189	0.184
30/12/2021	0.173	0.177	0.186	0.181
31/12/2021	0.174	0.178	0.187	0.182
Diciembre 2021 (1 mes)	4.89	4.95	5.20	5.09

Tabla 38*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - diciembre 2021.*

Fecha	H (kWh /m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/12/2021	6.61	0.75	2.90	2.92	3.07	3.00
2/12/2021	5.21	0.75	3.90	3.93	4.12	4.04
3/12/2021	6.21	0.75	3.21	3.27	3.42	3.35
4/12/2021	5.03	0.75	3.65	3.71	3.87	3.79
5/12/2021	5.14	0.75	4.48	4.60	4.85	4.72
6/12/2021	4.64	0.75	4.24	4.35	4.55	4.51
7/12/2021	5.91	0.75	3.64	3.78	3.96	3.90
8/12/2021	5.62	0.75	4.06	4.05	4.25	4.15
9/12/2021	3.95	0.75	3.59	3.64	3.83	3.75
10/12/2021	5.76	0.75	2.86	2.91	3.03	2.99
11/12/2021	8.14	0.75	2.86	2.89	3.03	2.96
12/12/2021	5.56	0.75	4.10	4.13	4.32	4.21
13/12/2021	6.96	0.75	2.85	2.88	3.02	2.94
14/12/2021	6.96	0.75	3.16	3.23	3.37	3.30
15/12/2021	6.94	0.75	3.24	3.27	3.43	3.34
16/12/2021	4.67	0.75	3.63	3.64	3.82	3.75
17/12/2021	4.89	0.75	4.67	4.70	4.96	4.83
18/12/2021	4.50	0.75	5.00	5.00	5.26	5.16
19/12/2021	4.97	0.75	4.74	4.77	5.02	4.90
20/12/2021	4.78	0.75	3.40	3.48	3.63	3.60
21/12/2021	5.15	0.75	4.07	4.13	4.33	4.24
22/12/2021	4.09	0.75	4.36	4.43	4.61	4.62
23/12/2021	7.52	0.75	2.93	3.01	3.14	3.09
24/12/2021	5.75	0.75	3.62	3.65	3.82	3.76
25/12/2021	5.75	0.75	3.62	3.65	3.82	3.76
26/12/2021	4.93	0.75	4.27	4.29	4.58	4.44
27/12/2021	5.87	0.75	3.87	3.92	4.14	4.01
28/12/2021	5.22	0.75	4.58	4.62	4.86	4.76
29/12/2021	7.99	0.75	2.90	2.96	3.13	3.04
30/12/2021	6.79	0.75	3.38	3.45	3.63	3.53
31/12/2021	8.03	0.75	2.87	2.94	3.08	3.01
Diciembre 2021 (1 mes)	179.55	0.75	3.61	3.66	3.84	3.76

Tabla 39*Energía de los sistemas fotovoltaicos– enero 2022.*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/01/2022	0.171	0.174	0.179	0.179
2/01/2022	0.168	0.174	0.179	0.178
3/01/2022	0.173	0.176	0.182	0.180
4/01/2022	0.173	0.177	0.182	0.181
5/01/2022	0.180	0.184	0.190	0.189
6/01/2022	0.170	0.173	0.179	0.178
7/01/2022	0.171	0.174	0.179	0.179
8/01/2022	0.168	0.174	0.179	0.178
9/01/2022	0.173	0.176	0.182	0.180
10/01/2022	0.173	0.177	0.182	0.181
11/01/2022	0.180	0.184	0.190	0.189
12/01/2022	0.170	0.173	0.179	0.178
13/01/2022	0.171	0.174	0.179	0.179
14/01/2022	0.168	0.174	0.179	0.178
15/01/2022	0.173	0.176	0.182	0.180
16/01/2022	0.158	0.161	0.167	0.166
17/01/2022	0.158	0.161	0.167	0.166
18/01/2022	0.172	0.177	0.182	0.181
19/01/2022	0.167	0.170	0.175	0.174
20/01/2022	0.169	0.173	0.178	0.177
21/01/2022	0.140	0.141	0.144	0.147
22/01/2022	0.156	0.158	0.163	0.162
23/01/2022	0.146	0.150	0.154	0.153
24/01/2022	0.149	0.152	0.156	0.157
25/01/2022	0.168	0.174	0.180	0.178
26/01/2022	0.165	0.167	0.172	0.171
27/01/2022	0.157	0.159	0.164	0.164
28/01/2022	0.131	0.133	0.136	0.138
29/01/2022	0.168	0.170	0.175	0.174
30/01/2022	0.161	0.164	0.169	0.169
31/01/2022	0.161	0.164	0.169	0.169
Enero 2022 (1 mes)	5.11	5.21	5.37	5.35

Tabla 40*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – enero 2022.*

Fecha	H (kWh/ m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/01/2022	7.31	0.75	3.10	3.15	3.24	3.24
2/01/2022	7.31	0.75	3.05	3.15	3.24	3.23
3/01/2022	7.32	0.75	3.13	3.19	3.30	3.27
4/01/2022	7.54	0.75	3.04	3.10	3.21	3.18
5/01/2022	6.27	0.75	3.81	3.88	4.02	3.99
6/01/2022	5.21	0.75	4.33	4.40	4.54	4.53
7/01/2022	5.28	0.75	4.28	4.35	4.49	4.48
8/01/2022	4.25	0.75	5.25	5.41	5.58	5.56
9/01/2022	6.12	0.75	3.74	3.82	3.94	3.91
10/01/2022	6.49	0.75	3.54	3.61	3.72	3.70
11/01/2022	5.23	0.75	4.57	4.65	4.82	4.78
12/01/2022	6.20	0.75	3.64	3.70	3.82	3.81
13/01/2022	5.70	0.75	3.97	4.03	4.16	4.15
14/01/2022	4.95	0.75	4.51	4.64	4.79	4.77
15/01/2022	6.27	0.75	3.65	3.73	3.85	3.81
16/01/2022	4.98	0.75	4.20	4.29	4.43	4.41
17/01/2022	5.15	0.75	4.06	4.14	4.29	4.26
18/01/2022	6.16	0.75	3.70	3.79	3.92	3.88
19/01/2022	4.33	0.75	5.11	5.20	5.36	5.32
20/01/2022	5.67	0.75	3.96	4.04	4.16	4.15
21/01/2022	5.15	0.75	3.59	3.62	3.70	3.77
22/01/2022	5.25	0.75	3.93	4.00	4.10	4.09
23/01/2022	4.85	0.75	3.99	4.10	4.21	4.19
24/01/2022	3.80	0.75	5.18	5.29	5.42	5.49
25/01/2022	5.00	0.75	4.44	4.61	4.77	4.71
26/01/2022	5.35	0.75	4.07	4.13	4.25	4.24
27/01/2022	6.25	0.75	3.33	3.38	3.48	3.46
28/01/2022	4.12	0.75	4.22	4.27	4.36	4.43
29/01/2022	5.22	0.75	4.26	4.31	4.44	4.42
30/01/2022	5.49	0.75	3.87	3.95	4.07	4.08
31/01/2022	5.49	0.75	3.87	3.95	4.07	4.08
Enero 2022 (1 mes)	173.72	0.75	3.89	3.97	4.10	4.08

Tabla 41*Energía de los sistemas fotovoltaicos – febrero 2022.*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/02/2022	0.160	0.162	0.167	0.166
2/02/2022	0.166	0.168	0.173	0.174
3/02/2022	0.146	0.148	0.152	0.154
4/02/2022	0.176	0.174	0.177	0.176
5/02/2022	0.181	0.184	0.190	0.189
6/02/2022	0.156	0.158	0.162	0.162
7/02/2022	0.170	0.172	0.178	0.178
8/02/2022	0.165	0.167	0.173	0.172
9/02/2022	0.161	0.164	0.169	0.167
10/02/2022	0.140	0.141	0.144	0.146
11/02/2022	0.169	0.171	0.178	0.176
12/02/2022	0.172	0.174	0.181	0.179
13/02/2022	0.163	0.164	0.171	0.170
14/02/2022	0.168	0.170	0.178	0.175
15/02/2022	0.170	0.172	0.180	0.176
16/02/2022	0.176	0.178	0.187	0.182
17/02/2022	0.163	0.164	0.171	0.170
18/02/2022	0.169	0.170	0.178	0.175
19/02/2022	0.171	0.172	0.180	0.177
20/02/2022	0.173	0.175	0.183	0.182
21/02/2022	0.164	0.164	0.172	0.170
22/02/2022	0.175	0.176	0.185	0.181
23/02/2022	0.162	0.164	0.171	0.168
24/02/2022	0.162	0.163	0.171	0.169
25/02/2022	0.147	0.148	0.155	0.153
26/02/2022	0.163	0.164	0.172	0.169
27/02/2022	0.174	0.177	0.184	0.180
28/02/2022	0.142	0.143	0.149	0.148
Febrero 2022 (1 mes)	4.60	4.65	4.83	4.78

Tabla 42*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – febrero 2022.*

Fecha	H (kWh /m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/02/2022	4.75	0.75	4.45	4.51	4.67	4.62
2/02/2022	4.90	0.75	4.49	4.54	4.68	4.70
3/02/2022	5.39	0.75	3.59	3.65	3.75	3.78
4/02/2022	6.34	0.75	3.67	3.64	3.71	3.68
5/02/2022	7.75	0.75	3.09	3.15	3.25	3.23
6/02/2022	4.58	0.75	4.50	4.56	4.70	4.70
7/02/2022	5.06	0.75	4.45	4.51	4.66	4.65
8/02/2022	4.38	0.75	4.99	5.07	5.24	5.21
9/02/2022	7.65	0.75	2.79	2.84	2.93	2.90
10/02/2022	6.36	0.75	2.91	2.94	3.00	3.04
11/02/2022	7.67	0.75	2.92	2.96	3.07	3.04
12/02/2022	5.62	0.75	4.05	4.10	4.27	4.22
13/02/2022	5.80	0.75	3.73	3.75	3.91	3.87
14/02/2022	6.54	0.75	3.40	3.44	3.60	3.54
15/02/2022	4.58	0.75	4.91	4.98	5.20	5.09
16/02/2022	4.23	0.75	5.52	5.58	5.87	5.70
17/02/2022	5.69	0.75	3.78	3.82	3.99	3.95
18/02/2022	4.77	0.75	4.69	4.72	4.94	4.86
19/02/2022	6.53	0.75	3.47	3.49	3.65	3.60
20/02/2022	5.54	0.75	4.14	4.18	4.39	4.36
21/02/2022	5.00	0.75	4.35	4.35	4.56	4.50
22/02/2022	5.81	0.75	4.00	4.01	4.22	4.12
23/02/2022	3.59	0.75	5.99	6.04	6.33	6.21
24/02/2022	4.89	0.75	4.40	4.41	4.64	4.59
25/02/2022	4.94	0.75	3.94	3.96	4.15	4.11
26/02/2022	4.97	0.75	4.34	4.36	4.58	4.51
27/02/2022	6.76	0.75	3.42	3.46	3.61	3.54
28/02/2022	4.81	0.75	3.92	3.94	4.11	4.08
Febrero 2022 (1 mes)	154.88	0.75	3.94	3.98	4.14	4.09

Tabla 43*Energía y rendimiento de los sistemas – marzo 2022.*

Fecha	Energía, poli- cristalino con polvo (kWh)	Energía poli- cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono- cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono- cristalino con polvo (kWh)
1/03/2022	0.172	0.173	0.182	0.179
2/03/2022	0.178	0.181	0.190	0.184
3/03/2022	0.151	0.153	0.161	0.159
4/03/2022	0.152	0.155	0.163	0.161
5/03/2022	0.172	0.173	0.182	0.178
6/03/2022	0.175	0.178	0.187	0.180
7/03/2022	0.170	0.171	0.180	0.177
8/03/2022	0.183	0.182	0.191	0.185
9/03/2022	0.161	0.158	0.166	0.165
10/03/2022	0.162	0.160	0.162	0.166
11/03/2022	0.158	0.159	0.161	0.165
12/03/2022	0.167	0.166	0.169	0.174
13/03/2022	0.164	0.168	0.179	0.172
14/03/2022	0.134	0.135	0.140	0.139
15/03/2022	0.150	0.150	0.153	0.157
16/03/2022	0.163	0.163	0.166	0.168
17/03/2022	0.165	0.168	0.177	0.174
18/03/2022	0.156	0.157	0.166	0.163
19/03/2022	0.177	0.180	0.189	0.184
20/03/2022	0.124	0.123	0.128	0.130
21/03/2022	0.165	0.165	0.173	0.171
22/03/2022	0.140	0.140	0.148	0.147
23/03/2022	0.162	0.161	0.171	0.167
24/03/2022	0.165	0.163	0.168	0.166
25/03/2022	0.153	0.151	0.158	0.158
26/03/2022	0.166	0.165	0.176	0.176
27/03/2022	0.150	0.147	0.151	0.151
28/03/2022	0.166	0.164	0.171	0.169
29/03/2022	0.162	0.161	0.172	0.167
30/03/2022	0.171	0.176	0.182	0.177
31/03/2022	0.126	0.127	0.132	0.129
Marzo 2022 (1 mes)	4.961	4.972	5.195	5.139

Tabla 44*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – marzo 2022.*

Fecha	H (kWh/m²)	Aa (m²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/03/2022	6.45	0.75	3.54	3.56	3.75	3.69
2/03/2022	6.62	0.75	3.57	3.62	3.80	3.68
3/03/2022	5.33	0.75	3.75	3.81	4.00	3.96
4/03/2022	4.53	0.75	4.44	4.54	4.77	4.69
5/03/2022	4.45	0.75	5.12	5.15	5.43	5.31
6/03/2022	7.39	0.75	3.13	3.19	3.36	3.24
7/03/2022	6.11	0.75	3.68	3.71	3.90	3.84
8/03/2022	6.27	0.75	3.87	3.84	4.04	3.91
9/03/2022	5.45	0.75	3.92	3.85	4.04	4.02
10/03/2022	5.05	0.75	4.25	4.19	4.24	4.36
11/03/2022	5.60	0.75	3.74	3.77	3.81	3.90
12/03/2022	5.63	0.75	3.94	3.89	3.98	4.10
13/03/2022	6.33	0.75	3.44	3.52	3.74	3.61
14/03/2022	4.60	0.75	3.85	3.89	4.05	4.00
15/03/2022	1.75	0.75	11.39	11.33	11.62	11.87
16/03/2022	5.07	0.75	4.26	4.26	4.34	4.40
17/03/2022	6.46	0.75	3.39	3.44	3.63	3.56
18/03/2022	5.54	0.75	3.74	3.76	3.96	3.89
19/03/2022	5.81	0.75	4.03	4.10	4.31	4.20
20/03/2022	3.50	0.75	4.69	4.65	4.85	4.93
21/03/2022	6.07	0.75	3.60	3.59	3.78	3.74
22/03/2022	4.25	0.75	4.36	4.36	4.61	4.57
23/03/2022	7.05	0.75	3.05	3.03	3.21	3.14
24/03/2022	6.80	0.75	3.20	3.18	3.27	3.24
25/03/2022	6.74	0.75	3.00	2.96	3.10	3.11
26/03/2022	5.49	0.75	4.02	3.97	4.25	4.25
27/03/2022	4.25	0.75	4.66	4.59	4.71	4.71
28/03/2022	3.90	0.75	5.63	5.57	5.80	5.73
29/03/2022	5.84	0.75	3.69	3.66	3.89	3.78
30/03/2022	6.62	0.75	3.42	3.52	3.65	3.55
31/03/2022	6.43	0.75	2.59	2.61	2.72	2.65
Marzo 2022 (1 mes)	171.39	0.75	3.84	3.84	4.02	3.97

Tabla 45*Energía de los sistemas fotovoltaicos – abril 2022.*

Fecha	Energía, poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía, poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía, mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía, mono-cristalino con polvo (kWh)
1/04/2022	0.157	0.155	0.160	0.160
2/04/2022	0.159	0.160	0.165	0.165
3/04/2022	0.149	0.152	0.160	0.160
4/04/2022	0.145	0.146	0.154	0.156
5/04/2022	0.163	0.164	0.175	0.175
6/04/2022	0.159	0.160	0.170	0.171
7/04/2022	0.142	0.143	0.153	0.153
8/04/2022	0.159	0.159	0.171	0.164
9/04/2022	0.144	0.142	0.152	0.153
10/04/2022	0.161	0.161	0.171	0.170
11/04/2022	0.158	0.157	0.168	0.169
12/04/2022	0.167	0.163	0.174	0.175
13/04/2022	0.170	0.166	0.177	0.179
14/04/2022	0.174	0.170	0.181	0.182
15/04/2022	0.172	0.171	0.181	0.182
16/04/2022	0.171	0.167	0.178	0.179
17/04/2022	0.176	0.172	0.182	0.184
18/04/2022	0.173	0.169	0.180	0.181
19/04/2022	0.170	0.167	0.177	0.178
20/04/2022	0.174	0.168	0.179	0.180
21/04/2022	0.174	0.169	0.180	0.181
22/04/2022	0.173	0.169	0.180	0.181
23/04/2022	0.165	0.161	0.172	0.173
24/04/2022	0.173	0.169	0.181	0.182
25/04/2022	0.172	0.168	0.180	0.181
26/04/2022	0.166	0.162	0.173	0.175
27/04/2022	0.172	0.168	0.179	0.180
28/04/2022	0.163	0.166	0.177	0.172
29/04/2022	0.169	0.169	0.183	0.182
30/04/2022	0.174	0.179	0.182	0.179
Abril 2022 (1 mes)	4.943	4.889	5.197	5.203

Tabla 46*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - abril 2022.*

Fecha	H (kWh /m²)	Aa (m²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/04/2022	6.59	0.75	3.15	3.11	3.21	3.22
2/04/2022	6.11	0.75	3.45	3.47	3.57	3.58
3/04/2022	6.08	0.75	3.24	3.30	3.48	3.48
4/04/2022	6.41	0.75	2.99	3.01	3.19	3.21
5/04/2022	7.10	0.75	3.04	3.05	3.27	3.27
6/04/2022	5.52	0.75	3.80	3.83	4.08	4.09
7/04/2022	5.87	0.75	3.21	3.22	3.45	3.46
8/04/2022	4.41	0.75	4.77	4.77	5.14	4.94
9/04/2022	4.67	0.75	4.08	4.02	4.32	4.35
10/04/2022	7.28	0.75	2.93	2.93	3.12	3.09
11/04/2022	7.97	0.75	2.63	2.61	2.79	2.81
12/04/2022	7.80	0.75	2.83	2.77	2.95	2.97
13/04/2022	6.21	0.75	3.62	3.54	3.77	3.81
14/04/2022	8.16	0.75	2.82	2.76	2.94	2.95
15/04/2022	8.05	0.75	2.83	2.81	2.98	3.00
16/04/2022	7.70	0.75	2.95	2.88	3.06	3.08
17/04/2022	7.61	0.75	3.06	2.99	3.17	3.20
18/04/2022	7.44	0.75	3.08	3.02	3.21	3.23
19/04/2022	7.87	0.75	2.87	2.80	2.98	3.00
20/04/2022	7.38	0.75	3.13	3.02	3.22	3.24
21/04/2022	7.68	0.75	3.00	2.92	3.11	3.13
22/04/2022	6.31	0.75	3.64	3.56	3.79	3.80
23/04/2022	6.46	0.75	3.38	3.31	3.53	3.55
24/04/2022	6.84	0.75	3.35	3.28	3.50	3.52
25/04/2022	6.59	0.75	3.46	3.38	3.62	3.63
26/04/2022	6.50	0.75	3.39	3.30	3.54	3.56
27/04/2022	7.91	0.75	2.87	2.81	3.00	3.02
28/04/2022	6.23	0.75	3.47	3.52	3.76	3.66
29/04/2022	8.04	0.75	2.78	2.79	3.01	3.00
30/04/2022	7.53	0.75	3.07	3.15	3.21	3.16
Abril 2022 (1 mes)	206.32	0.755	3.17	3.14	3.34	3.34

Tabla 47*Energía de los sistemas fotovoltaicos – mayo 2022.*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/05/2022	0.166	0.163	0.174	0.175
2/05/2022	0.162	0.159	0.169	0.170
3/05/2022	0.166	0.163	0.173	0.174
4/05/2022	0.172	0.172	0.181	0.179
5/05/2022	0.172	0.172	0.182	0.178
6/05/2022	0.166	0.167	0.182	0.179
7/05/2022	0.164	0.165	0.176	0.175
8/05/2022	0.166	0.168	0.181	0.176
9/05/2022	0.170	0.173	0.184	0.180
10/05/2022	0.155	0.161	0.180	0.173
11/05/2022	0.155	0.161	0.185	0.173
12/05/2022	0.167	0.175	0.180	0.175
13/05/2022	0.161	0.166	0.173	0.168
14/05/2022	0.169	0.170	0.181	0.175
15/05/2022	0.173	0.173	0.184	0.179
16/05/2022	0.157	0.162	0.172	0.173
17/05/2022	0.162	0.165	0.182	0.176
18/05/2022	0.161	0.164	0.181	0.176
19/05/2022	0.160	0.164	0.182	0.175
20/05/2022	0.168	0.169	0.180	0.179
21/05/2022	0.160	0.160	0.170	0.170
22/05/2022	0.167	0.168	0.178	0.177
23/05/2022	0.171	0.172	0.183	0.181
24/05/2022	0.170	0.168	0.179	0.180
25/05/2022	0.162	0.160	0.172	0.172
26/05/2022	0.149	0.150	0.161	0.161
27/05/2022	0.159	0.161	0.171	0.171
28/05/2022	0.160	0.166	0.176	0.176
29/05/2022	0.161	0.165	0.175	0.175
30/05/2022	0.169	0.170	0.177	0.177
31/05/2022	0.161	0.165	0.170	0.171
Mayo 2022 (1 mes)	5.082	5.137	5.495	5.418

Tabla 48*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - mayo 2022.*

Fecha	H (kWh /m²)	Aa (m²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/05/2022	7.13	0.75	3.08	3.03	3.22	3.24
2/05/2022	7.00	0.75	3.07	3.01	3.20	3.21
3/05/2022	7.12	0.75	3.09	3.03	3.22	3.24
4/05/2022	7.31	0.75	3.12	3.12	3.29	3.24
5/05/2022	7.64	0.75	2.99	2.99	3.15	3.09
6/05/2022	8.07	0.75	2.73	2.74	2.98	2.93
7/05/2022	7.78	0.75	2.79	2.80	3.00	2.97
8/05/2022	7.67	0.75	2.86	2.90	3.13	3.04
9/05/2022	7.90	0.75	2.86	2.90	3.09	3.03
10/05/2022	6.68	0.75	3.07	3.20	3.58	3.44
11/05/2022	7.23	0.75	2.84	2.96	3.39	3.17
12/05/2022	7.52	0.75	2.95	3.08	3.17	3.08
13/05/2022	6.44	0.75	3.32	3.41	3.55	3.45
14/05/2022	6.81	0.75	3.30	3.31	3.52	3.41
15/05/2022	7.83	0.75	2.92	2.93	3.12	3.03
16/05/2022	7.17	0.75	2.90	2.99	3.18	3.20
17/05/2022	6.92	0.75	3.10	3.15	3.48	3.38
18/05/2022	7.17	0.75	2.97	3.03	3.34	3.24
19/05/2022	6.25	0.75	3.40	3.49	3.85	3.71
20/05/2022	6.90	0.75	3.22	3.25	3.46	3.43
21/05/2022	6.17	0.75	3.43	3.43	3.66	3.66
22/05/2022	6.62	0.75	3.35	3.36	3.57	3.54
23/05/2022	7.00	0.75	3.24	3.26	3.46	3.43
24/05/2022	6.81	0.75	3.30	3.27	3.49	3.49
25/05/2022	6.14	0.75	3.50	3.46	3.71	3.72
26/05/2022	6.15	0.75	3.21	3.24	3.46	3.47
27/05/2022	6.36	0.75	3.31	3.34	3.55	3.56
28/05/2022	6.72	0.75	3.15	3.26	3.47	3.48
29/05/2022	6.62	0.75	3.23	3.30	3.51	3.51
30/05/2022	6.77	0.75	3.31	3.33	3.46	3.47
31/05/2022	4.61	0.75	4.62	4.74	4.90	4.90
Mayo 2022 (1 mes)	214.49	0.75	3.14	3.17	3.39	3.35

Tabla 49*Energía de los sistemas fotovoltaicos – junio 2022.*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/06/2022	0.158	0.159	0.163	0.163
2/06/2022	0.148	0.148	0.153	0.154
3/06/2022	0.157	0.160	0.166	0.165
4/06/2022	0.147	0.149	0.154	0.153
5/06/2022	0.154	0.154	0.159	0.158
6/06/2022	0.169	0.171	0.176	0.176
7/06/2022	0.170	0.171	0.177	0.176
8/06/2022	0.173	0.173	0.179	0.179
9/06/2022	0.172	0.172	0.179	0.179
10/06/2022	0.173	0.174	0.180	0.180
11/06/2022	0.174	0.174	0.180	0.180
12/06/2022	0.174	0.175	0.181	0.181
13/06/2022	0.173	0.174	0.179	0.179
14/06/2022	0.174	0.174	0.180	0.180
15/06/2022	0.173	0.170	0.183	0.179
16/06/2022	0.176	0.178	0.183	0.182
17/06/2022	0.173	0.174	0.179	0.179
18/06/2022	0.167	0.169	0.174	0.173
19/06/2022	0.171	0.170	0.176	0.176
20/06/2022	0.163	0.163	0.169	0.168
21/06/2022	0.157	0.160	0.166	0.165
22/06/2022	0.159	0.160	0.165	0.165
23/06/2022	0.154	0.156	0.164	0.160
24/06/2022	0.170	0.173	0.179	0.177
25/06/2022	0.161	0.163	0.169	0.167
26/06/2022	0.172	0.175	0.180	0.178
27/06/2022	0.170	0.173	0.178	0.176
28/06/2022	0.142	0.142	0.146	0.146
29/06/2022	0.171	0.173	0.178	0.176
30/06/2022	0.169	0.172	0.179	0.176
Junio 2022 (1 mes)	4.96	5.00	5.18	5.15

Tabla 50*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - junio 2022.*

Fecha	H (kWh /m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/06/2022	5.05	0.75	4.14	4.16	4.29	4.29
2/06/2022	7.13	0.75	2.74	2.76	2.85	2.86
3/06/2022	7.13	0.75	2.92	2.97	3.08	3.07
4/06/2022	5.37	0.75	3.63	3.67	3.79	3.78
5/06/2022	5.46	0.75	3.73	3.74	3.86	3.84
6/06/2022	6.80	0.75	3.30	3.33	3.43	3.42
7/06/2022	7.13	0.75	3.15	3.18	3.28	3.27
8/06/2022	6.89	0.75	3.33	3.34	3.44	3.45
9/06/2022	6.94	0.75	3.28	3.29	3.41	3.41
10/06/2022	6.47	0.75	3.53	3.56	3.68	3.67
11/06/2022	6.93	0.75	3.32	3.33	3.44	3.44
12/06/2022	6.93	0.75	3.33	3.34	3.46	3.46
13/06/2022	6.94	0.75	3.30	3.31	3.42	3.43
14/06/2022	7.04	0.75	3.27	3.28	3.38	3.39
15/06/2022	6.86	0.75	3.33	3.29	3.53	3.46
16/06/2022	6.86	0.75	3.40	3.44	3.54	3.52
17/06/2022	7.13	0.75	3.21	3.23	3.33	3.33
18/06/2022	6.54	0.75	3.38	3.43	3.53	3.51
19/06/2022	6.71	0.75	3.38	3.36	3.47	3.48
20/06/2022	5.59	0.75	3.87	3.88	4.01	3.99
21/06/2022	5.17	0.75	4.03	4.12	4.26	4.22
22/06/2022	7.13	0.75	2.95	2.97	3.07	3.06
23/06/2022	5.12	0.75	3.98	4.03	4.25	4.14
24/06/2022	6.33	0.75	3.56	3.63	3.76	3.70
25/06/2022	6.08	0.75	3.50	3.56	3.69	3.64
26/06/2022	6.60	0.75	3.44	3.50	3.61	3.56
27/06/2022	6.76	0.75	3.32	3.39	3.48	3.44
28/06/2022	7.13	0.75	2.64	2.63	2.72	2.72
29/06/2022	6.73	0.75	3.36	3.40	3.51	3.47
30/06/2022	6.57	0.75	3.41	3.47	3.60	3.54
Junio 2022 (1 mes)	195.51	0.75	3.36	3.39	3.51	3.49

Tabla 51*Energía de los sistemas fotovoltaicos – julio 2022.*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/07/2022	0.170	0.171	0.181	0.178
2/07/2022	0.170	0.171	0.181	0.178
3/07/2022	0.160	0.162	0.168	0.166
4/07/2022	0.159	0.163	0.170	0.168
5/07/2022	0.171	0.171	0.176	0.176
6/07/2022	0.163	0.163	0.168	0.167
7/07/2022	0.164	0.165	0.170	0.169
8/07/2022	0.162	0.164	0.169	0.169
9/07/2022	0.170	0.171	0.175	0.174
10/07/2022	0.171	0.171	0.177	0.175
11/07/2022	0.159	0.161	0.168	0.166
12/07/2022	0.166	0.166	0.174	0.173
13/07/2022	0.166	0.166	0.174	0.173
14/07/2022	0.126	0.127	0.134	0.133
15/07/2022	0.165	0.168	0.175	0.174
16/07/2022	0.170	0.172	0.179	0.178
17/07/2022	0.167	0.170	0.177	0.174
18/07/2022	0.162	0.164	0.170	0.170
19/07/2022	0.171	0.173	0.180	0.179
20/07/2022	0.172	0.173	0.180	0.180
21/07/2022	0.172	0.173	0.180	0.180
22/07/2022	0.171	0.171	0.179	0.178
23/07/2022	0.169	0.171	0.178	0.177
24/07/2022	0.165	0.166	0.174	0.173
25/07/2022	0.163	0.164	0.171	0.171
26/07/2022	0.169	0.175	0.180	0.178
27/07/2022	0.172	0.173	0.178	0.176
28/07/2022	0.173	0.172	0.180	0.181
29/07/2022	0.171	0.171	0.179	0.180
30/07/2022	0.170	0.170	0.179	0.179
31/07/2022	0.169	0.169	0.177	0.178
Julio 2022 (1 mes)	5.149	5.188	5.401	5.372

Tabla 52*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - julio 2022.*

Fecha	H (kWh /m²)	Aa (m²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/07/2022	6.70	0.75	3.36	3.39	3.57	3.52
2/07/2022	6.70	0.75	3.36	3.39	3.57	3.52
3/07/2022	6.76	0.75	3.13	3.16	3.29	3.26
4/07/2022	6.05	0.75	3.49	3.57	3.72	3.68
5/07/2022	6.81	0.75	3.32	3.33	3.43	3.42
6/07/2022	7.03	0.75	3.07	3.08	3.17	3.14
7/07/2022	6.83	0.75	3.18	3.20	3.30	3.27
8/07/2022	5.56	0.75	3.86	3.91	4.02	4.02
9/07/2022	6.59	0.75	3.42	3.43	3.52	3.51
10/07/2022	6.39	0.75	3.55	3.55	3.67	3.62
11/07/2022	6.88	0.75	3.06	3.11	3.24	3.21
12/07/2022	6.91	0.75	3.18	3.18	3.34	3.32
13/07/2022	5.86	0.75	3.74	3.75	3.92	3.91
14/07/2022	6.31	0.75	2.64	2.66	2.81	2.79
15/07/2022	6.77	0.75	3.23	3.28	3.42	3.41
16/07/2022	7.13	0.75	3.16	3.19	3.33	3.31
17/07/2022	7.04	0.75	3.15	3.20	3.33	3.28
18/07/2022	6.01	0.75	3.56	3.61	3.76	3.75
19/07/2022	7.23	0.75	3.14	3.18	3.31	3.29
20/07/2022	7.21	0.75	3.17	3.19	3.31	3.31
21/07/2022	7.21	0.75	3.17	3.19	3.31	3.31
22/07/2022	7.36	0.75	3.07	3.09	3.22	3.21
23/07/2022	7.26	0.75	3.09	3.11	3.24	3.23
24/07/2022	7.17	0.75	3.05	3.07	3.21	3.20
25/07/2022	7.20	0.75	3.00	3.02	3.15	3.15
26/07/2022	7.13	0.75	3.15	3.24	3.35	3.30
27/07/2022	7.51	0.75	3.03	3.05	3.13	3.10
28/07/2022	7.58	0.75	3.02	3.00	3.15	3.17
29/07/2022	7.53	0.75	3.01	3.00	3.15	3.16
30/07/2022	7.17	0.75	3.14	3.14	3.30	3.30
31/07/2022	7.17	0.75	3.13	3.12	3.27	3.28
Julio 2022 (1 mes)	213.07	0.75	3.20	3.23	3.36	3.34

Tabla 53*Energía de los sistemas fotovoltaicos – agosto 2022*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/08/2022	0.164	0.164	0.171	0.172
2/08/2022	0.165	0.168	0.177	0.173
3/08/2022	0.171	0.174	0.181	0.179
4/08/2022	0.167	0.170	0.179	0.180
5/08/2022	0.140	0.140	0.152	0.148
6/08/2022	0.152	0.155	0.164	0.164
7/08/2022	0.128	0.131	0.141	0.140
8/08/2022	0.142	0.143	0.153	0.153
9/08/2022	0.153	0.153	0.164	0.164
10/08/2022	0.171	0.171	0.183	0.182
11/08/2022	0.171	0.171	0.181	0.182
12/08/2022	0.170	0.172	0.184	0.183
13/08/2022	0.168	0.170	0.180	0.181
14/08/2022	0.160	0.161	0.173	0.172
15/08/2022	0.167	0.167	0.181	0.180
16/08/2022	0.167	0.167	0.179	0.180
17/08/2022	0.167	0.168	0.183	0.182
18/08/2022	0.170	0.172	0.187	0.186
19/08/2022	0.169	0.170	0.184	0.182
20/08/2022	0.169	0.171	0.188	0.185
21/08/2022	0.163	0.165	0.181	0.178
22/08/2022	0.160	0.162	0.179	0.175
23/08/2022	0.162	0.164	0.180	0.177
24/08/2022	0.168	0.170	0.184	0.183
25/08/2022	0.160	0.164	0.182	0.177
26/08/2022	0.151	0.155	0.173	0.168
27/08/2022	0.156	0.160	0.178	0.173
28/08/2022	0.168	0.172	0.191	0.185
29/08/2022	0.143	0.148	0.165	0.160
30/08/2022	0.160	0.165	0.177	0.175
31/08/2022	0.139	0.143	0.153	0.152
Agosto 2022 (1 mes)	4.96	5.02	5.43	5.37

Tabla 54*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo - agosto 2022.*

Fecha	H (kWh /m²)	Aa (m²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/08/2022	7.35	0.75	2.95	2.95	3.09	3.09
2/08/2022	7.09	0.75	3.09	3.15	3.31	3.23
3/08/2022	7.53	0.75	3.01	3.06	3.18	3.15
4/08/2022	7.62	0.75	2.91	2.95	3.12	3.13
5/08/2022	4.78	0.75	3.87	3.88	4.20	4.11
6/08/2022	6.37	0.75	3.15	3.22	3.42	3.41
7/08/2022	3.62	0.75	4.70	4.80	5.17	5.11
8/08/2022	3.64	0.75	5.16	5.19	5.57	5.55
9/08/2022	5.26	0.75	3.86	3.86	4.14	4.13
10/08/2022	7.69	0.75	2.94	2.95	3.16	3.13
11/08/2022	8.06	0.75	2.82	2.81	2.98	2.99
12/08/2022	8.33	0.75	2.70	2.73	2.92	2.91
13/08/2022	8.28	0.75	2.69	2.72	2.89	2.90
14/08/2022	8.00	0.75	2.64	2.66	2.86	2.85
15/08/2022	8.02	0.75	2.75	2.75	2.99	2.97
16/08/2022	8.14	0.75	2.72	2.71	2.92	2.93
17/08/2022	8.08	0.75	2.74	2.76	3.00	2.98
18/08/2022	8.43	0.75	2.68	2.70	2.94	2.92
19/08/2022	8.18	0.75	2.73	2.75	2.97	2.95
20/08/2022	8.37	0.75	2.67	2.70	2.97	2.92
21/08/2022	8.29	0.75	2.61	2.64	2.89	2.85
22/08/2022	7.52	0.75	2.83	2.86	3.15	3.09
23/08/2022	8.32	0.75	2.59	2.61	2.86	2.81
24/08/2022	8.40	0.75	2.64	2.67	2.90	2.88
25/08/2022	8.17	0.75	2.59	2.65	2.95	2.87
26/08/2022	7.47	0.75	2.68	2.75	3.07	2.99
27/08/2022	7.91	0.75	2.62	2.68	2.99	2.90
28/08/2022	8.15	0.75	2.72	2.79	3.10	3.00
29/08/2022	7.95	0.75	2.39	2.47	2.75	2.66
30/08/2022	6.65	0.75	3.20	3.28	3.52	3.49
31/08/2022	6.28	0.75	2.92	3.01	3.22	3.21
Agosto 2022 (1 mes)	227.9 5	0.75	2.88	2.92	3.16	3.12

Tabla 55*Energía de los sistemas fotovoltaicos– setiembre 2022.*

Fecha	Energía poli- cristalino con polvo (kWh)	Energía poli- cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono- cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono- cristalino con polvo (kWh)
1/09/2022	0.162	0.166	0.173	0.168
2/09/2022	0.177	0.179	0.187	0.181
3/09/2022	0.155	0.163	0.170	0.166
4/09/2022	0.171	0.180	0.189	0.183
5/09/2022	0.171	0.179	0.188	0.183
6/09/2022	0.160	0.163	0.171	0.167
7/09/2022	0.136	0.139	0.145	0.142
8/09/2022	0.171	0.172	0.181	0.176
9/09/2022	0.153	0.159	0.167	0.164
10/09/2022	0.171	0.174	0.183	0.178
11/09/2022	0.154	0.157	0.165	0.161
12/09/2022	0.167	0.170	0.178	0.173
13/09/2022	0.162	0.163	0.171	0.166
14/09/2022	0.169	0.171	0.178	0.174
15/09/2022	0.135	0.138	0.144	0.141
16/09/2022	0.150	0.151	0.158	0.154
17/09/2022	0.160	0.161	0.168	0.163
18/09/2022	0.147	0.151	0.157	0.153
19/09/2022	0.174	0.176	0.183	0.178
20/09/2022	0.142	0.145	0.151	0.147
21/09/2022	0.170	0.174	0.182	0.176
22/09/2022	0.170	0.174	0.182	0.176
23/09/2022	0.170	0.174	0.182	0.176
24/09/2022	0.171	0.175	0.182	0.177
25/09/2022	0.171	0.175	0.182	0.177
26/09/2022	0.171	0.175	0.182	0.177
27/09/2022	0.171	0.175	0.182	0.177
28/09/2022	0.179	0.181	0.190	0.184
29/09/2022	0.175	0.184	0.192	0.186
30/09/2022	0.163	0.164	0.172	0.168
Setiembre 2022 (1 mes)	4.90	5.01	5.24	5.09

Tabla 56*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – setiembre 2022.*

Fecha	H (kWh /m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/09/2022	8.15	0.75	2.64	2.70	2.82	2.73
2/09/2022	8.16	0.75	2.87	2.91	3.04	2.94
3/09/2022	7.77	0.75	2.64	2.77	2.90	2.82
4/09/2022	7.82	0.75	2.90	3.05	3.20	3.10
5/09/2022	6.23	0.75	3.63	3.81	4.00	3.88
6/09/2022	6.90	0.75	3.07	3.13	3.28	3.20
7/09/2022	5.01	0.75	3.61	3.68	3.84	3.77
8/09/2022	7.87	0.75	2.88	2.90	3.04	2.96
9/09/2022	5.51	0.75	3.67	3.82	4.01	3.94
10/09/2022	7.50	0.75	3.02	3.08	3.24	3.15
11/09/2022	6.85	0.75	2.97	3.03	3.19	3.11
12/09/2022	7.75	0.75	2.86	2.91	3.05	2.96
13/09/2022	7.73	0.75	2.78	2.79	2.93	2.85
14/09/2022	7.88	0.75	2.84	2.87	2.99	2.93
15/09/2022	5.02	0.75	3.56	3.63	3.80	3.72
16/09/2022	7.27	0.75	2.74	2.75	2.88	2.80
17/09/2022	6.95	0.75	3.04	3.07	3.20	3.11
18/09/2022	7.18	0.75	2.72	2.78	2.91	2.82
19/09/2022	7.19	0.75	3.21	3.24	3.38	3.28
20/09/2022	6.84	0.75	2.75	2.82	2.93	2.84
21/09/2022	7.71	0.75	2.92	2.99	3.12	3.03
22/09/2022	7.71	0.75	2.92	2.99	3.12	3.03
23/09/2022	7.71	0.75	2.92	2.99	3.12	3.03
24/09/2022	7.73	0.75	2.93	3.00	3.13	3.04
25/09/2022	7.73	0.75	2.93	3.00	3.13	3.04
26/09/2022	7.73	0.75	2.93	3.00	3.13	3.04
27/09/2022	7.73	0.75	2.93	3.00	3.13	3.04
28/09/2022	8.62	0.75	2.75	2.79	2.92	2.82
29/09/2022	8.55	0.75	2.72	2.86	2.98	2.88
30/09/2022	7.71	0.75	2.80	2.83	2.96	2.88
Setiembre 2022 (1 mes)	220.49	0.75	2.94	3.01	3.15	3.06

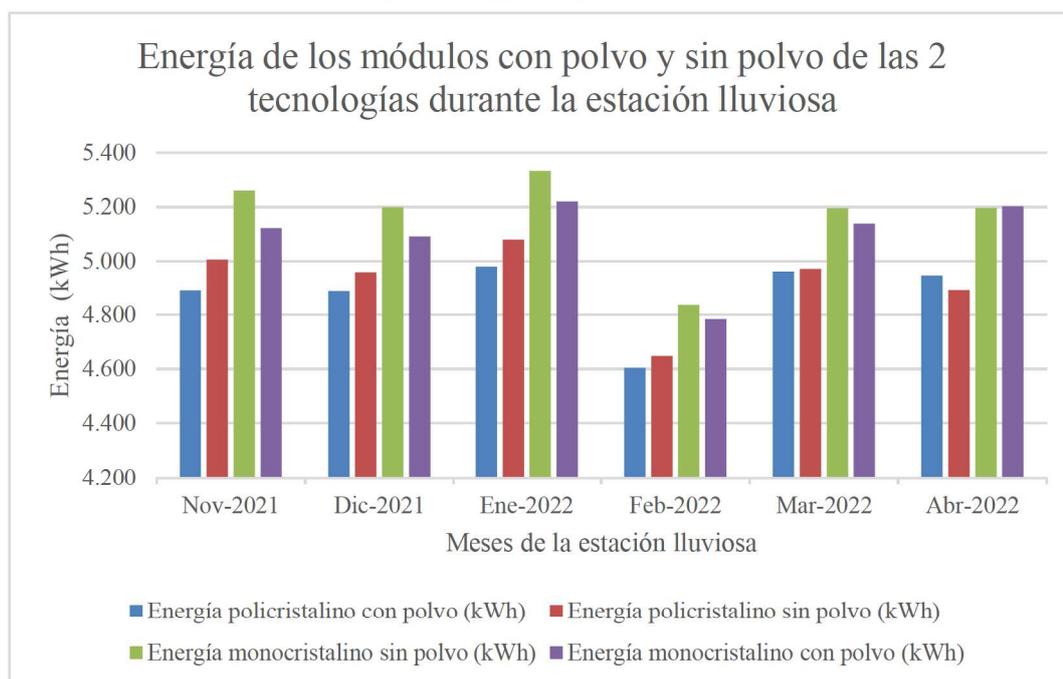
Tabla 57*Energía y rendimiento de los sistemas – octubre 2022.*

Fecha	Energía poli-cristalino con polvo (kWh)	Energía poli-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino sin polvo (kWh)	Energía mono-cristalino con polvo (kWh)
1/10/2022	0.166	0.170	0.178	0.172
2/10/2022	0.166	0.170	0.178	0.172
3/10/2022	0.170	0.174	0.183	0.177
4/10/2022	0.177	0.180	0.188	0.181
5/10/2022	0.167	0.170	0.178	0.173
6/10/2022	0.131	0.133	0.139	0.135
7/10/2022	0.135	0.136	0.142	0.137
8/10/2022	0.163	0.166	0.174	0.169
9/10/2022	0.142	0.146	0.152	0.147
10/10/2022	0.131	0.133	0.139	0.135
11/10/2022	0.135	0.136	0.142	0.137
12/10/2022	0.163	0.166	0.174	0.169
13/10/2022	0.142	0.146	0.152	0.147
14/10/2022	0.160	0.163	0.171	0.167
15/10/2022	0.170	0.174	0.181	0.176
16/10/2022	0.131	0.133	0.139	0.135
17/10/2022	0.135	0.136	0.142	0.137
18/10/2022	0.166	0.170	0.178	0.172
19/10/2022	0.170	0.174	0.183	0.177
20/10/2022	0.169	0.173	0.181	0.177
21/10/2022	0.172	0.176	0.184	0.178
22/10/2022	0.173	0.176	0.184	0.178
23/10/2022	0.158	0.160	0.166	0.164
24/10/2022	0.172	0.176	0.184	0.179
25/10/2022	0.172	0.177	0.185	0.179
26/10/2022	0.172	0.173	0.181	0.176
27/10/2022	0.173	0.176	0.185	0.179
28/10/2022	0.172	0.175	0.183	0.177
29/10/2022	0.176	0.177	0.186	0.179
30/10/2022	0.158	0.159	0.167	0.164
31/10/2022	0.155	0.160	0.169	0.165
Octubre 2022 (1 mes)	4.94	5.03	5.27	5.11

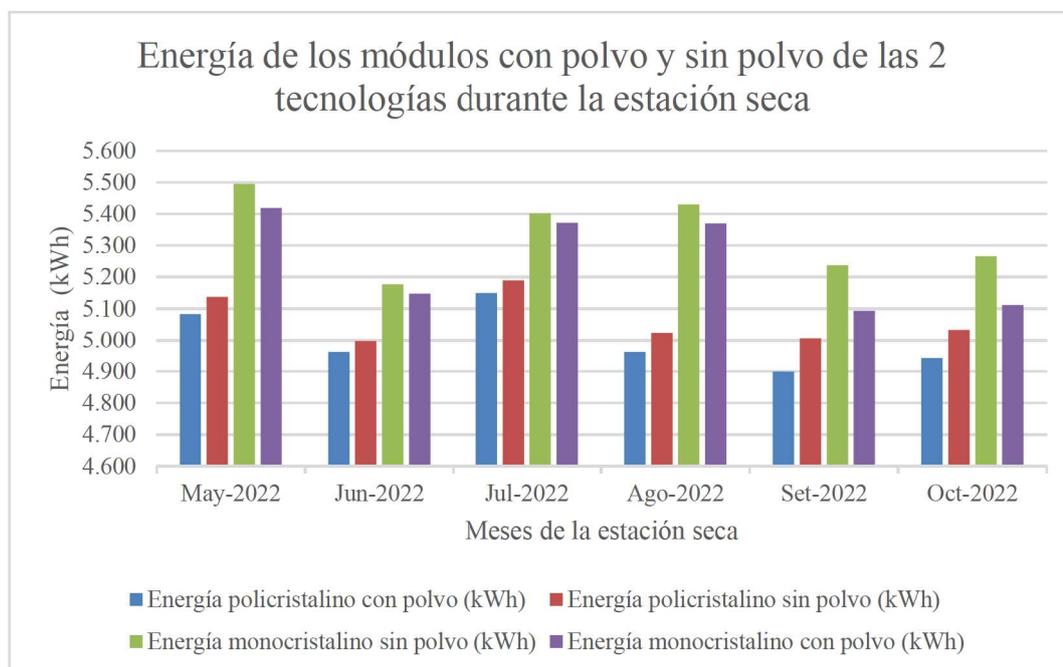
Tabla 58*Irradiancia y eficiencia de los sistemas con polvo y sin polvo – octubre 2022.*

Fecha	H (kWh /m ²)	Aa (m ²)	Eficiencia del sistema poli- cristalino con polvo (%)	Eficiencia del sistema poli- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino sin polvo (%)	Eficiencia del sistema mono- cristalino con polvo (%)
1/10/2022	7.65	0.75	2.87	2.94	3.08	2.97
2/10/2022	7.65	0.75	2.87	2.94	3.08	2.97
3/10/2022	8.31	0.75	2.71	2.77	2.91	2.82
4/10/2022	8.29	0.75	2.83	2.87	3.00	2.89
5/10/2022	4.79	0.75	4.61	4.70	4.93	4.78
6/10/2022	5.06	0.75	3.43	3.49	3.64	3.54
7/10/2022	5.41	0.75	3.30	3.32	3.47	3.36
8/10/2022	6.43	0.75	3.36	3.42	3.58	3.49
9/10/2022	7.65	0.75	2.46	2.53	2.63	2.55
10/10/2022	7.65	0.75	2.27	2.31	2.41	2.34
11/10/2022	7.65	0.75	2.33	2.35	2.45	2.38
12/10/2022	7.65	0.75	2.82	2.87	3.01	2.93
13/10/2022	7.65	0.75	2.46	2.53	2.63	2.55
14/10/2022	7.65	0.75	2.77	2.83	2.95	2.89
15/10/2022	7.65	0.75	2.94	3.01	3.14	3.04
16/10/2022	7.65	0.75	2.27	2.31	2.41	2.34
17/10/2022	7.65	0.75	2.33	2.35	2.45	2.38
18/10/2022	7.65	0.75	2.87	2.94	3.08	2.97
19/10/2022	7.65	0.75	2.94	3.01	3.16	3.06
20/10/2022	7.69	0.75	2.91	2.99	3.12	3.04
21/10/2022	8.33	0.75	2.74	2.79	2.93	2.84
22/10/2022	8.14	0.75	2.81	2.86	3.00	2.90
23/10/2022	7.58	0.75	2.75	2.80	2.90	2.86
24/10/2022	8.55	0.75	2.67	2.73	2.85	2.77
25/10/2022	7.65	0.75	2.98	3.06	3.20	3.10
26/10/2022	6.99	0.75	3.27	3.27	3.43	3.33
27/10/2022	7.59	0.75	3.02	3.07	3.23	3.12
28/10/2022	7.64	0.75	2.98	3.03	3.18	3.07
29/10/2022	7.06	0.75	3.31	3.32	3.48	3.37
30/10/2022	7.28	0.75	2.88	2.90	3.04	2.99
31/10/2022	7.01	0.75	2.94	3.03	3.20	3.12
Octubre 2022 (1 mes)	229.31	0.75	2.85	2.91	3.04	2.95

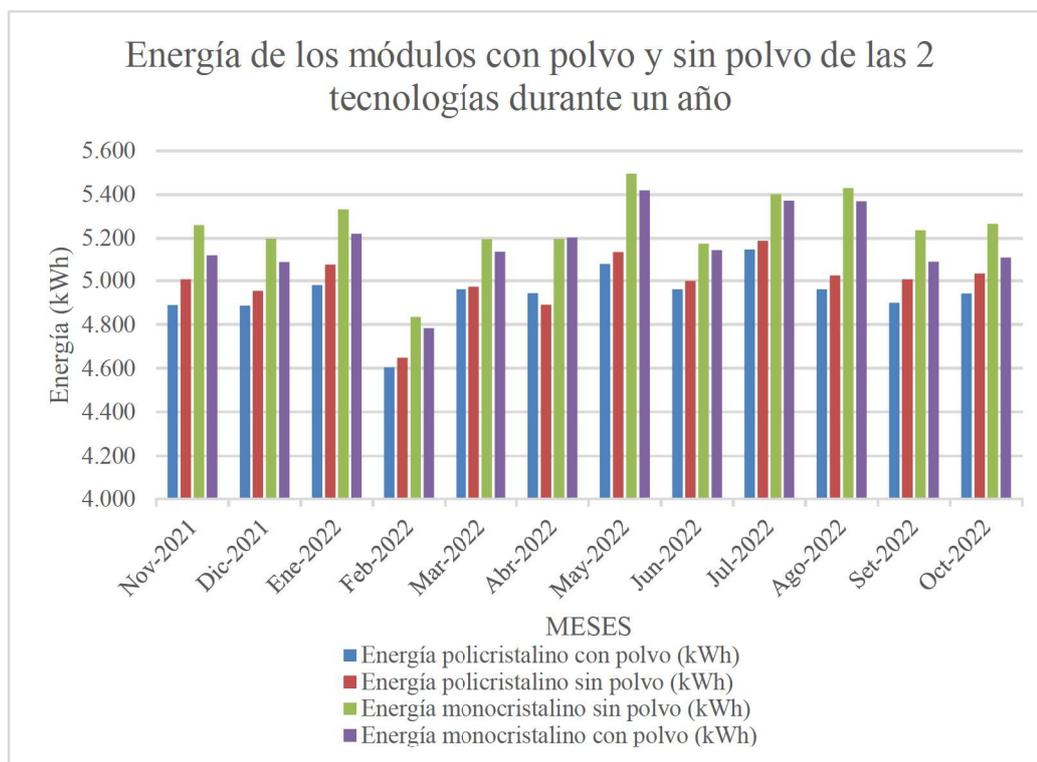
Anexo 10. Energía de los módulos con polvo y sin polvo de las 2 tecnologías durante la estación lluviosa.



Anexo 11. Energía de los módulos con polvo y sin polvo de las 2 tecnologías durante la estación seca.



Anexo 12. Energía de los módulos con polvo y sin polvo de las 2 tecnologías durante un año.



Anexo 13. Resúmenes mensuales de temperatura.

Tabla 59

Resumen de temperatura para el mes de noviembre del año 2021 – estación lluviosa.

Resumen temperatura noviembre 2021 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	14.86	16.07	14.93	14.67	9.47	-0.19	-1.14
07:30-08:30	26.94	27.71	26.67	25.82	14.06	-1.12	-1.05
08:30-09:30	38.47	38.81	37.74	36.22	18.61	-2.25	-1.07
09:30-10:30	42.96	42.59	41.56	40.12	21.78	-2.84	-1.02
10:30-11:30	44.56	44.47	43.30	41.76	23.16	-2.79	-1.17
11:30-12:30	46.85	46.17	45.10	44.12	25.51	-2.73	-1.07
12:30-13:30	42.55	41.59	40.78	40.47	25.66	-2.07	-0.82
13:30-14:30	31.48	30.98	30.36	30.41	21.75	-1.07	-0.63
14:30-15:30	23.35	23.36	22.93	23.13	18.54	-0.22	-0.43
15:30-16:30	15.94	16.68	16.08	16.16	14.45	0.22	-0.60
16:30-17:30	10.80	12.02	11.31	11.25	10.61	0.45	-0.71
PROMEDIO	30.80	30.95	30.07	29.47	18.51	-1.33	-0.88

Tabla 60

Resumen de temperatura para el mes de diciembre del año 2021 – estación lluviosa.

Resumen temperatura diciembre 2021 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	12.19	12.71	11.82	11.41	7.10	-0.78	-0.89
07:30-08:30	22.19	22.40	21.50	20.67	11.17	-1.52	-0.90
08:30-09:30	31.93	31.47	30.59	29.40	16.16	-2.54	-0.89
09:30-10:30	37.49	36.79	35.85	34.36	18.13	-3.13	-0.94
10:30-11:30	40.33	39.39	38.50	37.06	19.84	-3.28	-0.90
11:30-12:30	42.62	40.97	40.08	39.20	22.07	-3.42	-0.89
12:30-13:30	40.55	38.92	38.07	37.60	23.14	-2.96	-0.85
13:30-14:30	32.33	31.03	30.42	30.23	20.44	-2.10	-0.61
14:30-15:30	23.39	22.59	22.07	22.07	16.70	-1.32	-0.51
15:30-16:30	16.40	16.23	15.72	15.71	13.18	-0.70	-0.51
16:30-17:30	11.03	11.35	10.72	10.68	9.83	-0.35	-0.63
PROMEDIO	28.22	27.62	26.85	26.22	16.16	-2.01	-0.77

Tabla 61*Resumen de temperatura para el mes de enero del año 2022 – estación lluviosa.*

Resumen temperatura enero 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	11.13	10.19	9.51	9.21	6.06	-1.92	-0.68
07:30-08:30	20.37	19.20	18.24	17.62	9.98	-2.75	-0.97
08:30-09:30	29.99	28.39	27.38	26.34	14.22	-3.65	-1.01
09:30-10:30	36.86	34.85	33.85	32.48	17.45	-4.38	-1.00
10:30-11:30	40.10	37.76	36.82	35.54	19.43	-4.56	-0.93
11:30-12:30	48.11	44.76	43.74	42.73	23.48	-5.39	-1.02
12:30-13:30	44.81	41.54	40.53	40.03	22.78	-4.78	-1.01
13:30-14:30	36.89	33.85	33.25	33.03	21.41	-3.86	-0.60
14:30-15:30	25.72	23.21	22.82	23.04	17.22	-2.68	-0.39
15:30-16:30	19.44	17.73	17.30	17.39	14.63	-2.05	-0.43
16:30-17:30	14.06	12.88	12.36	12.31	11.48	-1.75	-0.52
PROMEDIO	29.77	27.67	26.89	26.34	16.19	-3.43	-0.78

Tabla 62*Resumen de temperatura para el mes de febrero del año 2022 – estación lluviosa.*

Resumen temperatura febrero 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	8.80	9.14	8.67	8.26	5.50	-0.53	-0.47
07:30-08:30	19.64	19.77	18.95	18.35	9.85	-1.29	-0.82
08:30-09:30	31.50	30.88	29.96	29.18	15.28	-2.32	-0.92
09:30-10:30	39.25	38.24	37.05	36.02	18.58	-3.23	-1.20
10:30-11:30	47.14	45.61	44.23	43.10	22.03	-4.05	-1.38
11:30-12:30	46.66	44.78	43.41	42.70	22.57	-3.96	-1.37
12:30-13:30	41.90	39.65	38.66	38.62	22.32	-3.28	-0.99
13:30-14:30	34.82	32.80	31.92	32.22	21.04	-2.60	-0.88
14:30-15:30	29.00	27.24	26.65	27.07	19.47	-1.93	-0.59
15:30-16:30	22.42	21.47	20.94	21.22	16.87	-1.19	-0.53
16:30-17:30	13.40	13.44	13.05	13.08	11.90	-0.32	-0.38
PROMEDIO	30.41	29.37	28.50	28.17	16.86	-2.25	-0.87

Tabla 63*Resumen de temperatura para el mes de marzo del año 2022 -estación lluviosa.*

Resumen temperatura marzo 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	9.09	8.80	8.41	8.11	3.24	-0.98	-0.39
07:30-08:30	21.10	20.38	19.51	19.39	7.83	-1.71	-0.87
08:30-09:30	32.47	31.69	30.35	29.88	11.95	-2.59	-1.34
09:30-10:30	40.38	39.16	37.50	37.05	15.58	-3.33	-1.66
10:30-11:30	47.80	45.95	43.97	43.77	20.97	-4.03	-1.98
11:30-12:30	51.36	48.44	46.63	47.18	24.81	-4.18	-1.81
12:30-13:30	49.01	45.45	43.80	44.89	26.03	-4.11	-1.65
13:30-14:30	42.45	39.22	38.00	38.98	24.70	-3.48	-1.22
14:30-15:30	31.47	28.99	28.14	29.12	20.85	-2.35	-0.85
15:30-16:30	22.07	20.67	20.07	20.64	17.01	-1.43	-0.60
16:30-17:30	12.81	12.48	12.12	12.17	11.83	-0.63	-0.36
PROMEDIO	32.73	31.02	29.86	30.11	16.80	-2.62	-1.16

Tabla 64*Resumen de temperatura para el mes de abril del año 2022 – estación lluviosa.*

Resumen temperatura abril 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	9.30	8.14	7.86	7.58	3.75	-1.72	-0.27
07:30-08:30	27.21	25.82	24.54	24.27	10.35	-2.94	-1.28
08:30-09:30	39.30	38.05	36.29	35.66	15.25	-3.64	-1.76
09:30-10:30	50.28	48.66	46.54	45.90	20.70	-4.38	-2.12
10:30-11:30	55.34	52.82	50.73	50.60	24.37	-4.73	-2.10
11:30-12:30	55.90	52.64	50.86	51.30	26.26	-4.60	-1.79
12:30-13:30	50.99	47.52	46.10	46.89	26.07	-4.10	-1.42
13:30-14:30	44.34	41.06	39.97	40.71	25.50	-3.64	-1.09
14:30-15:30	34.17	31.40	30.57	31.21	22.68	-2.96	-0.82
15:30-16:30	22.85	20.89	20.35	20.70	18.30	-2.15	-0.53
16:30-17:30	12.85	11.89	11.65	11.52	12.02	-1.34	-0.23
PROMEDIO	36.59	34.44	33.22	33.30	18.66	-3.29	-1.22

Tabla 65*Resumen de temperatura para el mes de mayo del año 2022 - estación seca.*

Resumen temperatura mayo 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	4.82	5.32	4.61	4.43	0.19	-0.39	-0.70
07:30-08:30	22.92	23.12	21.31	21.07	8.44	-1.85	-1.82
08:30-09:30	35.89	35.88	33.67	33.21	13.81	-2.67	-2.21
09:30-10:30	44.85	44.38	42.03	41.42	18.61	-3.44	-2.36
10:30-11:30	49.31	48.33	46.11	45.67	21.53	-3.64	-2.22
11:30-12:30	50.45	49.13	46.95	46.84	23.24	-3.62	-2.18
12:30-13:30	47.03	45.40	43.58	43.97	24.06	-3.06	-1.82
13:30-14:30	42.13	40.35	38.63	39.16	24.89	-2.97	-1.72
14:30-15:30	32.66	31.47	30.03	30.37	22.34	-2.29	-1.44
15:30-16:30	20.78	20.24	19.27	19.48	17.84	-1.30	-0.97
16:30-17:30	10.36	10.71	10.31	10.15	10.83	-0.21	-0.40
PROMEDIO	32.84	32.21	30.59	30.52	16.89	-2.31	-1.62

Tabla 66*Resumen temperatura para el mes de junio del año 2022 – estación seca.*

Resumen temperatura junio 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	1.76	1.83	0.87	0.68	-2.58	-1.08	-0.96
07:30-08:30	18.69	18.23	16.17	15.90	5.36	-2.79	-2.06
08:30-09:30	32.65	32.31	29.67	28.88	10.79	-3.77	-2.64
09:30-10:30	41.21	40.34	37.71	36.79	15.76	-4.43	-2.63
10:30-11:30	45.10	43.83	41.38	40.52	18.54	-4.58	-2.46
11:30-12:30	44.91	43.19	40.81	40.27	20.24	-4.65	-2.37
12:30-13:30	42.81	40.90	38.70	38.60	21.40	-4.21	-2.20
13:30-14:30	37.28	35.26	33.32	33.49	21.46	-3.79	-1.94
14:30-15:30	29.71	28.28	26.57	26.60	19.56	-3.11	-1.71
15:30-16:30	19.18	18.50	17.27	17.18	16.00	-2.00	-1.22
16:30-17:30	9.53	9.47	8.88	8.70	9.77	-0.84	-0.59
PROMEDIO	29.35	28.38	26.49	26.15	14.21	-3.20	-1.89

Tabla 67*Resumen de temperatura para el mes de julio del año 2022 – estación seca.*

Resumen temperatura julio 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	1.47	1.54	0.78	0.56	-2.42	-0.91	-0.76
07:30-08:30	19.87	19.24	18.01	17.53	6.22	-2.34	-1.23
08:30-09:30	33.56	32.63	31.29	30.38	12.02	-3.17	-1.34
09:30-10:30	44.01	42.40	41.13	40.00	17.45	-4.01	-1.26
10:30-11:30	49.36	47.00	45.96	45.03	21.19	-4.33	-1.04
11:30-12:30	50.11	46.93	46.14	45.74	23.54	-4.37	-0.79
12:30-13:30	47.67	43.90	43.10	43.45	25.34	-4.23	-0.80
13:30-14:30	42.54	39.30	38.51	38.73	25.14	-3.81	-0.79
14:30-15:30	33.42	30.77	30.00	30.30	23.00	-3.12	-0.77
15:30-16:30	21.59	20.19	19.46	19.56	17.98	-2.03	-0.73
16:30-17:30	11.17	11.09	10.44	10.26	11.39	-0.91	-0.65
PROMEDIO	32.25	30.45	29.53	29.23	16.44	-3.02	-0.92

Tabla 68*Resumen temperatura para el mes de agosto del año 2022 – estación seca.*

Resumen temperatura agosto 2022 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	4.71	4.79	4.26	4.09	0.16	-0.62	-0.54
07:30-08:30	22.87	22.23	21.30	20.97	8.13	-1.89	-0.93
08:30-09:30	37.29	35.92	34.76	34.09	14.25	-3.20	-1.16
09:30-10:30	45.80	43.60	42.60	41.80	18.52	-4.00	-1.00
10:30-11:30	49.39	46.51	45.90	45.38	21.67	-4.01	-0.61
11:30-12:30	48.04	44.78	44.38	44.32	22.42	-3.72	-0.40
12:30-13:30	45.18	41.48	41.27	41.76	23.30	-3.42	-0.21
13:30-14:30	41.02	37.37	37.24	37.86	24.06	-3.16	-0.13
14:30-15:30	31.94	29.39	29.08	29.50	21.07	-2.45	-0.31
15:30-16:30	21.98	20.65	20.21	20.29	16.90	-1.69	-0.45
16:30-17:30	12.94	12.84	12.28	12.06	11.62	-0.88	-0.56
PROMEDIO	32.83	30.87	30.30	30.19	16.55	-2.64	-0.57

Tabla 69*Resumen de temperatura para el mes de setiembre del año 2022 – estación seca.*

Resumen temperatura setiembre 2021 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	10.53	11.83	10.99	10.73	5.43	0.21	-0.85
07:30-08:30	26.78	27.72	26.82	25.85	11.85	-0.93	-0.90
08:30-09:30	38.42	38.88	38.05	36.35	16.62	-2.07	-0.82
09:30-10:30	45.48	45.51	44.80	42.85	20.22	-2.63	-0.70
10:30-11:30	46.33	47.05	46.59	44.80	21.99	-1.53	-0.46
11:30-12:30	46.94	46.97	46.73	45.68	24.07	-1.25	-0.24
12:30-13:30	43.10	42.03	41.83	41.32	23.86	-1.78	-0.20
13:30-14:30	37.33	36.12	36.13	36.12	23.39	-1.21	0.01
14:30-15:30	26.45	26.20	25.98	26.15	19.34	-0.30	-0.21
15:30-16:30	18.26	18.87	18.42	18.43	15.74	0.18	-0.45
16:30-17:30	10.60	11.86	11.00	11.01	10.81	0.42	-0.86
PROMEDIO	31.836	32.09	31.58	30.844	17.57	-0.99	-0.52

Tabla 70*Resumen de temperatura para el mes de octubre del año 2022 – estación seca.*

Resumen temperatura octubre 2021 (°C)							
Tiempo	Poli sin polvo	Mono sin polvo	Mono con polvo	Poli con polvo	Ambiente	Dif. (poli)	Dif. (mono)
06:30-07:30	14.40	15.85	14.41	14.10	8.01	-0.30	-1.44
07:30-08:30	29.61	30.75	29.74	28.46	13.46	-1.15	-1.00
08:30-09:30	42.45	43.11	41.91	39.93	18.65	-2.52	-1.20
09:30-10:30	49.01	48.91	47.83	45.76	22.88	-3.24	-1.08
10:30-11:30	52.24	51.91	50.83	48.94	25.13	-3.30	-1.09
11:30-12:30	49.98	49.40	48.66	47.44	25.81	-2.54	-0.74
12:30-13:30	48.10	47.26	46.34	45.68	27.08	-2.42	-0.91
13:30-14:30	39.03	38.39	37.91	37.62	24.98	-1.42	-0.48
14:30-15:30	27.24	27.26	26.83	26.92	21.00	-0.32	-0.43
15:30-16:30	17.23	17.96	17.30	17.49	15.88	0.26	-0.66
16:30-17:30	11.28	12.65	11.85	11.79	11.76	0.51	-0.80
PROMEDIO	34.60	34.86	33.97	33.10	19.51	-1.49	-0.90



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
"Universidad Pública de Calidad"