

**UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA**

Facultad de Ingeniería y Gestión



**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD TÉCNICO Y ECONÓMICA  
PARA LA INSTALACIÓN DE UN PARQUE SOLAR EN UNA ZONA  
RURAL DEL DISTRITO LA JOYA - AREQUIPA**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Industrial

Presenta los Bachilleres

**BARRY GABRIEL BUTRÓN ZUÑIGA  
KAREN CYNTHIA CÁCERES GALLEGOS**

**Presidente: Gustavo Adolfo Montoya Cárdenas**

**Asesor: Julio Lorenzo Torres Cortez**

**Lector: Carlos Binasco Pérez**

**Lima-Perú**

**Octubre de 2024**



**UARM**

Universidad  
Antonio Ruiz  
de Montoya

Anexo N.º 3 - Reglamento General de Grados y Títulos de Pregrado y Posgrado  
Aprobado por Resolución Rectoral N° 150-2023-UARM-R

## INFORME DE ORIGINALIDAD

Sres.

**CONSEJEROS**

Pte.

De nuestra consideración:

Por la presente nos dirigimos a Ustedes para saludarlos e informar al Consejo Universitario sobre el producto académico elaborado por Karen Cynthia Cáceres Gallegos y Barry Gabriel Butrón Zuñiga quienes solicitan la obtención de su título profesional a través de la sustentación de una tesis.

El producto académico elaborado tiene como título **“ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD TÉCNICO Y ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UN PARQUE SOLAR EN UNA ZONA RURAL DEL DISTRITO LA JOYA - AREQUIPA”**.

Por tanto, en nuestra condición de Asesor de producto académico y de integrante de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Gestión respectivamente, declaramos que el producto académico Karen Cynthia Cáceres Gallegos y Barry Gabriel Butrón Zuñiga, ha sido examinado con el programa antiplagio *Turnitin* para identificar su nivel de coincidencias.

El resultado que arroja el programa es de 14% de similitud, el cual proviene de fuentes de información que han sido debidamente citadas o reconocidas utilizando las normas del sistema APA.

Sin otro particular, quedo de ustedes.

Firmado en Lima, el 10 de diciembre del 2025

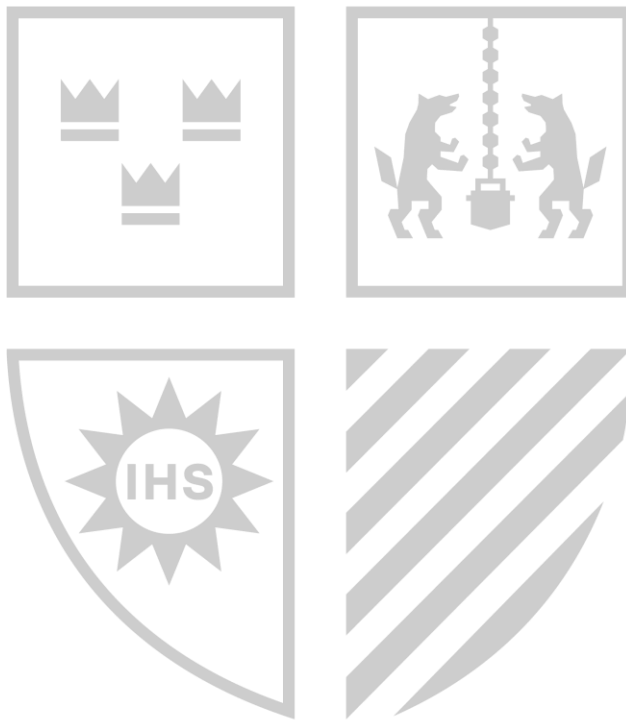
Julio Lorenzo Torres Cortez  
Asesor

Bernardo Leonardo Meza Guzmán  
Presidente  
Comisión de Grados y Títulos  
Facultad de Ingeniería y Gestión

\* Conforme a lo establecido en el documento de identidad

## EPÍGRAFE

"La mejora continua es un proceso que nunca se detiene. La forma más segura de crecer es seguir innovando y adaptándose a las nuevas circunstancias."



*Kaoru Ishikawa*

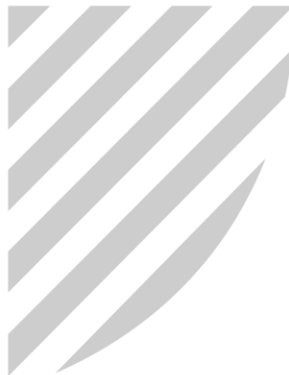
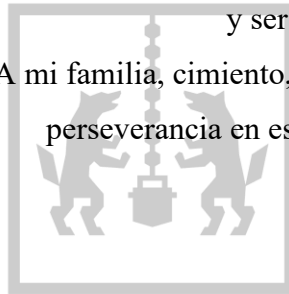
## DEDICATORIA

A Theo y Nerby, por iluminar mi vida

y ser fuente de inspiración.

A mi familia, cimiento, motivación, aliento y

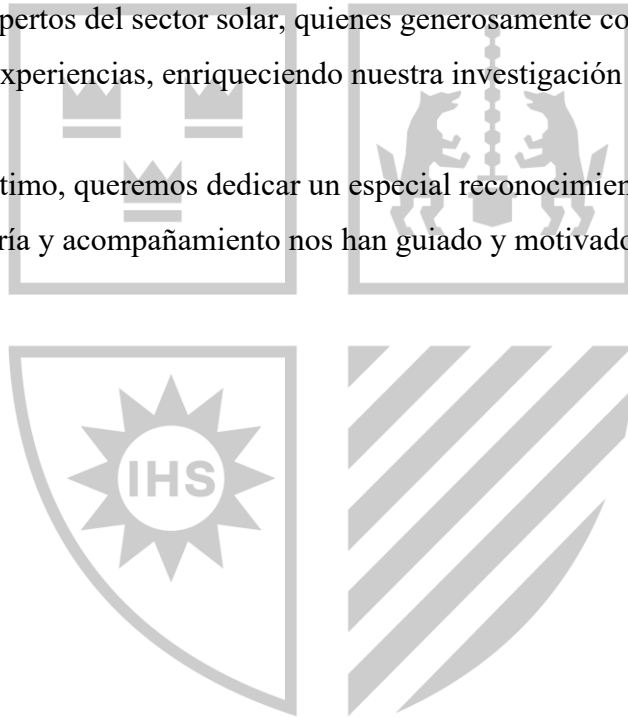
perseverancia en este camino profesional



## AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental a lo largo de este proceso. Agradecemos también a los entrevistados y expertos del sector solar, quienes generosamente compartieron su tiempo, conocimientos y experiencias, enriqueciendo nuestra investigación de manera invaluable.

Por último, queremos dedicar un especial reconocimiento al Mg. Julio Torres Cortés, cuya asesoría y acompañamiento nos han guiado y motivado en cada etapa de este trabajo.



## RESUMEN

La investigación se propuso como objetivo principal elaborar un estudio de prefactibilidad técnico y económico para la instalación de un parque solar en una zona rural de del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa. La metodología se basa en un enfoque descriptivo, desde una perspectiva cuantitativa, utilizando la medición numérica de datos y el análisis estadístico para comprender aspectos técnicos, como la eficiencia de las tecnologías solares y los costos asociados. Además, es de diseño no experimental. El proyecto prospecta una demanda de 6.77 Gwh para el año 2030. En el ámbito técnico, la localización del proyecto se beneficia de una significativa irradiación solar, alcanzando 2147.14 kWh/m<sup>2</sup>, con un potencial de explotación eficiente de la energía solar en una superficie de 30,000 m<sup>2</sup>. Se opta por tecnologías como el módulo fotovoltaico monocristalino de tipo N-TYPE i-TOPCon bifacial de doble vidrio que ofrece una capacidad máxima de 550 W, el inversor solar Solis-(185-255) K-EHV-5G-US, el transformador Prolec GE de capacidad nominal de 1000 MVA en configuración trifásica, y con una estructura de soporte biposte diseñada para uso en campo abierto y adaptable a las condiciones de la ubicación estudiada. Desde el análisis económico, el proyecto exhibe rentabilidad positiva, con un VAN económico de S/ 4,655,435.53, TIR del 30%, y una relación beneficio-costo de 1.56, basándose en una inversión inicial de S/ 8,163,260.18. En el ámbito ambiental, se concluye que el proyecto no generará impactos severos, siendo los efectos mayormente irrelevantes y moderados, susceptibles de mitigación a lo largo del tiempo.

**Palabras clave:** prefactibilidad, parque solar, zona rural

## ABSTRACT

The main objective of the research was to prepare a technical and economic pre-feasibility study for the installation of a solar park in a rural area of the La Joya district in the city of Arequipa. The methodology is based on a descriptive approach, from a quantitative perspective, using numerical data measurement and statistical analysis to understand technical aspects, such as the efficiency of solar technologies and associated costs. It is also non-experimental in design. The project foresees a demand of 6.77 Gwh by 2030. On the technical side, the project location benefits from significant solar irradiation, reaching 2147.14 kWh/m<sup>2</sup>, with a potential for efficient exploitation of solar energy on an area of 30,000 m<sup>2</sup>. The choice is made for technologies such as the N-TYPE i-TOPCon bifacial double-glass monocrystalline photovoltaic module offering a maximum capacity of 550 W, the Solis-(185-255)K-EHV-5G-US solar inverter, the Prolec GE transformer with a nominal capacity of 1000 MVA in three-phase configuration, and with a bi-post support structure designed for use in open fields and adaptable to the conditions of the studied location. From the economic analysis, the project exhibits positive profitability, with an economic NPV of S/ 4,655,435.53, IRR of 30%, and a benefit-cost ratio of 1.56, based on an initial investment of S/ 8,163,260.18. In the environmental field, it is concluded that the project will not generate severe impacts, the effects being mostly irrelevant and moderate, susceptible to mitigation over time.

**Key words:** pre-feasibility, solar farm, rural area

## TABLA DE CONTENIDO

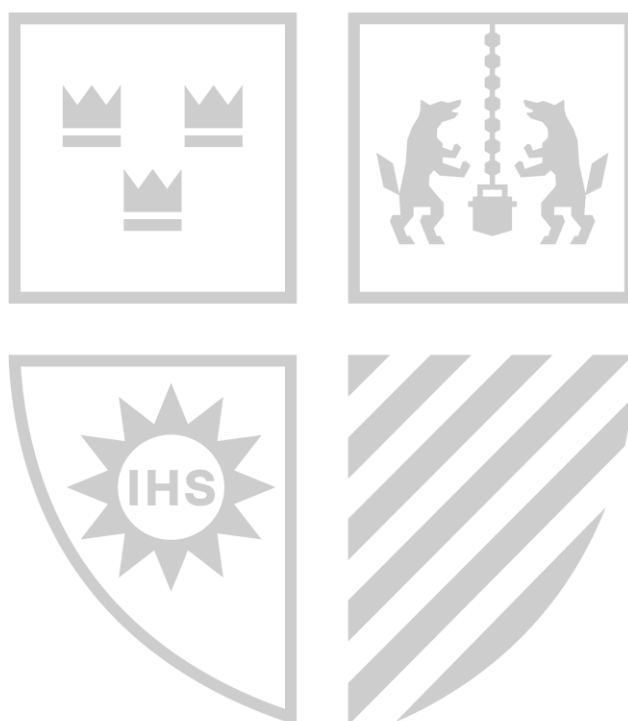
INTRODUCCIÓN .....	15
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.1. Planteamiento del Problema .....	16
1.2. Problema de investigación .....	17
1.3. Objetivos .....	18
1.4. Justificación del proyecto .....	18
1.5. Alcance de la investigación .....	20
1.6. Viabilidad del estudio .....	20
CAPÍTULO II. BASES TEÓRICAS .....	21
2.1. Estado del arte .....	21
2.2. Marco teórico .....	24
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO .....	33
3.1. Tipo de investigación .....	33
3.2. Diseño de investigación .....	33
3.3. Población y Muestra .....	34
3.4. Recolección de datos .....	34
3.5. Procesamiento y análisis de datos .....	35
3.6. Entrevistas .....	36
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....	38
4.1. Población .....	38
4.2. Consumo eléctrico .....	38
4.3. Precio medio de electricidad .....	40
4.4. Proyección de la demanda .....	41
CAPÍTULO V. ESTUDIO TÉCNICO .....	46
5.1. Localización .....	46

5.2. Análisis del recurso Solar .....	48
5.3. DOP del servicio .....	52
5.4. Tamaño del parque solar .....	53
5.5. Diseño del parque solar .....	54
5.6. Obra de ingeniería .....	60
5.7. Mantenimiento del parque solar .....	66
<b>CAPÍTULO VI. ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>68</b>
6.1. Inversión inicial .....	68
6.2. Costos .....	70
6.3. Financiamiento .....	71
6.4. Depreciación .....	73
6.5. Ingresos .....	73
6.6. Estado de pérdidas y ganancias .....	74
6.7. Flujo de caja .....	75
6.8. Evaluación económica .....	76
6.9. Evaluación financiera .....	78
<b>CAPÍTULO VII. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>81</b>
7.1. Caracterización del ambiente .....	81
7.2. Evaluación de impactos .....	82
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

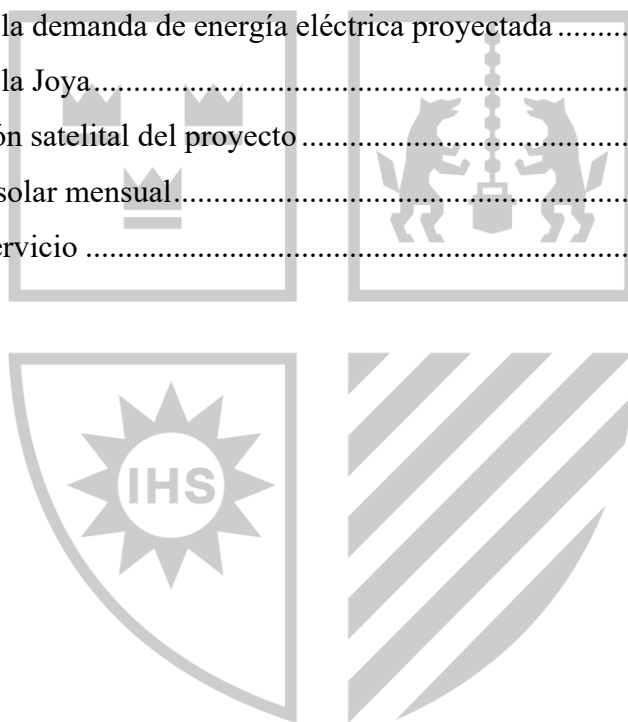
Tabla 1. Operacionalización de la Variables .....	34
Tabla 2. Técnicas e instrumentos.....	35
Tabla 3. Consumo eléctrico de la zona rural del distrito de la Joya .....	39
Tabla 4. Demanda de energía eléctrica proyectada .....	42
Tabla 5. Estimación de irradiación solar kWh/ m <sup>2</sup> .....	49
Tabla 6. Producción de energía mensual por panel fotovoltaico.....	51
Tabla 7. Método Guerchet .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 8. Módulo fotovoltaico .....	55
Tabla 9. Inversor .....	56
Tabla 10. Transformador de potencia .....	58
Tabla 11. Estructura de soporte .....	59
Tabla 12. Proceso de obra.....	61
Tabla 13. Instalación de los equipos fotovoltaicos.....	63
Tabla 14. Activos tangibles .....	69
Tabla 15. Inversión en Intangibles.....	69
Tabla 16. Inversión en Capital de trabajo .....	70
Tabla 17. Costos fijos de operación y mantenimiento (S/.).....	71
Tabla 18. Costos fijos de personal (S/.).....	71
Tabla 19. Estructura financiera del Proyecto.....	72
Tabla 20. Financiamiento .....	72
Tabla 21. Depreciación de activos en un periodo de 5 años.....	73
Tabla 22. Ingresos proyectados (kg).....	74
Tabla 23. Estado de resultados .....	74
Tabla 24. Flujos de caja .....	75
Tabla 25. Evaluación económica .....	77

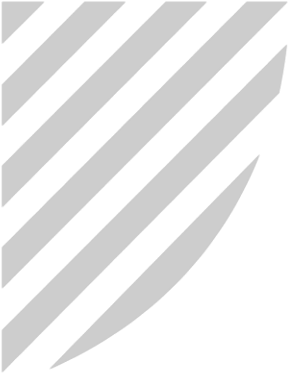
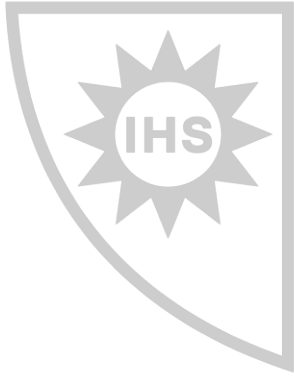
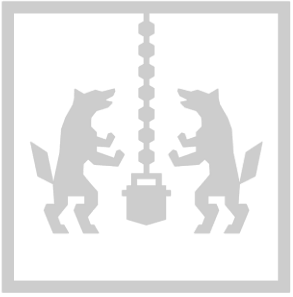
Tabla 26. Evaluación financiera .....	79
Tabla 27. Factores de importancia.....	83
Tabla 28. Nivel de importancia de impacto ambiental .....	83
Tabla 29. Matriz de Identificación de Impactos .....	84
Tabla 30. Impactos Ambientales identificados.....	86
Tabla 31. Matriz de Importancia de Impactos Ambientales.....	86



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parque solar .....	30
Figura 2. Gráfico del consumo eléctrico histórico de la zona rural de la Joya .....	40
Figura 3. Gráfico referencial del consumo eléctrico histórico de la zona rural de la Joya...41	41
Figura 4. Gráfico de la demanda de energía eléctrica proyectada .....	43
Figura 5. Distrito de la Joya.....	46
Figura 6. Localización satelital del proyecto .....	47
Figura 7. Radiación solar mensual.....	50
Figura 8. DOP del servicio .....	53





## INTRODUCCIÓN

La energía desempeña un papel fundamental en los procesos de producción y hay diversas formas de adquirirla. Su presencia es esencial para llevar a cabo las actividades diarias necesarias. Sin embargo, su elevado costo y su constante aumento representan un desafío tanto para las empresas como para el medio ambiente (Rivera, 2020). A medida que la población mundial crece y las personas aspiran a un mayor nivel de vida, la demanda de energía para mantener nuestra sociedad se incrementa constantemente. Al mismo tiempo Siverio et al. (2021) resaltan que, las fuentes no renovables, especialmente los combustibles líquidos, se agotan rápidamente, por lo que, se llega a un consenso general que indica que para prevenir una crisis energética es necesario limitar la cantidad de energía requerida para sostener la sociedad y dar prioridad al uso de fuentes de energía renovable en la medida de lo posible.

En consecuencia, el uso de recursos naturales para generar energía limpia se vuelve atractivo, ya que puede reducir el impacto negativo en el medio ambiente y al mismo tiempo contribuir a la disminución de los costos elevados (Rivera, 2020). Como alternativa se plantea un estudio de pre-factibilidad técnica y económica para la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en Arequipa que podría tener un impacto positivo en la comunidad local, en la economía y en la sostenibilidad ambiental de la región.

# CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Planteamiento del Problema

La presente investigación tiene como propósito desarrollar un estudio de prefactibilidad técnica y económica para la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa. En referencia a los antecedentes a este estudio se tiene a Murillo y Acosta (2019), quienes evaluaron el ahorro potencial al instalar paneles solares para contrarrestar el aumento en las tarifas de energía eléctrica impuestas trimestralmente. Utilizando para ello el software PVsyst 7.2.8, que determinó el tamaño adecuado de la instalación solar. Los resultados indicaron una tasa interna de retorno del 22.64%, que superaba el costo de financiamiento del proyecto. Sin embargo, debido a la falta de regulaciones para vender el excedente de energía, la instalación solo podría cubrir el 37.37% del consumo durante las horas pico de sol. Así mismo, Ortiz (2020), realizó un análisis técnico-financiero del parque solar de la Escuela Agrícola Panamericana en Zamorano entre junio de 2019 y mayo de 2020. Los resultados mostraron un coeficiente de rendimiento (PR) del 66.29%, una disminución del 7.9% respecto al primer año debido a problemas con inversores. La cobertura energética fue del 22.8%, afectada por un aumento en la demanda y una reducción en la generación de energía. Sin embargo, desde el punto de vista financiero, el parque solar contribuyó positivamente a la inversión inicial con un ROE del 13.7%.

De igual forma, se encuentran Gonzáles y Díaz (2019), quienes evaluaron la viabilidad técnica y financiera de instalar un sistema de energía solar fotovoltaica conectado a la red en la Granja Avícola Yojoa, debido a que el costo de la electricidad estaba aumentando constantemente, lo que afectaba los costos de producción, reduciendo el control de la empresa sobre los mismos. Para llevar a cabo este análisis, consideraron la demanda

histórica de energía en la granja, la disponibilidad de luz solar, las especificaciones técnicas del sistema y sus costos actuales. Los resultados demostraron que era factible implementar un sistema de energía solar fotovoltaica dado el clima de la zona y las necesidades técnicas específicas del lugar. Además, determinaron que la TIR superaba la tasa de costo de capital.

Por otro lado, Chacón (2017) señala que la competitividad del sector de energía renovable se ve potenciado por la dinámica de las políticas ambientales y la disminución de los costos de producción. Específicamente, el aprovechamiento de la energía solar ha experimentado un aumento debido a la facilidad de instalación, la disponibilidad del recurso y los costos competitivos (Kumar y Kumar, 2017). Así mismo Sawin et al. (2016) mencionan que el principal beneficio de la generación de energía renovable es la reducción de las emisiones de carbono, junto con la implementación de medidas de eficiencia energética. Se estima que el ahorro de emisiones podría oscilar entre 220 y 560 Gt de CO<sub>2</sub> entre 2010 y 2050, relacionado con la producción de energía renovable. La combinación de todos estos factores impulsa el desarrollo de proyectos de este tipo al facilitar el acceso a fondos para su financiamiento.

En relación con los estudios anteriormente mencionados, la problemática central radica en los desafíos asociados al costo elevado de la energía eléctrica, el aumento constante de las tarifas energéticas, la dependencia de fuentes no renovables y la necesidad de encontrar soluciones sostenibles y rentables. En general, estos estudios exploran cómo la energía solar puede ser una alternativa efectiva para reducir costos, mejorar la sostenibilidad y generar beneficios económicos en diversos entornos.

## **1.2. Problema de investigación**

¿Es factible desde una perspectiva técnica y económica, la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024?

### 1.3. Objetivos

#### *1.3.1. Objetivo general*

Elaborar un estudio de prefactibilidad técnico y económico para la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.

#### *1.3.2. Objetivos específicos*

- Analizar la demanda eléctrica a través del consumo registrado por la población durante **los últimos cuatro años** en la zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.
- Desarrollar un estudio técnico para llevar a cabo la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.
- Determinar mediante un estudio económico la rentabilidad de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.
- Evaluar el impacto ambiental de la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.

### 1.4. Justificación del proyecto

#### *1.4.1. Justificación práctica*

La instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya, 2024 representa una necesidad práctica fundamental. Esto se debe a que la construcción de infraestructuras solares puede diversificar significativamente la matriz energética de la región, proporcionando un suministro eléctrico fiable y sostenible. Esto, a su vez, reduciría la vulnerabilidad a los cortes de energía y fortalecería la resiliencia de las comunidades rurales ante posibles interrupciones en el suministro de energía convencional.

#### ***1.4.2. Justificación económica***

Desde una perspectiva económica, la implementación del parque solar podría generar empleo local tanto durante la fase de construcción como en la operación, lo que se traduciría en beneficios económicos para la comunidad rural y el distrito de La Joya en su conjunto. La energía solar aporta estabilidad a los costos a largo plazo, ya que la radiación solar constituye una fuente gratuita e inagotable. Además, al reducir los costos asociados con la generación de energía, la empresa responsable puede lograr ahorros sostenibles a largo plazo, dado que los costos de mantenimiento y operativos son considerablemente más bajos en comparación con las fuentes de energía convencionales.

#### ***1.4.3. Justificación social***

Desde una perspectiva social, el estudio puede tener un impacto profundo en la calidad de vida de los residentes locales. Al proporcionar acceso a una fuente de energía confiable y asequible, se pueden mejorar los servicios esenciales como atención médica, educación y comunicaciones. Esto, a su vez, puede ayudar a reducir la migración hacia las ciudades, ya que se crean oportunidades económicas en las áreas rurales, fortaleciendo las comunidades locales y fomentando un mayor arraigo de la población en sus lugares de origen.

#### ***1.4.4. Justificación ambiental***

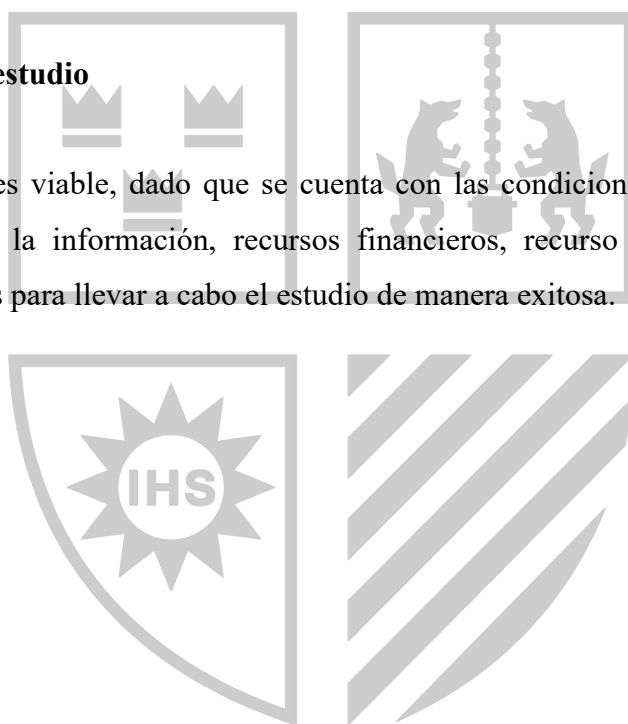
Desde una perspectiva ambiental, representa un paso importante hacia la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono de la región. Al aprovechar una fuente de energía renovable y abundante como la radiación solar, se reduce la dependencia de combustibles fósiles y, por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto contribuiría de manera significativa a los esfuerzos locales y globales para combatir el cambio climático y promover la conservación del medio ambiente en Arequipa y sus áreas rurales circundantes.

### **1.5. Alcance de la investigación**

El alcance de este estudio de prefactibilidad técnica, económica y ambiental, destinado a la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024, abarca cuatro aspectos clave: análisis de la demanda energética, un análisis técnico, una valoración de los impactos ambientales y, por último, un estudio económico.

### **1.6. Viabilidad del estudio**

El estudio es viable, dado que se cuenta con las condiciones óptimas, el tiempo necesario, acceso a la información, recursos financieros, recurso humano y todos los materiales esenciales para llevar a cabo el estudio de manera exitosa.



## CAPÍTULO II. BASES TEÓRICAS

### 2.1. Estado del arte

#### 2.1.1. Internacional

Rivera (2020), se enfocó en analizar la viabilidad de instalar paneles solares en las instalaciones de Coats Honduras S.A. y determinar cuánto ahorro representa para la empresa la generación de su propia energía renovable. Para evaluar la viabilidad del proyecto aplicó teorías relacionadas con el fin de verificar si el proyecto cumple con los requisitos técnicos y económicos necesarios para ser rentable. La metodología utilizada fue un enfoque mixto, no experimental y de alcance descriptivo, que incluyó entrevistas con expertos en generación de energía solar. La hipótesis planteada sugería que la instalación de paneles solares fotovoltaicos generaría un VPN positivo. Los cálculos de los indicadores financieros arrojaron un VPN de L.16,440,263.39 y una TIR del 31.23%, lo que superó el costo de capital del financiamiento. En consecuencia, se concluyó que el proyecto era rentable.

Lorenzana y Serrano (2022), evaluaron la viabilidad económica y energética de una instalación solar fotovoltaica en Quintana de Raneros. Consideraron dos opciones: paneles solares en estructuras fijas y paneles en seguidores solares de dos ejes. Aunque los seguidores solares generaban más energía anualmente debido al seguimiento solar, su costo era un 38% más alto que las estructuras fijas. Además, las parcelas disponibles se adaptaban mejor a las estructuras fijas. Aunque ambas opciones tenían un Valor Actual Neto (VAN) similar, las estructuras fijas tenían un tiempo de recuperación de inversión más corto, lo que resultaba en una rentabilidad considerablemente mayor en comparación con los seguidores solares.

Verdugo (2022), analizó la viabilidad técnica y económica de instalar una planta fotovoltaica en OXIQUM S.A. Planta Coronel, que tiene una demanda energética anual promedio de 14,67 GWh/año. Estimó que la planta fotovoltaica puede satisfacer aproximadamente el 13% de esta demanda, y debido a su acuerdo de cliente libre, no puede verter excedentes de energía a la red. La opción de respaldo con baterías se descarta. Actualmente, la empresa se abastece de energía mediante dos empalmes que alimentan siete subestaciones eléctricas. Se propone una planta fotovoltaica de 1.000 kWp en el empalme Rol 1 SU-1250 con un margen operativo del 20%, y otra de 440 kWp en el empalme Rol 2 SU-500 con un margen del 12%. El potencial de generación solar estimado para estas plantas es de 1.516 MWh/año y 648 MWh/año, respectivamente, con pérdidas mínimas. Los costos de inversión ascienden a \$960.149.684 pesos con una vida útil de 25 años. El Valor Actual Neto (VAN) incremental del proyecto sin endeudamiento es de \$3.088.308.386 pesos. Con deuda al 10% y al 50%, los beneficios son de \$1.124.242.296 y \$1.123.575.905 pesos, respectivamente. Además, se evalúa un escenario de financiamiento ESCO, y se concluye que el proyecto es factible técnica y económicamente en todos los escenarios analizados.

Pupo y Díaz (2021), examinaron la viabilidad de un parque solar fotovoltaico de 4.4 MW, lo cual resultaría en ahorros significativos en términos de costos, combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Exploraron especialmente la perspectiva futura de la energía solar fotovoltaica en Cuba, centrándose en el sistema de seguimiento solar. Los resultados preliminares demostraron que mediante estos sistemas se puede reemplazar un promedio de más de 20.651,2 toneladas de combustibles fósiles a lo largo de la vida útil del proyecto, lo que implica dejar de emitir al medio ambiente aproximadamente 2.410 toneladas de CO<sub>2</sub> en promedio. Concluyeron que este enfoque no solo contribuye a reducir los costos de producción, sino que también tiene un impacto positivo en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

León-Martínez et al. (2021) realizaron un estudio del comportamiento del consumo de electricidad en el CEMA, por considerarse un alto consumidor. Determinaron que, para satisfacer la demanda energética, el parque solar fotovoltaico debía contar con 323 paneles solares, un sistema de acumulación compuesto por 47 baterías monoblock, dos reguladores

de corriente (corriente de entrada de 2054,28 A y 1135,09 A de salida), así como un inversor de 1000 kWh. Realizaron un análisis del impacto económico y medioambiental de la instalación propuesta, que demostró que permitirá un ahorro de energía eléctrica no inferior a 29.421,72 kWh al año. Determinaron que, debido a la energía no consumida, dejarían de emitirse a la atmósfera al menos 33,24 t de CO<sub>2</sub> al año. Asimismo, concluyeron que, se dejarían de consumir al menos 7,7 t de combustible fósil en el mismo periodo, lo que supone un ahorro total de al menos 57.368,23 CUP, por energía no consumida anualmente.

### ***2.1.2. Nacional***

Figuera et al. (2018), tuvieron como objetivo demostrar con certeza la factibilidad de una planta solar fotovoltaica dentro de un sector en crecimiento respaldado tanto por el Estado Peruano como por una tendencia global centrada en la conservación del medio ambiente y la óptima utilización de recursos renovables. Las políticas estatales apuntan a transformar la matriz energética a largo plazo, posicionándose como principales impulsores de inversiones en energías renovables. Con una inversión estimada de aproximadamente 5 millones de dólares, el proyecto presenta un TIRF del 353.11%, lo que lo convierte en una atracción significativa para los inversionistas, a pesar de considerar solo un 5% de la inversión en nuestro caso. Desde una perspectiva económica, los cálculos revelan una TIR del 20.69%, con un rendimiento superior al 14% en comparación con el Wacc del 6.54%. Los marcos regulatorios actuales continúan mejorando, favoreciendo el uso de energías renovables y buscando la eficiencia en subastas, el único medio probado hasta ahora para regular la competencia entre los principales inversionistas.

Pérez (2019), evaluó y justificó la factibilidad técnica, económica y social de la instalación de un sistema fotovoltaico aislado para dotar del servicio eléctrico a los pobladores de una localidad del Cusco. Tras analizar la cifra tarifaria final, menciona que la implementación de un sistema fotovoltaico en localidades rurales con acceso remoto y recursos económicos limitados es económicamente viable. Esta alternativa no solo se ajusta a la demanda energética mensual de familias locales, como se evidencia en el uso de módulos fotovoltaicos BT8 y la aplicación de la subvención tarifaria del FOSE, sino que también tiene

un impacto positivo en el desarrollo social de la comunidad. La instalación del sistema fotovoltaico para consumo eléctrico domiciliario no solo proporciona electricidad, sino que también impulsa diversas oportunidades sociales, como el acceso a servicios básicos, educación, promoción de la Ciencia y Tecnología, salud, mitigación de la contaminación del aire, inclusión social y empoderamiento de la mujer. Estos aspectos, en conjunto, contribuyen al aumento progresivo del Índice de Desarrollo Humano en la localidad rural considerada.

Barrena et al. (2021) evaluaron la viabilidad de implementar un sistema fotovoltaico. Para llevar a cabo esta evaluación, eligieron dos familias en Chachapoyas, Amazonas, Perú, que no contaran con el servicio eléctrico proporcionado por la red de Electro Oriente y que tuvieran hijos en edad escolar o cursando estudios en institutos o universidades. Se instalaron sistemas fotovoltaicos (SFV) capaces de generar energía eléctrica a 220 V. Estos SFV constaban de un panel fotovoltaico de 100 Wp, un regulador de carga de 10 Amp, una batería de 100 Amph y un inversor de carga de 300 W. El funcionamiento del SFV incluía tres focos LED de 8 W simultáneamente con la carga de la batería de teléfono celular o radio de 18 W durante 4 horas. Del mismo modo, durante el mismo período de tiempo, operaba un foco LED de 8 W y un televisor de 70 W. La implementación del SFV contribuyó significativamente a mejorar la calidad de vida de estas familias, fomentando su inclusión social al eliminar la necesidad de utilizar pilas para la radio y velas. Además, les permitió mantenerse comunicados con sus familiares y estar al tanto de los acontecimientos locales y nacionales a través de la radio y la televisión.

## **2.2. Marco teórico**

### ***2.2.1. Estudio de prefactibilidad***

Según Sapag y Sapag (2008), la prefactibilidad es un estudio que implica una investigación exhaustiva, principalmente a través del análisis de fuentes secundarias, para determinar con cierta aproximación las variables clave relacionadas con el mercado, las

opciones técnicas de producción y la capacidad financiera de los inversionistas, entre otros aspectos.

El propósito de llevar a cabo un estudio de prefactibilidad es ofrecer al inversor una estimación aproximada de la inversión necesaria, los gastos operativos y los posibles ingresos que se generarán una vez que se implemente la nueva iniciativa, junto con una evaluación correspondiente del riesgo asociado (Ramírez, 2014).

#### **a. Análisis de la demanda**

Para Martínez et al. (2013), es un proceso integral que proporciona información valiosa para comprender y anticipar el comportamiento de los consumidores, permitiendo a las empresas y organizaciones tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias efectivas.

#### **b. Estudio técnico**

Abarca las metodologías y herramientas que evaluarán la conformidad de los criterios de diseño, proporcionando resultados que respalden la necesidad de mejoras, explicando de manera clara las fases del diseño final perfeccionado a partir de la idea original. Este análisis detalla el proceso, la ubicación, el tamaño del proyecto, la estructura productiva y los costos asociados con las soluciones propuestas en el diseño (ILPES, Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, 2001). Según Miranda (2005), el estudio técnico implica la identificación de diversas opciones de ubicación, la relación entre el tamaño de la planta y el mercado, la determinación de los procesos a emplear, la definición de las actividades cronológicas y el modelo administrativo para la ejecución del proyecto.

#### **c. Estudio económico**

- **Valor Actual Neto:** representa la diferencia entre los flujos de caja proyectados y la inversión inicial requerida para llevar a cabo el proyecto. Según Aguiar et al.

(2012), si el VAN es positivo, se considera viable el proyecto; de lo contrario, si es negativo o nulo, se opta por desecharlo. La fórmula del VAN se expresa como:

$$VAN = -I + \frac{FCN_1}{(1 + K)^1} + \frac{FCN_2}{(1 + K)^2} + \dots + \frac{FCN_n}{(1 + K)^n}$$

Donde:

I= Inversión Inicial

FCN= Flujo Neto de Caja

k= Tasa de actualización

n= Duración de la Inversión

- **La Tasa Interna de Retorno (TIR):** De acuerdo con Fajardo et al. (2019), indica el máximo factor de actualización necesario para que el Valor Actual Neto (VAN) sea cero. La viabilidad del proyecto aumenta con una TIR más alta, y si supera la tasa de actualización, el proyecto se considera rentable. De acuerdo con Lira (2021), si:

TIR = Tasa de actualización, la rentabilidad es cero

TIR < Tasa de actualización, se rechaza el proyecto

TIR > Tasa de actualización, se ejecuta el proyecto.

- **Costo de Oportunidad del Capital (COK):** Determina el valor presente del flujo de caja para los accionistas y representa la rentabilidad necesaria para obtener ganancias económicas. Es la ganancia perdida al no invertir en alternativas similares (Lira, 2021).

- **Relación Beneficio Costo (B/C):** Según Beltrán y Cueva (2007), mide la relación entre los ingresos actualizados y los costos actuales, indicando si se debe ejecutar o rechazar el proyecto. Los autores establecen que:

B/C > 1 sugiere un VAN > 0 y TIR > COK

B/C = 1 indica igualdad de rentabilidad entre realizar o rechazar el proyecto (TIR = COK)

$B/C < 1$  señala que los costos superan a los ingresos, desaconsejando la ejecución del proyecto ( $TIR < COK$ ).

#### **d. Estudio ambiental**

Es un proceso integral de evaluación que se realiza antes de llevar a cabo proyectos o actividades significativas, como la construcción de infraestructuras, proyectos industriales, o cambios en las operaciones de una empresa. El objetivo principal del estudio es identificar, prever y evaluar los posibles impactos ambientales que podrían surgir como resultado de la implementación del proyecto (Del-Toro, 2019).

- **Matriz de Leopold:** Esta matriz es una de las más antiguas y sencillas metodologías para la evaluación del impacto ambiental, permite esencialmente estudiar de forma ordenada las interacciones entre una lista de intervenciones medioambientales y otra lista de características y condiciones ecológicas (Leopold, 1971). En su estudio, Cruzado y Cruzado (2022) destacan que esta matriz posee diversas fortalezas, como su simplicidad relativa, su capacidad para adaptarse a una amplia gama de resultados, su habilidad para prever tanto la magnitud como la importancia de dichos resultados, y su capacidad para ofrecer una representación clara y directa de la situación analizada. Además, este método ha sido utilizado en la evaluación del impacto ambiental del uso de energía solar y eólica, como lo evidencia la investigación de Tovar (2014).

#### **2.2.2. Zona rural**

Una zona rural se refiere a un área o región que se encuentra fuera de los límites de las áreas urbanas o ciudades principales. Estas áreas rurales suelen caracterizarse por una baja densidad de población y una menor infraestructura desarrollada en comparación con las áreas urbanas. Las zonas rurales pueden variar ampliamente en tamaño, geografía y características económicas, y pueden incluir pueblos pequeños, aldeas, áreas agrícolas, bosques, montañas y regiones remotas. Las zonas rurales suelen estar asociadas con

actividades económicas como la agricultura, la ganadería, la silvicultura y, en algunos casos, la minería (Moreno, 2020).

### ***2.2.3. Energías renovables***

Según Barragán et al. (2019), las energías renovables, también denominadas energías limpias o verdes, provienen de recursos naturales que prácticamente no se agotan en la escala temporal humana y tienen un impacto ambiental sustancialmente menor en comparación con las fuentes de energía convencionales, como los combustibles fósiles. Estas fuentes energéticas se renuevan de manera constante a través de procesos naturales y contribuyen mínimamente a la emisión de gases de efecto invernadero y a la contaminación ambiental (Herrera, 2020).

### ***2.2.4. Energía solar fotovoltaica***

La energía solar fotovoltaica (ESFV) es una forma de energía renovable que se puede utilizar para generar electricidad utilizando paneles solares fotovoltaicos (PSFV). La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y sostenible, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni otros contaminantes durante su operación (Arencibia-Carballo, 2016).

Dentro del campo fotovoltaico se emplean dos magnitudes fundamentales:

- **Irradiación**

La irradiación se describe como la proporción de la potencia incidente en una superficie específica (Herrera, 2020).

- **Radiación**

La radiación representa la cantidad de irradiación recibida durante un período de tiempo determinado, expresada en unidades de energía, ya sea en kilovatios-hora por metro cuadrado al día o kilovatios-hora por metro cuadrado anuales (Herrera, 2020).

### ***2.2.5. Paneles solares fotovoltaicos***

Los paneles solares fotovoltaicos, de acuerdo con Rúa et al. (2021), son dispositivos compuestos por celdas fotovoltaicas que convierten la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Cuando la luz solar incide sobre estas celdas, genera una corriente eléctrica continua (CC). Varios paneles solares se conectan en serie y en paralelo para formar una matriz solar, y esta electricidad CC se convierte en corriente alterna (CA) a través de un inversor solar. Estos paneles son esenciales en los sistemas de generación de energía solar, aprovechando una fuente de energía limpia y sostenible para su uso en hogares, empresas y otras aplicaciones eléctricas.

#### **Tipos de Tecnología en Paneles Solares Fotovoltaicos**

En el mercado, se encuentran disponibles dos variantes de paneles solares fotovoltaicos según la Hoja de ruta tecnológica internacional para la energía fotovoltaica (ITRPV) (2023).

- **Panel Solar Fotovoltaico Monocristalino Mono PERC:** Las celdas de tipo PERC están constituidas con boro. Los principales módulos tipo P alcanzan eficiencias de aproximadamente 21.4%.
- **Panel Solar Fotovoltaico Monocristalino TOPcon:** Los paneles de tipo N están dopadas con fósforo. Estos módulos alcanzan eficiencias de aproximadamente 22.5%.

Al comparar ambos químicos, el fósforo se degrada menos frente a una exposición al oxígeno. Además, el fósforo agrega electrones libres a la oblea, lo que incrementa la eficiencia.

### **2.2.6. Parque Solar**

En referencia a Narváez et al. (2012), un parque solar, también conocido como planta o granja solar, es una instalación diseñada para la generación de energía eléctrica utilizando paneles solares fotovoltaicos. En un parque solar, múltiples paneles solares se instalan en un área extensa, como un campo o terreno, y se conectan a través de un sistema de cableado para recopilar la electricidad generada. La electricidad producida por estos paneles solares se alimenta a una red eléctrica o se utiliza localmente para abastecer de energía a viviendas, empresas, o industrias, dependiendo del tamaño del parque solar y su propósito.



**Figura 1.** Parque solar

Fuente: (Herrera, 2020)

#### **a. Célula Solar Fotovoltaica**

Constituye el componente fundamental de un módulo fotovoltaico. Su material principal es el silicio, y para la elaboración de estas células se emplea tanto el silicio monocristalino como el policristalino, además del silicio amorfo. Estos materiales son cruciales en la construcción, ya que generan electricidad al ser expuestos a la luz. El proceso de conversión fotovoltaica resulta en la producción de energía a tensiones bajas y en corriente continua, la cual posteriormente se convierte en corriente alterna (Del-Toro, 2019).

## b. Inversor de Corriente

Desempeña la función crucial de convertir la corriente continua generada por el sistema fotovoltaico en corriente alterna, la cual es la forma de electricidad utilizada en el país, tanto para el consumo en dispositivos eléctricos como para la inyección de energía a la red eléctrica (Herrera, 2020). Al evaluar un inversor, es esencial considerar sus características fundamentales:

- **Potencia Nominal:** Representa la potencia suministrada por el inversor en la salida, ya sea para el consumo de dispositivos o para inyectar en la red.
- **Tensión de Entrada:** Indica la máxima tensión que el inversor puede recibir del generador fotovoltaico.
- **Tensión de Salida:** Refiere a la tensión proporcionada por el inversor, siendo de 220[V], 380[V] y 440[V].
- **Frecuencia de Trabajo:** Debe ser igual a la frecuencia de la red eléctrica.
- **Eficiencia o Rendimiento:** Mide la relación entre la potencia de salida del inversor y la potencia entregada por el generador, destacando su eficacia en el proceso.

## c. Clasificación de las Instalaciones Solares Fotovoltaicas

- **Aplicaciones Autónomas:** La instalación fotovoltaica que no está conectada a la red eléctrica y tiene como objetivo satisfacer total o parcialmente los consumos eléctricos de un determinado edificio o punto de consumo (aplicaciones espaciales, telecomunicación, electrificación de zonas rurales y aisladas, señalización,

alumbrado público, bombeos) (Cantos, 2016). Dentro de estas aplicaciones podemos encontrar otras dos posibles configuraciones:

- **Instalaciones Aisladas con Sistemas de Baterías** En este caso será necesario instalar baterías al sistema para poder acumular los excedentes de la energía generada y así poder consumirla durante el día o utilizarla en periodos de baja o nula radiación. Las instalaciones aisladas de la red, son muy útiles en lugares donde es difícil realizar conexiones a la red. La electricidad generada se destina al autoconsumo (Cantos, 2016).
- **Instalaciones Interconectadas a la Red:** En este caso el sistema carece de baterías, pero mantiene la finalidad del autoconsumo. Estos sistemas suelen utilizar dos contadores; un contador para la energía generada y otro para energía consumida. Cuando el sistema fotovoltaico produce excedentes, éstos se vierten a la red y producen un beneficio económico. Por otro lado, cuando la energía demandada por el sistema es inferior a la generada por la instalación fotovoltaica, éste consume la energía restante de la red (Cantos, 2016).
- **Instalaciones Conectadas a la Red:** Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, tienen como objetivo fundamental la generación y ventas de la energía eléctrica a la red de distribución eléctrica (Cantos, 2016).

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

### 3.1. Tipo de investigación

La investigación es descriptiva, de acuerdo con Valle et al. (2022), la investigación de tipo descriptivo implica la presentación, narración o identificación de hechos, situaciones, rasgos o atributos de un objeto de estudio sin proporcionar explicaciones o justificaciones. En este contexto, el estudio se centra en analizar el potencial de un parque solar, mediante un análisis de su viabilidad técnica, ambiental y económica.

La investigación adopta una perspectiva tanto cualitativa como cuantitativa, también conocida como investigación mixta, ya que se utiliza la entrevista a expertos para explorar y comprender la situación desde una perspectiva más subjetiva y contextual. Por otro lado, se emplean métodos cuantitativos, como la medición numérica de datos y el análisis estadístico para comprender aspectos técnicos como la disponibilidad de recursos solares, la eficiencia de las tecnologías solares, el rendimiento esperado del parque solar, los costos de inversión, los costos operativos y los posibles ingresos generados por la venta de energía solar (Vega-Malagón, 2014).

### 3.2. Diseño de investigación

La investigación adopta un enfoque no experimental, ya que no implica ninguna intervención o manipulación de los fenómenos que se investigan. En cambio, se centra en proporcionar una descripción minuciosa de estos fenómenos sin alterarlos de ninguna manera (Agudelo Viana, 2008).

### 3.3. Población y Muestra

La población de la investigación lo conforman los 32,019 habitantes del Distrito de la Joya (Municipalidad de la Joya, 2022). La muestra corresponde a la población rural de la zona escogida, es decir, 1387 habitantes (INEI, 2018).

### 3.4. Recolección de datos

#### 3.4.1. Definición operacional de variables

- Variable 1: Estudio de prefactibilidad
- Variable 2: Parque solar en zonas rurales

**Tabla 1.**

*Operacionalización de la Variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Prefactibilidad	La etapa de prefactibilidad comprende una evaluación minuciosa de las fuentes de información primarias y secundarias en el estudio de mercado. En este análisis se proporcionan detalles sobre los aspectos tecnológicos necesarios, los costos totales y la capacidad financiera del proyecto.	Demanda eléctrica	Consumo de energía Tarifa de energía eléctrica
		Estudio técnico	Tamaño y capacidad Infraestructura Red eléctrica Operación
		Estudio económico y financiero	VAN, TIR, PRI y B/C
		Estudio de impacto ambiental	Ficha de recolección (Matriz de Leopold)
Parque solar en zonas rurales	Se refiere al proceso de establecer una infraestructura de generación de energía solar en áreas rurales, que aprovecha la radiación solar para convertirla en electricidad mediante	Paneles solares fotovoltaicos	Características Funcionamiento
		Estudio del terreno	Climatología

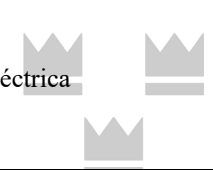

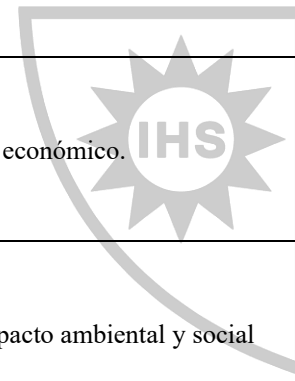
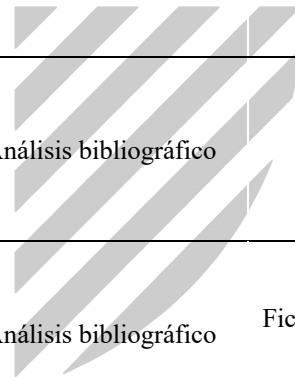
paneles solares u otras tecnologías relacionadas.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Diseño de instrumentos

**Tabla 2.**

*Técnicas e instrumentos*

Estudio	Técnica	Instrumento
Demanda eléctrica 	Análisis estadístico 	Estadísticas de consumo de energía eléctrica de la zona y entrevistas a informantes claves.
Estudio técnico 	Observación y análisis bibliográfico 	DOP, Layout
Estudio económico.	Análisis bibliográfico	VAN, TIR, PRI, B/C
Investigación de impacto ambiental y social	Análisis bibliográfico	Ficha de recolección (Matriz de Leopold)

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

Con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos, se llevaron a cabo investigaciones en la literatura especializada y se procedió a evaluar la información obtenida

mediante el uso de las aplicaciones Excel y Visio. Además, se aprovecharon las siguientes herramientas:

- a. Con el fin de analizar la demanda eléctrica, se llevó a cabo un análisis estadístico que se centró en la recopilación y evaluación de datos históricos de consumo de energía eléctrica en la zona rural de La Joya.
- b. En la parte del estudio técnico, se aplicó un Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) y se desarrollará un diseño de distribución de las instalaciones para el parque solar.
- c. Respecto a la evaluación ambiental, se utilizó una matriz de impacto ambiental para identificar y valorar los posibles efectos en el entorno del proyecto.
- d. En cuanto al análisis económico, se recurrió a tablas para estructurar la información relacionada con los costos, gastos e ingresos del proyecto.

### 3.6. Entrevistas

Para el presente estudio de prefactibilidad, se realizaron entrevistas a informantes claves, los cuales nos brindaron información relevante y actualizada del sector energético, así como opiniones respecto a este proyecto. Las personas entrevistadas fueron:

Gabriela Alatrística Solís, Asesora de energías renovables, laboro en CREATECH y GAVTEC directamente relacionada con el sector de energías renovables, aporta su punto de vista desde su experiencia como especialista del sector.

José Miguel Valderrama, Asesor de productos de energía renovable, laboro en TRIANON ENERGO, liderando proyectos de energías renovables en diferentes partes del mundo, aporta sus puntos de vista desde un panorama mundial del uso de energías renovables.

- **Resultados de las entrevistas con informantes**

### **Entrevista con Gabriela Alatrística Solís**

Alatrística Solís, como especialista del sector nos explica que el Perú cuenta con un gran potencial de energía renovable a través de la construcción de plantas generadoras solares. Especialmente en la localidad de San Camilo que cuenta con alta radiación y muchas horas de sol al año. Nos cuenta que existen varias iniciativas de parte del gobierno para impulsar este tipo de proyectos con un plan estratégico dirigido por el MINEN, recalca que es importante analizar los requerimientos poblacionales, los planes expansionales y el futuro que esto involucra generando una gran cantidad de energía renovable, se busca invertir en proyectos que se puedan interconectar a la red eléctrica nacional posiblemente por el Fondo de Inclusión Social, y el fondo de compensación social eléctrica (Ver anexos).

### **Entrevista con José Miguel Valderrama Rodríguez**

Valderrama Rodríguez, como especialista en equipos de generación de energía renovable, nos comenta que existen proyectos de hidrogeno verde en la zona de San Camilo donde serán necesarios más proyectos solares para lograr ese enfoque de energía verde.

Como oportunidad de crecimiento nos comenta que debería existir una ley de generación de energías que ayudara a potencializar el sector agrícola e industrial. Incide en que el Perú debe optimizar la adopción de tecnologías que permitan potencializar la generación de energías renovables. (Ver anexos).

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

En este capítulo se analizará la demanda de energía eléctrica a través del consumo registrado por la población de la zona rural del distrito de la Joya.

### 4.1. Población

Según el censo realizado por el INEI en 2017, el Distrito de la Joya contaba con una población promedio de 32,019 habitantes. Del total, el 88.1% residía en áreas urbanas y el 11.9% en áreas rurales (Municipalidad de la Joya, 2022). Dentro de este contexto, la investigación se centrará en la zona rural de San Camilo VII, que, según el censo de ese año, tenía una población de 1387 habitantes, a partir de esta cifra se determina la población para los siguientes años (INEI, 2018).

### 4.2. Consumo eléctrico

Para calcular el consumo eléctrico, se utilizaron los indicadores del subsector eléctrico proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas (2021). Estos indicadores se basan en el total de habitantes de la región de Arequipa, por lo que, en conjunto con la información del INEI, se determinó que los habitantes de la zona rural de San Camilo VII del distrito de la Joya representaban el 0.11% de la población regional. Por lo tanto, en la Tabla 3 se observa que para el año 2017, con una población total de 1,315,528 habitantes en la región, se calculó que la población objeto de estudio ascendía a 1,387 habitantes. Esta cifra

se utilizó como base para estimar el consumo eléctrico en los años subsiguientes. Por otro lado, se presenta el porcentaje de participación estimado de la población rural a nivel nacional, tomando en cuenta que según el Ministerio de Energía y Minas (2021) la región de Arequipa representa en promedio el 4.6% del total nacional. Asimismo, se muestra el porcentaje de participación en el consumo eléctrico, considerando que la región de Arequipa representa en promedio el 10.8% del total nacional.

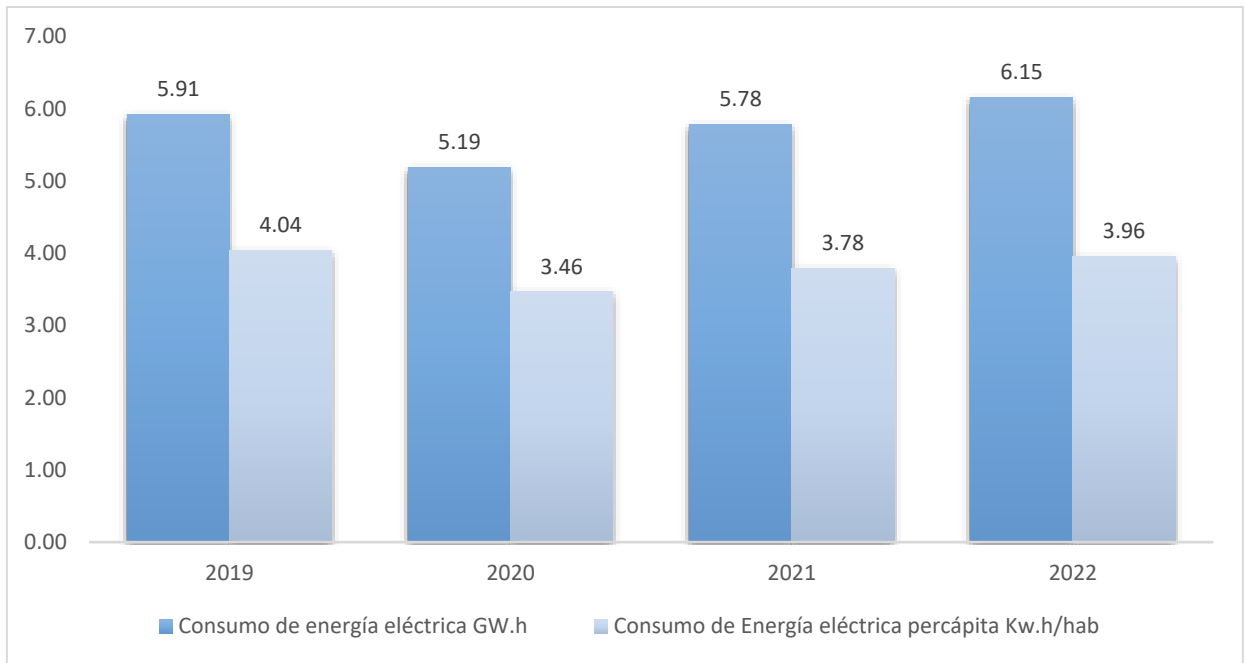
**Tabla 3.**

*Consumo eléctrico de la zona rural del distrito de la Joya*

Año	Población	% de participación de la población	Consumo de energía eléctrica GWh	% de participación en el consumo eléctrico de la población	Consumo de Energía eléctrica per cápita Kwh/hab
2017	1387.00	0.005%	5.76	0.01%	4.38
2018	1462.78	0.005%	6.02	0.01%	4.53
2019	1,611.10	0.005%	5.91	0.01%	4.04
2020	1,647.18	0.005%	5.19	0.01%	3.46
2021	1,679.34	0.005%	5.78	0.01%	3.78
2022	1,709.39	0.005%	6.15	0.01%	3.96

Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía y Minas

La Figura 2 muestra el gráfico de los consumos estimados de energía eléctrica de la zona rural de San Camilo VII de La Joya durante los últimos cuatro años. Se aprecia una tendencia constante a lo largo de este periodo. Por consiguiente, se emplearán las cifras correspondientes al último año como punto de referencia para evaluar los niveles potenciales de energía a reemplazar mediante sistemas de energía solar fotovoltaica.



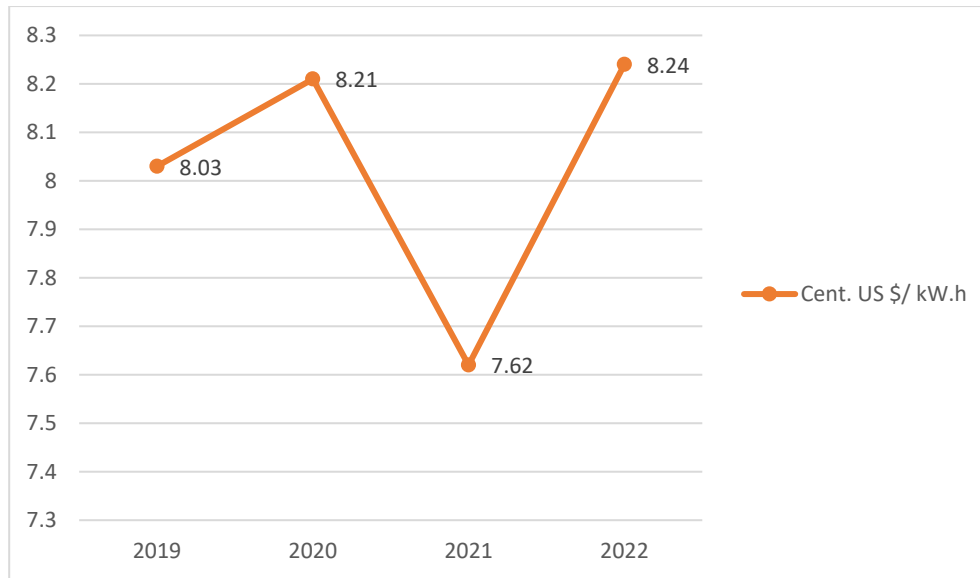
**Figura 2.** Gráfico del consumo eléctrico histórico de la zona rural de la Joya

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Precio medio de electricidad

El precio medio de electricidad es el costo promedio que los consumidores pagan por la electricidad. De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (2021) se expresa en centavos de dólar por unidad de energía consumida, que es el kilovatio-hora (kWh). La comprensión de esta tarifa es esencial para evaluar la competitividad del parque solar fotovoltaico en comparación con las fuentes de energía convencionales. Además, brinda una perspectiva sobre las condiciones del mercado energético en la región.

En la Figura 3 se presenta el gráfico del precio medio de electricidad en la región de Arequipa durante los últimos cuatro años. Se aprecia una variación de precios que oscila entre 7.62 y 8.24 centavos de dólar por kilovatio-hora.



**Figura 3.** Gráfico referencial del consumo eléctrico histórico de la zona rural de la Joya

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Proyección de la demanda

Utilizando la información sobre el crecimiento poblacional de los últimos años, extraída de las estadísticas del INEI y los registros del Ministerio de Energía y Minas, se procede a proyectar la demanda de energía eléctrica.

De la tabla 3 se estimó que la población en la zona rural San Camilo VII en el año 2019 fue de 1,611.10 habitantes, esta cifra se vio incrementada en un promedio anual de 32.76 habitantes, alcanzando 1,709.39 en el año 2022. Del mismo modo, se calculó que el consumo de energía eléctrica fue 5.91 GW.h en 2019, observándose un incremento promedio anual de 0.08 GWh. El consumo per cápita de energía eléctrica fue de 4.04 Kw.h en 2019, en el año 2020 y 2021 hubo una caída en el consumo, sin embargo, tomando en cuenta el consumo percibido en el año 2022 se observa un incremento promedio anual de 0.25 Kw.h.

Para el cálculo de los incrementos promedios anuales mencionados, se hizo un cálculo en Excel, tomando en cuenta la diferencia en cada cifra anual desde el 2019 hasta el 2022, a partir de estas cifras se halló el promedio de incremento.

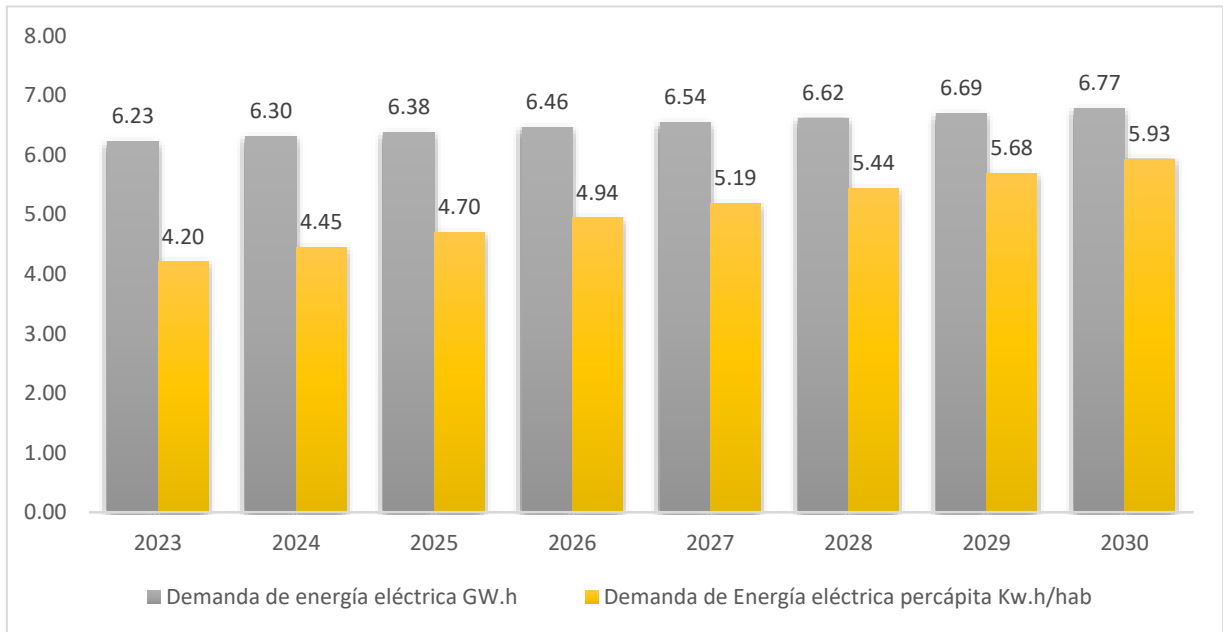
Los incrementos promedios anuales para población, consumo de energía eléctrica y consumo de energía eléctrica per cápita se tomaron en cuenta para el cálculo de la demanda proyectada para los próximos años, los cuáles fueron plasmados en la Tabla 4 y Figura 4, se visualiza que esta demanda experimentará un crecimiento anual constante, alcanzando la cifra de 6.77 Gwh en el año 2030. Este aumento pronunciado en la demanda de energía establece un parámetro crítico que debe ser considerado en el estudio técnico, ya que tiene implicaciones significativas para el diseño y la capacidad del proyecto a fin de satisfacer eficientemente las necesidades energéticas futuras.

**Tabla 4.**

*Demanda de energía eléctrica proyectada*

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Demanda de energía eléctrica GWh</b>	<b>Demanda de Energía eléctrica per cápita Kwh/hab</b>
<b>2023</b>	1,742.16	6.23	4.20
<b>2024</b>	1,774.92	6.30	4.45
<b>2025</b>	1,807.69	6.38	4.70
<b>2026</b>	1,840.45	6.46	4.94
<b>2027</b>	1,873.21	6.54	5.19
<b>2028</b>	1,905.98	6.62	5.44
<b>2029</b>	1,938.74	6.69	5.68
<b>2030</b>	1,971.50	6.77	5.93

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.** Gráfico de la demanda de energía eléctrica proyectada

Fuente: Elaboración propia

La demanda del proyecto se basa en el consumo eléctrico de una zona rural, impulsada por el crecimiento de la demanda de energía eléctrica y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este escenario ha generado un creciente interés en las fuentes de energía renovable, como la solar, que se posiciona como una alternativa sostenible para satisfacer tanto las necesidades energéticas actuales como las futuras. además, forma parte de las políticas de estado y el compromiso internacional que se tiene con la protección del medio ambiente.

Por ende, el estudio de prefactibilidad está enfocado en determinar la viabilidad económica y técnica de un parque solar en la zona rural de San Camilo VII del distrito de la Joya, que considerando su condición de ubicación como lo es la zona sur del Perú, es posible ofrecer a un precio competitivo a una empresa distribuidora de energía de la ciudad dedicada a fomentar y promover el uso de energías renovables en el Perú, haciendo que la energía fotovoltaica sea de fácil acceso.

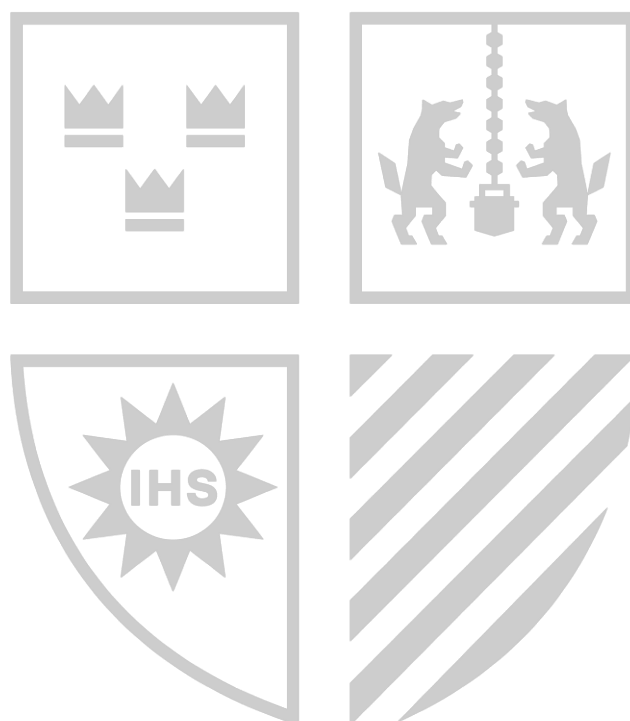
A diferencia de otros proyectos que se conectan al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y dependen de licitaciones estatales para determinar los precios de la energía, este proyecto tiene como estrategia gestionar la energía generada de manera interna o mediante acuerdos privados, lo cual permite una mayor flexibilidad en la fijación de precios y en la asignación de la energía a consumidores específicos o a proyectos internos de la empresa.

La venta del proyecto a una empresa distribuidora de energía implica que la empresa tendrá el control total sobre cómo se distribuye y vende la energía producida, se puede optar por acuerdos bilaterales con empresas (como statkraft, Instituto Geofísico del Perú, entre otras) o consumidores locales, ofreciéndoles energía a precios competitivos, lo que se alinea con su misión de hacer accesible la energía fotovoltaica en Perú. Esta estrategia también elimina la necesidad de someterse a las regulaciones estrictas y a las fluctuaciones de precios que caracterizan al mercado regulado.

Es importante destacar que el consumo nacional de electricidad ha demostrado una tendencia creciente en los últimos años, según un informe de la dirección general de electricidad la producción total de energía eléctrica registrada a nivel nacional en febrero de 2024 incluyendo el sistema eléctrico interconectado, ascendió a 5,216 GWh, lo que significó un incremento del 8% respecto con el mismo mes de 2023 (MINEM, 2024).

De acuerdo con el sistema de tarifas, los generadores de energía renovable tienen derecho a vender toda su producción a un precio previamente establecido (tarifa regulada total), específicamente, se fija de antemano la tarifa por la cual se remunerará al generador de energía renovable y asegura que toda la electricidad será comprada, permitiendo reducir los riesgos para el generador relacionados con las fluctuaciones en las tarifas y garantizando la recuperación de su inversión inicial. Se pueden establecer diferentes tarifas dependiendo del tamaño del parque, su ubicación y la producción de energía, con el fin de ser más eficientes. Este mecanismo se originó en Estados Unidos en el año 1978 y fue adoptada por más de 50 países, destacando su implementación en Alemania y España, así como su aplicación en el Perú.

Por último, el precio a nivel de generación que compensa a las compañías productoras de electricidad, es una parte de las tarifas eléctricas que los usuarios regulados pagan, se considera como el promedio ponderado de los contratos que surgen del suministro eléctrico, además de asegurar que la demanda de los usuarios regulados esté totalmente atendida.



## CAPÍTULO V. ESTUDIO TÉCNICO

### 5.1. Localización

El proyecto se ejecutará en la región de Arequipa, provincia de Arequipa, específicamente en el distrito de La Joya. Esta localización ha sido seleccionada estratégicamente por la convergencia de factores geográficos, climáticos y económicos que hacen del distrito de La Joya un entorno óptimo para la implementación de un proyecto de esta magnitud. Su altitud, oscila entre los 1169 y 1665 m.s.n.m., considerándose como un sitio estratégico para el desarrollo de este proyecto.



**Figura 5.** Distrito de la Joya  
Fuente: Municipalidad distrital de la Joya

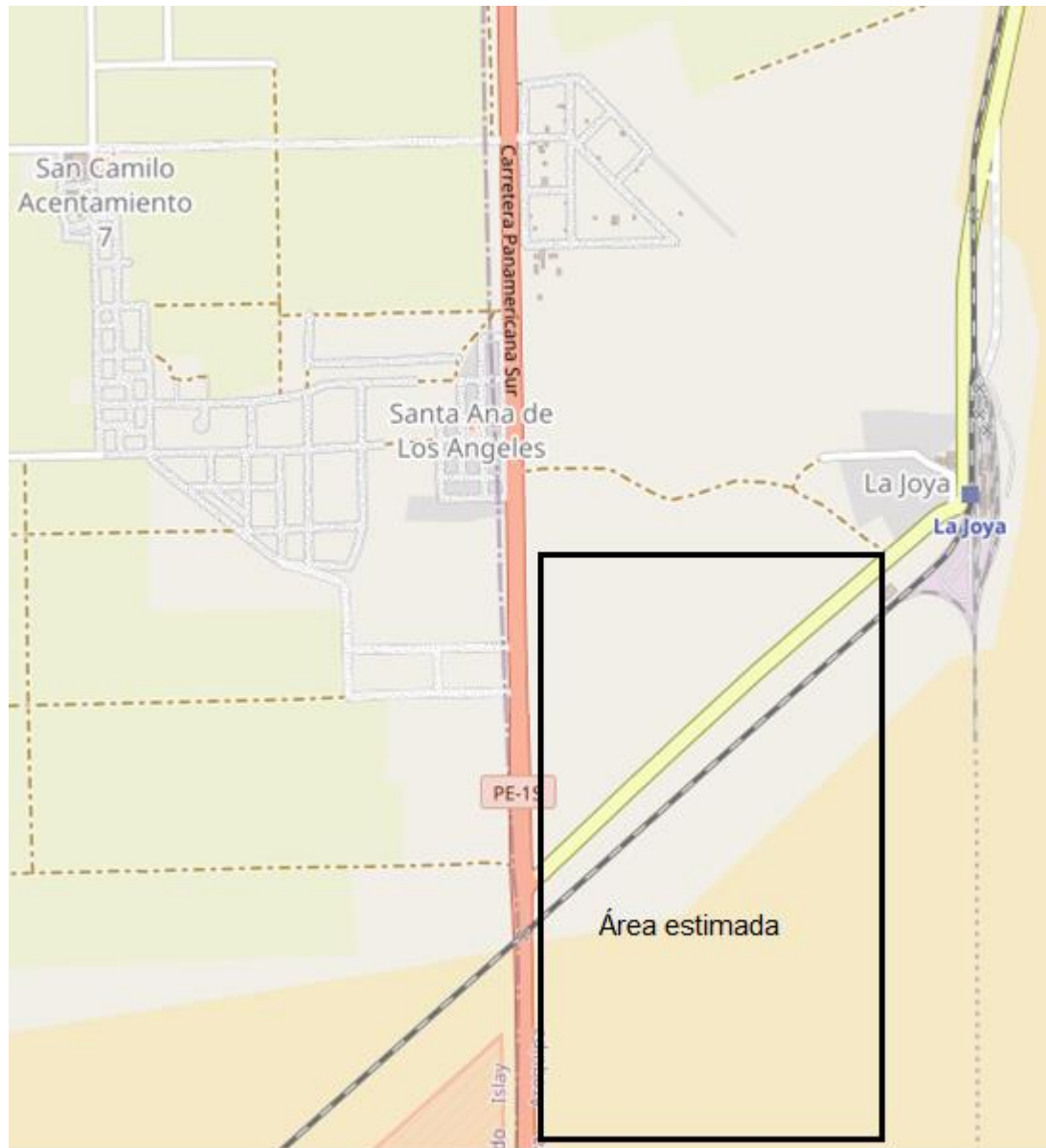
El proyecto se encuentra en las coordenadas siguientes:

Latitude -16.73 °S

Longitude -71.87 °W

Altitude 1231 m

Time zone UTC-5



**Figura 6.** Localización satelital del proyecto  
Fuente: Google maps

El distrito de La Joya ha sido seleccionado como el área de estudio para este proyecto debido a sus características climáticas y geográficas únicas, que lo hacen particularmente adecuado para la instalación de un parque solar. La Joya se encuentra en una zona desértica, lo que significa que su clima es predominantemente seco y caluroso, con una temperatura anual promedio de 18°C. No obstante, este promedio oculta variaciones térmicas considerables a lo largo del año, con temperaturas que pueden descender hasta los 10°C y elevarse hasta los 35°C, lo que indica una amplia amplitud térmica diaria y estacional.

El terreno en el distrito de La Joya es abierto y se caracteriza por una planicie ligeramente ondulada. Su configuración geográfica, junto con la composición del suelo, que incluye salitre, cantos rodados, cascajo, piedra, arena y silicio, contribuye a una alta capacidad de reflexión solar. La radiación es elevada en esta región y calienta aproximadamente 20°C más debido a las propiedades específicas de su suelo agrícola en comparación con la composición de otros suelos en otras regiones (Instituto geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2010).

Expuesto lo anterior, la radiación y la temperatura del suelo no solo favorece la eficiencia en la generación de energía solar, sino que también minimiza las pérdidas energéticas, haciendo que el distrito de La Joya sea un lugar estratégicamente ideal para la instalación de un parque solar.

## **5.2. Análisis del recurso Solar**

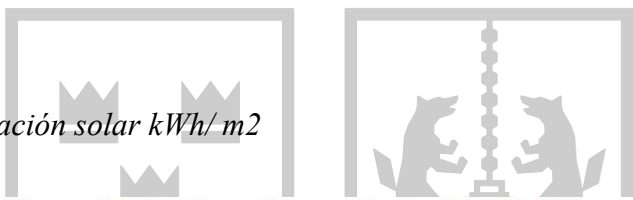
Se requiere conocer el recurso solar mensual para estimar la producción anual de energía eléctrica en función de la cantidad de paneles solares instalados. En este proceso, se recopiló la información de la herramienta en línea elaborada por el Sistema de información geográfica fotovoltaica de la Unión Europea (2024), una plataforma de alta precisión y reconocimiento internacional que permite hacer un cálculo fotovoltaico sobre la radiación solar y el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos en cualquier ubicación geográfica.


Este método permite identificar patrones estacionales en la disponibilidad del recurso solar, lo cual es esencial para prever fluctuaciones en la producción de energía a lo largo del año. Al comprender cómo varía la radiación solar mes a mes, es posible diseñar sistemas de almacenamiento o complementarios que aseguren un suministro eléctrico continuo y estable, incluso en períodos de menor irradiancia.

Finalmente, en la siguiente tabla se muestra un resumen detallado de los datos recopilados, destacando el promedio en los últimos 10 años de la radiación global horizontal en el área designada para el proyecto.

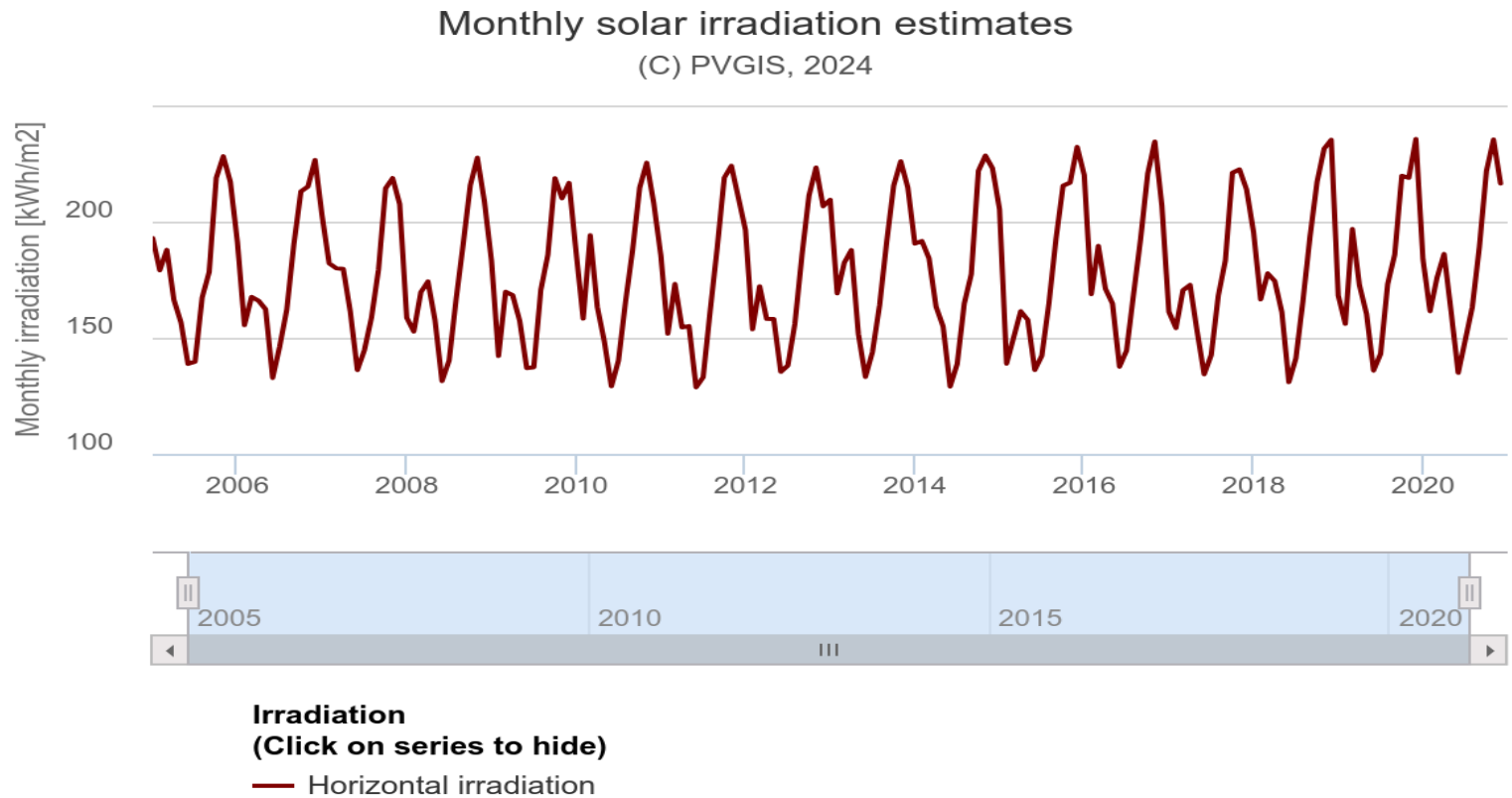
**Tabla 5**

*Estimación de irradiación solar kWh/m<sup>2</sup>*



	<b>Irradiación horizontal global</b> kWh/m <sup>2</sup> /día	<b>Irradiación difusa horizontal</b> kWh/m <sup>2</sup> /día	<b>Temperatura</b> °C	<b>Velocidad del viento</b> m/s	<b>Humedad relativa</b> %
Enero	7.31	2.95	18.0	2.19	90.8
Febrero	6.89	2.66	17.9	2.17	96.4
Marzo	6.93	2.28	17.9	2.13	95.6
Abril	6.27	1.94	16.2	2.24	82.9
Mayo	5.44	1.72	15.4	2.44	64.0
Junio	5.01	1.44	13.6	2.37	57.4
Julio	5.28	1.52	14.7	2.65	50.5
Agosto	6.17	1.09	15.3	2.08	56.1
Septiembre	7.01	1.80	14.7	2.27	49.7
Octubre	7.65	2.16	14.5	2.37	60.8
Noviembre	7.78	2.41	15.7	2.04	77.3
Diciembre	7.82	2.43	16.3	2.04	85.0
<b>Año</b> 	<b>6.63</b>	<b>2.03</b>	<b>15.9</b>	<b>2.2</b>	<b>72.2</b>

Fuente: PVGIS api TMY



**Figura 7.** Radiación solar mensual

Fuente: Sistema de información geográfica fotovoltaica de la Unión Europea (2024)

Como se observa en la Tabla 5 y Figura 7, los meses con mayor radiación solar son enero, octubre, noviembre y diciembre. Anualmente se alcanza una irradiación solar de 2147.14 kWh/ m<sup>2</sup> una cifra significativa que podría ser aprovechada eficientemente. A partir de la información mostrada es posible determinar cuánto sería el rendimiento del panel solar fotovoltaico conectado a la red eléctrica, considerando que la potencia fotovoltaica máxima instalada del panel es de 550 Wp.

**Tabla 6***Producción de energía por panel fotovoltaico*

<b>Entradas proporcionadas al Simulador</b>	
Demanda [GWh]:	6.77
<b>Salidas de simulación</b>	
Número de módulos [Unidades]	3828
Tipo de Panel	Monocristalino N-TYPE i-TOP Con bifacial de doble vidrio
Energía Producida [MWh/año]	7208
Probabilidad Anual de Producción 95% [MWh]	6986
Inversores [Unidades]	9
Cerca de sombreados: Perdidas por Irradiancia [%]	-3.02
Perdidas de fotovoltaica por Temperatura [%]	-7.18
Módulos [Unidades kWp]	132 Paralelo x 29 en Serie
Número de trackers [Unidades]	33
Fuente: Simulación en PVsyst 7.2.8	

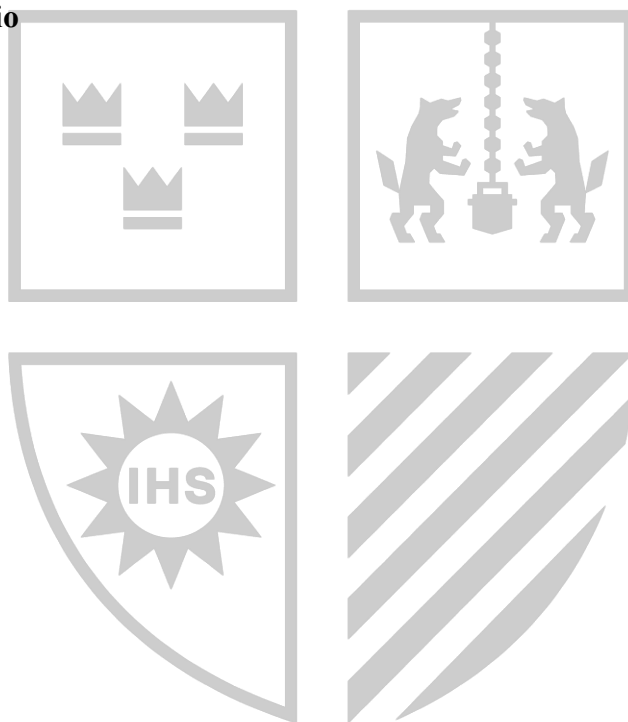
En la Tabla 6 se evidencia que la producción anual de energía fotovoltaica por panel alcanza los 7208 MWh/año, lo cual es significativo considerando la demanda estimada de 6.77 GWh. De tal forma que el sistema no solo va a satisfacer la demanda energética proyectada, sino también proporcionara un margen adicional que podría ser aprovechado para otras necesidades energéticas o para cubrir posibles pérdidas. Por otro lado, la pérdida total, considerando cambios en la producción debido a temperatura y baja irradiancia, se estima en un 10.2%, así como la cantidad de módulos, inversores y rastreadores que se requieren en el parque solar. Estos resultados principales se derivan del Informe de Simulación en PVsyst 7.2.8, que se puede ver en *Anexo 2*.

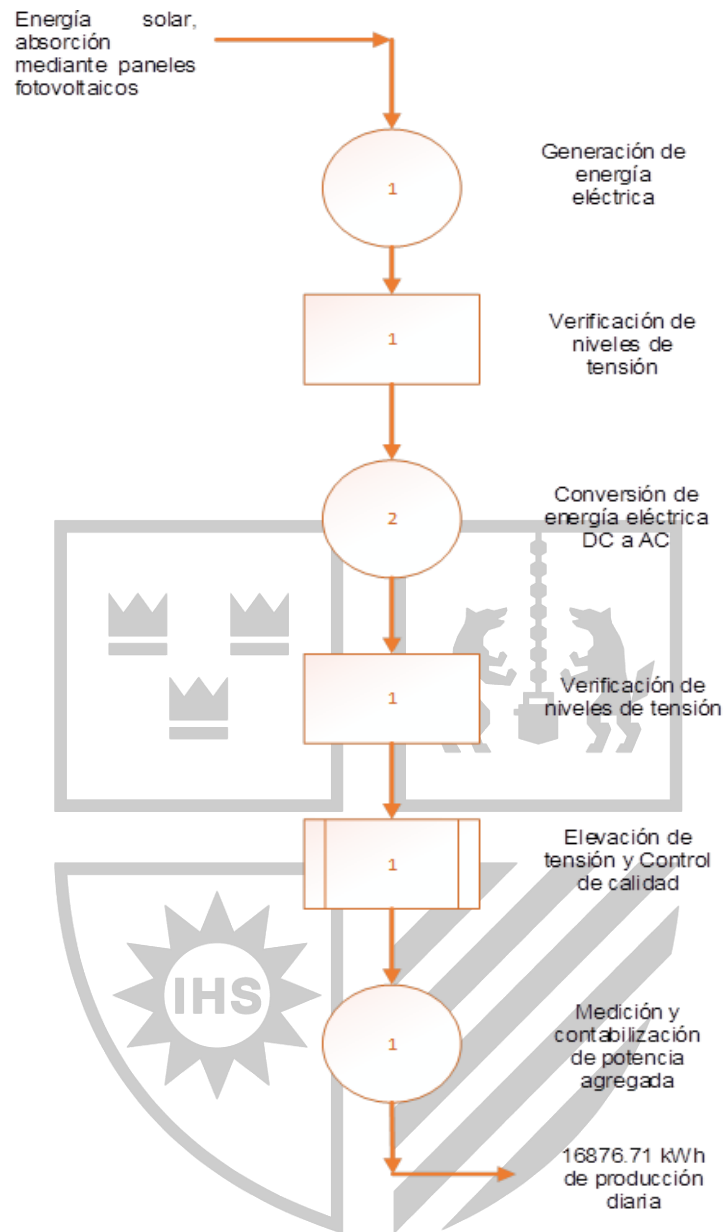
Finalmente, los datos presentados en la tabla, recopilados del informe de simulación, confirman que el parque solar está diseñado para cumplir con los objetivos energéticos previstos.

### **Demanda anual máxima**

Se determinó en el capítulo anterior que la demanda anual máxima esperada para el año 2030 es de 6.77 GW.h.

### **5.3. DOP del servicio**





**Figura 8. DOP del servicio**  
 Fuente: Elaboración propia en base a Cabrera y Portugal (2022)

#### 5.4. Tamaño del parque solar

De acuerdo a los parámetros generales requeridos, a las unidades y características de los módulos fotovoltaicos, inversores, transformadores, entre otros. Este proyecto

determinó el tamaño óptimo de la planta, mediante la simulación del Software PVsyst 7.2.8. Como resultado, el área total necesaria para la instalación de la planta es de 11,891 m<sup>2</sup>. Ver en *Anexo 2*.

## 5.5. Diseño del parque solar

Conforme a lo mencionado anteriormente, para diseñar del parque solar, fue esencial evaluar las diversas alternativas tecnológicas disponibles en el mercado. En este contexto, se seleccionará a los componentes más adecuados en términos de eficiencia, durabilidad y costo. Se analizará los tipos de paneles solares, inversores, transformadores y estructuras de soporte, considerando tanto las condiciones climáticas y geográficas del sitio y las proyecciones de demanda energética.

A continuación, se describen las principales características de cada componente.

### 5.5.1. Selección de componentes

Se requieren paneles de alta potencia con el fin de maximizar la generación de energía eléctrica. En el presente estudio se está considerando los monocristalinos TOPCon bifacial de doble vidrio.

**5.5.1.1. Panel solar fotovoltaico.** A continuación los paneles de monocristalino TOPCon bifacial de doble vidrio:

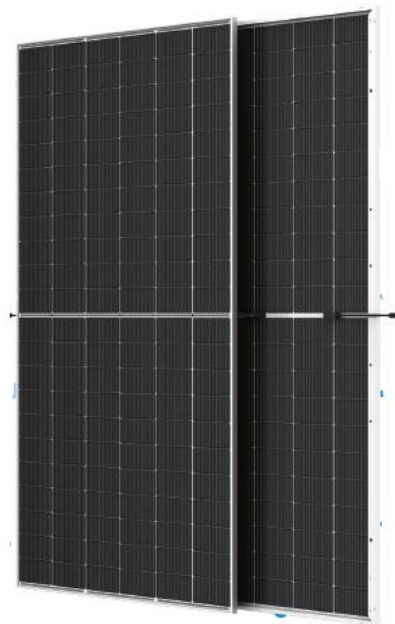
- Elaborados mediante células monocristalinas y con silicio de una pureza extraordinariamente elevada.
- Presentan un color negro y cuentan con bordes redondeados.

- Exhiben una eficiencia notable, pudiendo alcanzar valores de hasta el 22.5%.
- Disfrutan de una vida útil prolongada, con la posibilidad de funcionar hasta 50 años.
- Tienen un costo elevado.
- Muestran un desempeño satisfactorio en condiciones de altas temperaturas.

El módulo elegido para la instalación fotovoltaica es el N-TYPE i-TOPCon bifacial de doble vidrio, con una capacidad máxima de 550 W. Este módulo de tamaño compacto se caracteriza por las células de silicio con las que se construye, alcanzando una eficiencia máxima del 22.5%. Se destaca por su capacidad para captar energía, recomendado para instalaciones de gran envergadura debido a su rendimiento superior en comparación con los paneles solares convencionales. En la siguiente tabla se muestran sus especificaciones técnicas.

**Tabla 7**

*Módulo fotovoltaico*



Datos eléctricos	
Tipo de módulo	N-TYPE i-TOPCon bifacial de doble vidrio
Máxima potencia (Wp)	719 Wp
Voltaje de potencia máxima (Vmp)	39,09 V
Corriente de potencia máxima (Imp)	19,05 A
Eficiencia	22.9%
Características mecánicas	
Cubierta frontal (material/espesor)	Vidrio frontal/ trasero 2.0 mm
Lámina de protección capsulante	POE/EVA
Marco (material/color)	Aluminio anodizado / Plata
Dimensiones	2384 ×1303×33 mm
Células (cantidad/material)	132 celdas
Peso	38,3 kg
Precio	S/.864,35

Fuente: Elaboración propia

**5.5.1.2. Inversor.** Dada la alta capacidad del parque, se consideró que la opción más apropiada sería establecer una red interna funcionando a una tensión media. Por lo tanto, se escogió el inversor solar trifásico Solis-(185-255)K-EHV-5G-US, ya que es un equipo que está certificado y se destaca por su capacidad de mantener altos estándares de calidad y eficiencia. Además, está incorporado de condensadores cerámicos y una supervisión inteligente de los semiconductores de potencia, lo que garantiza un funcionamiento seguro y una vida útil prolongada. Soporta conexiones en redes de Alta Tensión  $\geq 150\text{kV}$  para una mayor adaptabilidad a la red y logra un rendimiento del 99 %.

## Tabla 8

*Inversor*




Valores de entrada

Modelo	Solis-(185-255)K-EHV-5G-US
Rango de tensión MPPT	480-1500 V
Tensión máxima de entrada	1500 V
Corriente CC máxima	14*40 A

Valores de salida

Potencia nominal	255 kW
Tensión nominal a la red	3Φ/PE, 800 V
Corriente máxima de salida	184.0 A

Rendimiento

Rendimiento máximo	99 %
--------------------	------

Condición ambiental

Rango de temperatura	-30 ~ +60°C
----------------------	-------------

Características

Conexión de CA	Terminal OT (máxima 300 mm <sup>2</sup> )
Dimensiones (longitud*altura*ancho)	2x (1170*770*384 mm)
Peso	113 kg
Precio	S/. 18,800

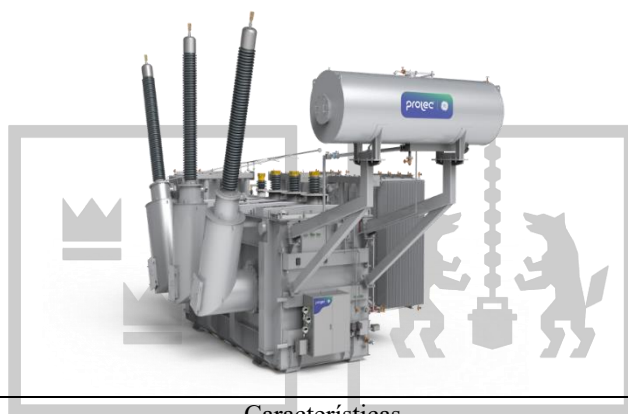
Fuente: Elaboración propia

**5.5.1.3. Transformador.** El transformador desempeña un papel crucial, ya que se encarga de aumentar la tensión generada por el inversor para adecuarla a la red de evacuación. El transformador elegido para la instalación fotovoltaica es el Prolec GE, ya que cuenta con una

capacidad nominal de 1000 MVA en configuración trifásica, lo que significa que está diseñado para soportar una carga máxima de manera continua sin sobrecargarse, este se ubica junto al inversor, y poseerá las siguientes especificaciones.

**Tabla 9**

*Transformador de potencia*



Características

Modelo	Transformador Protec GE
Capacidad Nominal (MVA)	1000 MVA en configuración trifásica (3 fases). 500 MVA en configuración monofásica (1 fase).
Tensión Nominal (kV)	550 kV en configuración trifásica. 1675 kV NBAI en configuración monofásica (NBAI: Nivel Básico de Aislamiento Impulsivo).
Frecuencia (Hz)	50 Hz o 60 Hz.
Cambiador Bajo Carga	Cambiador bajo carga en alta y baja tensión.
Cambiador Sin Carga	Cambiador sin carga en alta tensión.
Nivel de Ruido NEMA	25 dBA.
Dimensiones	5m x 10m x 3m
Precio	S/. 238,750

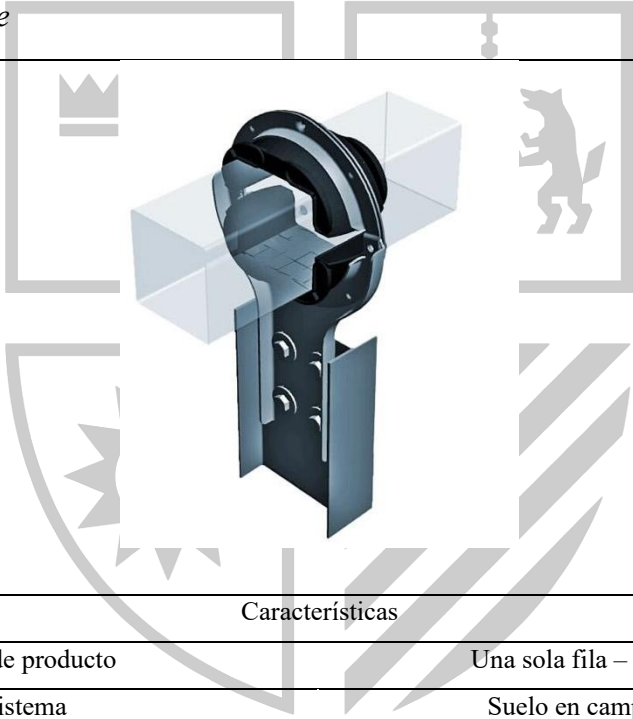
Fuente: Elaboración propia

**5.5.1.4. Estructura de soporte.** En la estructura, los paneles solares se deben colocar sobre dos pilotes, lo que posibilita una mayor separación entre los puntos de apoyo. Esta configuración se da en proyectos a gran escala y resulta adecuada cuando se requiere instalar numerosos paneles fotovoltaicos en una misma estructura. La estructura exhibe una notable capacidad de adaptación al terreno garantizando una instalación estable y segura, reduciendo

los riesgos de desplazamiento o inestabilidad que podrían afectar el rendimiento a largo plazo. Otra característica de este equipo es la resistencia frente a cargas de viento que se ve reforzada gracias a la robustez de las estructuras y a la alta calidad de los materiales empleados en su fabricación. Por lo tanto, para maximizar la captación de energía solar, las estructuras se instalarán con un ángulo de inclinación óptimo para la ubicación, el cual fue determinado por el Sistema de información geográfica fotovoltaica de la Unión Europea (2024). La estructura posee las siguientes características:

**Tabla 10**

*Estructura de soporte*

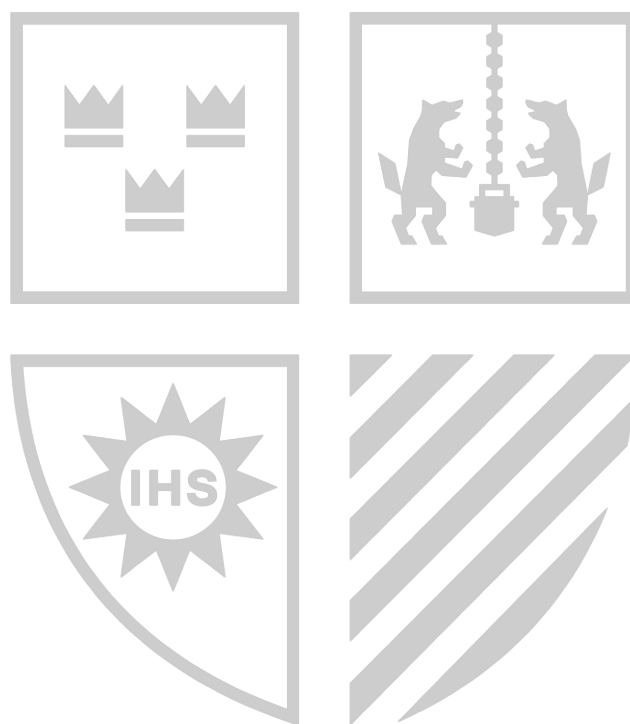


Características	
Tipo de producto	Una sola fila – Un solo eje
Sistema	Suelo en campo abierto
Tolerancia a cargas de viento	Adaptados a los requisitos del sitio
Configuración	93 módulos x estructura (módulo en vertical)
Material y revestimiento (estructura)	Acero de alto límite elástico y HDG, Pregalvanizado
Consumo de Potencia	0.15 kW·h/Day
Componentes de uniones	Tornillos de acero inoxidable Grapas y accesorios de aluminio y acero galvanizado

Fuente: Elaboración propia

## 5.6. Obra de ingeniería

El proceso de construcción de un parque solar se llevará a cabo de manera meticulosa y coordinada, siguiendo una secuencia de actividades que aseguren tanto la eficiencia como la seguridad en el desarrollo de la obra. A continuación, se detalla el procedimiento para cada una de las actividades mencionadas:



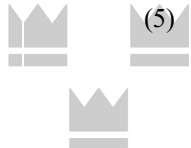
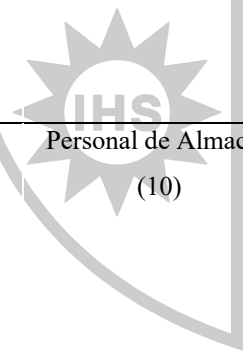
**Tabla 11.***Proceso de obra*

<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsables</b>	<b>Personal requerido</b>	<b>Detalles del proceso</b>	<b>Estándares de calidad y seguridad</b>
1	Despeje y limpieza del terreno.	Ingeniero Ambiental (1) Supervisor de Obra (1)	Operadores de maquinaria pesada (4) Trabajadores para limpieza (10)	El ingeniero ambiental realizará un estudio detallado del terreno para evaluar la vegetación existente. Luego, se enviará a los trabajadores a despejar y limpiar el área designada, asegurando la eliminación adecuada de residuos y vegetación.	Uso de equipos de protección personal (EPP), seguimiento de normativas ambientales.
2	Apertura, preparación y acondicionamiento de pistas y caminos de servicio.	Ingeniero Civil (1) Coordinador de Logística (1)	Topógrafos (4) Trabajadores para acondicionamiento (10)	El ingeniero civil utilizará datos topográficos para planificar la apertura de caminos. Luego, se llevará a cabo la construcción, garantizando la resistencia y accesibilidad requerida para el transporte de equipos y materiales.	Revisión de planos, verificación de compactación de suelos, cumplimiento de normativas.
3	Apertura, tendido de cables y relleno de zanjas.	Ingeniero Eléctrico (2) Supervisor de Instalaciones (2)	Electricistas (10) Operadores de maquinaria para excavación y relleno (4)	Los ingenieros eléctricos diseñarán cuidadosamente la disposición de cables, los operadores abrirán zanjas siguiendo el diseño, se instalarán los cables y se rellenarán las zanjas con materiales adecuados, asegurando una	Inspección de aislamiento de cables, cumplimiento de normativas eléctricas.

				correcta protección y conductividad eléctrica.	
4	Construcción de cimentaciones para las estructuras de soporte.	Ingeniero Estructural (1) Jefe de Obra (2)	Albañiles, Obreros especializados en construcción de cimentaciones	El ingeniero estructural elaborará diseños detallados de cimentaciones, se realizará excavación según especificaciones, se construirá cimentaciones que proporcionen la estabilidad necesaria para las estructuras de soporte de paneles solares.	Verificación de materiales, uso de equipos de protección personal (EPP),
5	Instalación de Centros de Transformación.	Ingeniero Eléctrico (2) Coordinador de Instalaciones (3)	Técnicos en instalaciones eléctricas (4) Montadores de estructuras prefabricadas (15)	Los ingenieros eléctricos planificarán la ubicación estratégica de los Centros de Transformación. Se conectarán transformadores y componentes, garantizando una distribución eficiente y segura de la energía generada.	Pruebas de puesta en servicio, certificación de instalación
6	Instalación de Centro de Control	Ingeniero Eléctrico (2) Supervisor de Sistemas (2)	Técnicos especializados en sistemas de control (5) Montadores de estructuras prefabricadas (15)	Los ingenieros eléctricos diseñarán el Centro de Control considerando sistemas de monitoreo y control. Luego, se instalará y configurará equipos para supervisar y gestionar la generación de energía solar.	Verificación, pruebas de funcionamiento, cumplimiento de normativas de control y seguridad.

Fuente: Elaboración propia

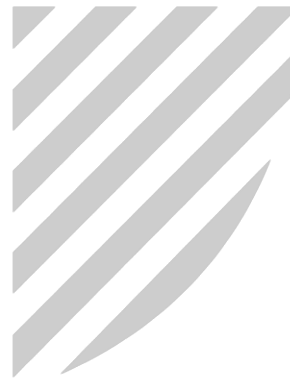
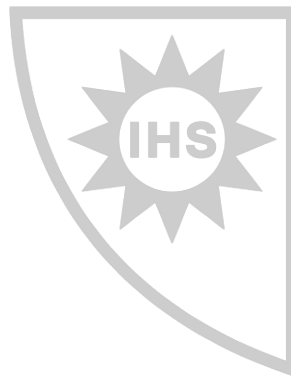
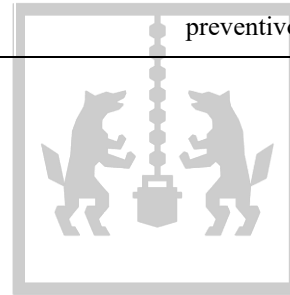
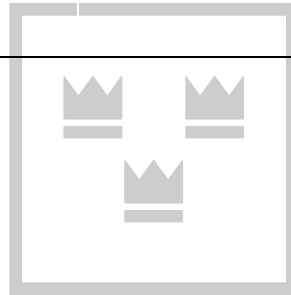
**Tabla 12***Instalación de los equipos fotovoltaicos*

N°	Actividad	Responsables	Personal requerido	Detalles del proceso	Estándares de calidad y seguridad
1	Compra de Equipos Fotovoltaicos	Ingeniero de Proyectos (2) Coordinador de Adquisiciones (2)	Personal de Compras (5) 	El personal de compras en conjunto con el coordinador identificará y seleccionará proveedores confiables. Se realizará la adquisición de paneles solares (5,865), inversores (57), transformadores (3) y demás componentes necesarios para la instalación del parque solar, asegurando la calidad y cumplimiento de normativas.	Verificación de certificaciones, cumplimiento de normativas ISO, inspección de calidad al recibir los equipos.
2	Recepción y Almacenamiento de Equipos	Ingeniero de Proyectos (2) Coordinador de Almacén (2)	Personal de Almacén (10) 	El personal de almacén en conjunto con el coordinador recibirá y verificará la calidad de los equipos fotovoltaicos. Se almacenarán adecuadamente los componentes, registrando la información correspondiente para garantizar un control eficiente de inventario.	Inspección de almacenamiento, uso de etiquetas y registros de inventario.

3	Instalación de Paneles Solares	Ingeniero de Proyectos (2) Jefe de Proyecto (1)	Instaladores de Paneles Solares (10) Técnicos (10)	El ingeniero de proyectos en conjunto con el jefe de proyectos planificará la disposición de paneles según el diseño, se determinará la instalación de soportes (447) y la fijación de los paneles solares de manera segura y eficiente, asegurando la máxima captación de radiación solar.	Verificación e inspección, pruebas de integridad estructural, uso de EPP.
4	Conexión de Inversores y Cableado	Ingeniero Eléctrico (2) Supervisor de Proyecto (2)	Electricistas (10) Técnicos (3)	Se conectarán los inversores a los paneles solares y al sistema eléctrico. Se determinará el cableado necesario, siguiendo las especificaciones técnicas y normativas eléctricas vigentes.	Inspección de conexiones, pruebas de aislamiento, cumplimiento de normativas eléctricas, uso de equipos de protección personal (EPP),
5	Pruebas y Verificación del Sistema	Supervisor de Proyecto	Técnicos (3)	Se realizarán pruebas de funcionamiento en cada componente del sistema fotovoltaico. Se verificará la eficiencia de la generación de energía y la correcta integración de todos los elementos.	Inspección de la integración del sistema, cumplimiento de normativas de seguridad eléctrica.

6	Puesta en Marcha y Operación Inicial	Supervisor de Proyecto (2)	Técnicos de Mantenimiento (5)	Se iniciarán las operaciones del parque solar y se monitoreará su funcionamiento inicial. Se proporcionará capacitación al personal de operaciones y se establecerá procedimientos para el mantenimiento preventivo.	Monitoreo continuo, uso de manuales operativos y de seguridad.
---	--------------------------------------	----------------------------	-------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia



## 5.7. Mantenimiento del parque solar

Respecto al mantenimiento del parque solar, es sumamente esencial ya que nos permite garantizar un rendimiento eficiente. Los beneficios que derivan de una gestión efectiva del mantenimiento incluyen (Herrera, 2020):

- Mejora del rendimiento, resultando en una mayor cantidad de energía generada.
- Prevención o reducción de los tiempos inoperativos del sistema de generación.
- Aumento de la vida útil del equipo de generación.

Existen diferentes tipos de mantención para un parque solar, realizados de la siguiente manera (Herrera, 2020):

### **Mantenimiento Preventivo:**

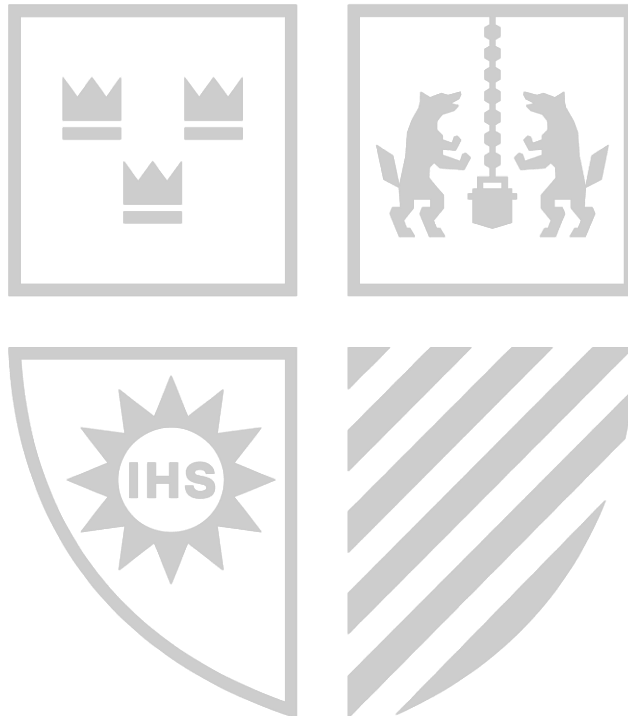
- **Mantenimiento de paneles solares fotovoltaicos:** Se enfoca en evitar o mitigar las consecuencias de posibles fallas, como la acumulación de suciedad en los paneles, que puede disminuir la generación de energía eléctrica entre un 10% y un 15% en rendimiento, es por ello que, su limpieza debe ser mensualmente frecuente y su inspección debe ser bimestral con la finalidad de inspeccionar posibles degradaciones.
- **Mantención de inversores:** Se centra en ubicar los inversores en lugares protegidos de la radiación solar y la humedad, asegurando su eficiencia mediante una ubicación limpia, seca y bien ventilada, sin embargo, mensualmente se debe dar limpieza de los filtros de entrada de aire, así como de las rejillas protectoras de entrada y salida de aire.

**Mantenimiento Predictivo:** Consiste en utilizar la información en tiempo real para llevar a cabo medidas preventivas, como la limpieza o mantenimiento correctivo anticipándose a fallas o detectándolas tempranamente.

**Responsables:**

De acuerdo con Cárdenas y Jaramillo (2021), y en base a la secuencia de actividades que permiten asegurar el desarrollo y mantenimiento del parque solar se necesita el siguiente personal:

- Ingeniero residente (1)
- Supervisor (1)
- Técnico electricista (10)



## CAPÍTULO VI. ESTUDIO ECONÓMICO

### 6.1. Inversión inicial

Para el presente proyecto, se realizó un análisis de la inversión necesaria, enfocado en los activos tangibles e intangibles que son críticos para la creación y ejecución del parque solar en el distrito de La Joya. Es importante destacar que, dado que el proyecto será transferido a una empresa distribuidora de energía en Arequipa, no se han considerado otras inversiones adicionales que, en un contexto operativo, podrían ser necesarias para sostener y gestionar el funcionamiento diario del parque solar. Al enfocar la inversión exclusivamente en la adquisición y desarrollo de los activos esenciales, el proyecto se presenta como una solución optimizada y perfectamente alineada con los objetivos de cualquiera empresa distribuidora de energía en el Perú.

La inversión inicial se compone por activos tangibles como paneles solares, inversores, transformadores, y las estructuras de soporte, todos ellos fundamentales para la generación y distribución de energía. También se han considerado componentes clave como la obra civil, la instalación eléctrica, que es esencial para la correcta distribución y manejo de la energía generada; el montaje mecánico del sistema fotovoltaico, que garantiza la óptima colocación y funcionamiento de los paneles solares; y la línea AC y conexión, que es vital para integrar el sistema fotovoltaico con la red eléctrica, asegurando una transmisión eficiente de la energía generada.

Finalmente se contempla el capital de trabajo necesario para respaldar las operaciones de la empresa, siendo este el fondo financiero con el que la empresa puede llevar a cabo todas sus actividades operativas.

#### *6.1.1. Inversión en activos tangibles*

**Tabla 13***Activos tangibles*

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Terreno</b>			
Terreno m2	30,000.00	S/ 97.00	S/2,910,000.00
<b>Inversión del terreno</b>			<b>S/2,910,000.00</b>
<b>Equipos</b>			
Paneles fotovoltaicos	4,019	S/ 864.35	S/ 3,474,168.39
Inversor	10	S/ 18,800.00	S/ 188,000.00
Transformador	1	S/ 238,750.00	S/ 238,750.00
Estructura de soporte	33	S/ 691.26	S/ 22,811.58
<b>Inversión equipos</b>			<b>S/ 3,923,729.97</b>
<b>Otros</b>			
Obra civil	1	S/ 153,005.74	S/ 153,005.74
Instalación Eléctrica	1	S/ 107,145.75	S/ 107,145.75
Montaje mecánico del sistema fotovoltaico	1	S/ 181,302.45	S/ 181,302.45
Línea AC y Conexión	1	S/ 888,076.28	S/ 888,076.28
<b>Inversión Otros</b>			<b>S/ 1,329,530.21</b>
<b>Inversión Total</b>			<b>S/ 8,163,260.18</b>

Fuente: Elaboración propia

**6.1.2. Inversión en activos intangibles**

La inversión en activos intangibles representa los costos asociados a elementos esenciales no físicos pero que son esenciales para la ejecución del proyecto. Estos incluyen los estudios previos, que garantizan que el proyecto esté bien fundamentado y tenga un alto potencial de éxito desde sus primeras etapas, y la ingeniería, que asegura la integración eficiente y segura de todas las partes del proyecto, alineándose con los estándares técnicos y normativos.

**Tabla 14***Inversión en Intangibles*

<b>Intangibles</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
Estudios previos	1	S/ 4,000.00	S/ 4,000.00
Ingeniería	1	S/ 187,500.00	S/ 187,500.00

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.3. Capital de trabajo

Si bien el proyecto será efectuado por la empresa distribuidora de energía en Arequipa, es importante considerar una gestión adecuada del capital de trabajo para garantizar el éxito operativo del proyecto. Es por ello que se evaluó cuidadosamente los plazos de pago, recepción de pagos, gestión de inventario y administración de efectivo, considerando lo siguiente: Se han establecido directrices recomendadas que incluyen un plazo de 30 días para el cobro de cuentas, 60 días para el pago, y un período de rotación de inventarios de 30 días (paneles solares, cables y otros componentes) y un control del 2% para el efectivo. Así también, un fondo de S/ 100,000 soles anuales para respaldar el desarrollo continuo de las actividades productivas.

**Tabla 15.**

*Inversión en Capital de trabajo*

Secciones	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos		5,291,572.00	5,357,924.00	5,424,276.00	5,490,628.00	5,548,686.00
Costos		1,414,148.00	1,414,148.00	1,414,148.00	1,414,148.00	1,414,148.00
Totales						
Cuentas por cobrar	30.00	440,964.33	446,493.67	452,023.00	457,552.33	462,390.50
Inventario	30.00	117,845.67	117,845.67	117,845.67	117,845.67	117,845.67
Cuentas por pagar	60.00	235,691.33	235,691.33	235,691.33	235,691.33	235,691.33
% Efectivo	0.02	105,831.44	107,158.48	108,485.52	109,812.56	110,973.72
Capital inicial	100,000.00	428,950.11	435,806.48	442,662.85	449,519.23	455,518.55
<b>CAPITAL DE TRABAJO NETO</b>	<b>100,000.00</b>	<b>344,575.11</b>	<b>6,856.37</b>	<b>6,856.37</b>	<b>6,856.37</b>	<b>5,999.33</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.2. Costos

De acuerdo con la Cooperación Alemana al Desarrollo y al Ministerio de Energía de Bolivia, los costos asociados con la operación, mantenimiento y administración de plantas solares fotovoltaicas se consideran costos fijos. Esto abarca tanto al personal

encargado de supervisar la operación como al personal administrativo. Por otro lado, los demás costos, como los de vigilancia y seguros, están directamente vinculados al tamaño de la planta. Ninguno de estos costos está relacionado con el volumen de producción, por lo tanto, no se identifican costos variables en las plantas solares fotovoltaicas (Cooperación Alemana al Desarrollo, Ministerio de Energías Bolivia, 2018).

**Tabla 16**

*Costos fijos de operación y mantenimiento (S/.)*

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo anual
Capacitaciones	12	S/500.00	S/ 6,000.00
Mantenimiento	6	S/50,000.00	S/300,000.00
Operación	365	S/250.00	S/91,250.00
Seguros	12	S/1,300.00	S/15,600.00
Transporte	365	S/100.00	S/36,500.00
Implementos de seguridad	20	S/1,200.00	S/24,000.00
Suministro Cables	1	S/187,500.00	S/187,500.00
<b>Total</b>			<b>S/473,350.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17**

*Costos fijos de personal (S/.)*

Puesto	Cant .	Sueldo anual	Gratif.	Rem. computable	Seguro Social	CTS	Costo total anual
Jefe de planta	1	S/48,000.00	S/8,000.00	S/56,000.00	S/5,040.00	S/1,750.00	S/62,790.00
Técnicos asistentes	3	S/115,200.00	S/19,200.00	S/134,400.00	S/12,096.00	S/5,250.00	S/151,746.00
Técnicos electricistas	10	S/300,000.00	S/50,000.00	S/350,000.00	S/31,500.00	S/17,500.00	S/399,000.00
Ingeniero residente	1	S/42,000.00	S/7,000.00	S/49,000.00	S/4,410.00	S/1,750.00	S/55,160.00
Vigilantes	2	S/43,200.00	S/7,200.00	S/50,400.00	S/4,536.00	S/3,500.00	S/58,436.00
Asesor de servicio	1	S/19,200.00	S/3,200.00	S/22,400.00	S/2,016.00	S/1,750.00	S/26,166.00
<b>Total</b>							<b>S/753,298.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.3. Financiamiento

La estructura de financiamiento del proyecto originalmente incluye la cantidad a ser financiada que se compone de la inversión inicial y el capital de trabajo, siendo el 60% provisto por los accionistas, mientras que el saldo restante será cubierto mediante un préstamo de S/ 3,381,904.07. Este préstamo conlleva una tasa efectiva anual del 28.8%, correspondiente a las condiciones aplicables para las empresas, según el Portal de la SBS. Sin embargo, la tasa de interés y proporción de capital aportado por los accionistas puede variar dependiendo de las políticas internas de las empresas distribuidoras de energía en el Perú y de las condiciones del mercado cuando el proyecto sea ejecutado.

**Tabla 18**

*Estructura financiera del Proyecto*

Rubros	Aporte Propio	Préstamo	Total
<b>1.Inversión tangible</b>	<b>S/4,897,956.11</b>	<b>S/3,265,304.07</b>	<b>S/ 8,163,260.18</b>
Terreno	S/1,746,000.00	S/1,164,000.00	S/ 2,910,000.00
Equipos	S/2,354,237.98	S/1,569,491.99	S/ 3,923,729.97
Otros	S/797,718.13	S/531,812.09	S/ 1,329,530.21
<b>2.Inversión Intangible</b>	<b>S/114,900.00</b>	<b>S/76,600.00</b>	<b>S/191,500.00</b>
Ingeniería	S/112,500.00	S/75,000.00	S/187,500.00
Estudios previos	S/2,400.00	S/1,600.00	S/4,000.00
<b>3.Capital de trabajo</b>	<b>S/60,000.00</b>	<b>S/40,000.00</b>	<b>S/100,000.00</b>
<b>4.Inversión total</b>	<b>S/5,072,856.11</b>	<b>S/3,381,904.07</b>	<b>S/8,454,760.18</b>
Cobertura	<b>60.00%</b>	<b>40.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia

La *tabla 20* presenta la estructura de financiamiento donde se estima que en un periodo de 5 años la anualidad es de S/ 1,205,706.61 soles con una inversión de total de S/ 3,381,904.07.

**Tabla 19**

*Financiamiento*

Periodo	Pago	Intereses	Amortización	Deuda pendiente
0	0	0	0	3,381,904.07
1	1,205,706.61	823,250.82	382,455.79	2,999,448.28
2	1,205,706.61	712,950.57	492,756.04	2,506,692.24
3	1,205,706.61	570,839.73	634,866.88	1,871,825.36

4	1,205,706.61	387,744.12	817,962.49	1,053,862.87
5	1,205,706.61	151,843.74	1,053,862.87	0.00

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4. Depreciación

La depreciación de los activos se ha determinado para aquellos bienes tangibles relacionados directamente con las operaciones de la planta, tales como paneles fotovoltaicos, inversor, transformador y estructura de soporte. Este cálculo de depreciación se extiende a lo largo de los primeros 5 años de operación, reflejando la disminución en el valor de estos activos durante su vida útil. La depreciación de estos activos será considerada en la elaboración del estado de resultados, asegurando una representación precisa de los costos asociados.

**Tabla 20**

*Depreciación de activos en un periodo de 5 años*

Concepto	Años				
	1	2	3	4	5
Inversión Equipos	784,746	784,746	784,746	784,746	784,746
<b>Total depreciación</b>	<b>784,746</b>	<b>784,746</b>	<b>784,746</b>	<b>784,746</b>	<b>784,746</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 6.5. Ingresos

Los ingresos proyectados se generan a partir de las ventas de energía eléctrica, cuyo monto depende de diversos factores, incluyendo el comportamiento de la demanda, la densidad poblacional y el precio ofertado por kilovatio-hora (\$/KWh) en los períodos futuros. Para este análisis, se ha tomado como referencia el precio de 0.22 \$/KWh, tal como lo ofrece la Central Majes Sur (Voltaika Perú, 2024), el cual servirá como base para las proyecciones financieras y la estimación de ingresos.

**Tabla 21***Ingresos proyectados (kg)*

Año	Población	Demanda de energía eléctrica GWh/ Kwh	Precio dólares	Ingresos dólares	Ingresos soles
2024	1,774.92	6,300,000	0.22	\$1,386,000.00	S/5,225,220.00
2025	1,807.69	6,380,000	0.22	\$1,403,600.00	S/5,291,572.00
2026	1,840.45	6,460,000	0.22	\$1,421,200.00	S/5,357,924.00
2027	1,873.21	6,540,000	0.22	\$1,438,800.00	S/5,424,276.00
2028	1,905.98	6,620,000	0.22	\$1,456,400.00	S/5,490,628.00
2029	1,938.74	6,690,000	0.22	\$1,471,800.00	S/5,548,686.00
2030	1,971.50	6,770,000	0.22	\$1,489,400.00	S/5,615,038.00

Fuente: Elaboración propia

**6.6. Estado de pérdidas y ganancias**

El estado de pérdidas y ganancias que se muestra en la *tabla 23*, se compone de costos e ingresos. Estos valores se extraen directamente de las tablas presentadas anteriormente.

El estado de resultados proyectado muestra un crecimiento sostenido en ingresos, pasando de S/ 5,291,572 en el primer año a S/ 5,548,686 en el quinto año, con una utilidad neta que aumenta de S/ 2,313,367 a S/ 2,493,347 en el mismo período. Por otro lado, los gastos de ventas y operativos se mantienen estables, lo que contribuye a una utilidad operativa creciente. Así también, estos resultados evidencian que las utilidades serán positivas en los próximos cinco años, lo que indica que el proyecto es financieramente sólido y una inversión atractiva para cualquier empresa dedicada a la distribución de energía. Sin embargo, en esta etapa no se aborda el Valor Actual Neto (VAN) ni la Tasa Interna de Retorno (TIR); en su lugar, se analizarán los flujos de efectivo del proyecto, que se detallarán en la siguiente sección.

**Tabla 22***Estado de resultados*

Concepto	Años				
	1	2	3	4	5

Ingresos por ventas	5,291,572	5,357,924	5,424,276	5,490,628	5,548,686
Costo de ventas	-1,121,100	-1,121,100	-1,121,100	-1,121,100	-1,121,100
<b>Utilidad bruta</b>	<b>4,170,472</b>	<b>4,236,824</b>	<b>4,303,176</b>	<b>4,369,528</b>	<b>4,427,586</b>
Gastos de ventas	-26,166	-26,166	-26,166	-26,166	-26,166
Gastos de operación	-54,750	-54,750	-54,750	-54,750	-54,750
Depreciación	-784,746	-784,746	-784,746	-784,746	-784,746
<b>Utilidad operativa</b>	<b>3,304,810</b>	<b>3,371,162</b>	<b>3,437,514</b>	<b>3,503,866</b>	<b>3,561,924</b>
Impuesto a la renta	-991,443	-1,011,349	-1,031,254	-1,051,160	-1,068,577
<b>Utilidad neta</b>	<b>2,313,367</b>	<b>2,359,813</b>	<b>2,406,260</b>	<b>2,452,706</b>	<b>2,493,347</b>
Depreciación	784,746	784,746	784,746	784,746	784,746
<b>Utilidad del periodo</b>	<b>3,098,113</b>	<b>3,144,559</b>	<b>3,191,006</b>	<b>3,237,452</b>	<b>3,278,093</b>

Fuente: Elaboración propia

## 6.7. Flujo de caja

El flujo de caja se calcula utilizando los costos e ingresos, incluyendo el IGV, al analizar estos resultados se observa un comportamiento positivo a lo largo del tiempo, a pesar de la constante depreciación de S/ 784,746 anual y los gastos de operación, el proyecto genera utilidades operativas crecientes, resultando un flujo de caja económico positivo desde el primer año, alcanzando S/ 5,333,958 en el quinto año. Además, tras considerar un préstamo inicial y los costos financieros asociados, el flujo de caja financiero también es positivo, incrementándose de S/ 2,314,141 a S/ 4,128,252 a lo largo del periodo, indicando una buena capacidad de generar ingresos suficientes para cubrir los costos operativos, amortización e intereses. Este rendimiento positivo garantiza no solo la recuperación inicial, sino también la generación de valor a largo plazo

**Tabla 23**

*Flujos de caja*

Concepto	Años				
	0	1	2	3	4

Ingresos	6,244,055	6,322,350	6,400,646	6,478,941	6,547,449
Costo de ventas	-1,322,898	-1,322,898	-1,322,898	-1,322,898	-1,322,898
Utilidad bruta	4,921,157	4,999,452	5,077,748	5,156,043	5,224,551
Gastos de ventas	-26,166	-26,166	-26,166	-26,166	-26,166
Gastos de operación	-54,750	-54,750	-54,750	-54,750	-54,750
Utilidad operativa	4,840,241	4,918,536	4,996,832	5,075,127	5,143,635
Depreciación	-784,746	-784,746	-784,746	-784,746	-784,746
Utilidad antes de intereses e impuestos	4,055,495	4,133,790	4,212,086	4,290,381	4,358,889
IGV a pagar		-1257186	-774572	-786515	-796965
Impuesto a la renta	-991,443	-1,011,349	-1,031,254	-1,051,160	-1,068,577
Depreciación	784,746	784,746	784,746	784,746	784,746
<b>Utilidad después de impuestos</b>	<b>3,848,798</b>	<b>2,650,001</b>	<b>3,191,006</b>	<b>3,237,452</b>	<b>3,278,093</b>
Inversión inicial	-8,163,260				
Capital de trabajo	-100,000	-328,950	-6,856	-6,856	-5,999
Valor de recupero					2,061,865
<b>FLUJO DE CAJA ECONÓMICO</b>	<b>-8,263,260</b>	<b>3,519,848</b>	<b>2,643,145</b>	<b>3,184,149</b>	<b>3,230,596</b>
Préstamo	3,381,904				
Amortización	-382,456	-382,456	-382,456	-382,456	-382,456
Intereses	-823,251	-823,251	-823,251	-823,251	-823,251
<b>FLUJO DE CAJA FINANCIERO</b>	<b>-4,881,356</b>	<b>2,314,141</b>	<b>1,437,438</b>	<b>1,978,443</b>	<b>2,024,889</b>

Fuente: Elaboración propia

El impuesto a la renta asciende al 30% de la ganancia operativa detallada en el estado financiero. En cuanto al IGV a abonar, se calcula a partir de la disparidad entre el IGV generado por las ventas y el IGV originado por las compras proyectadas para los próximos cinco años. Con estos datos en consideración, se inicia el cálculo de la rentabilidad del proyecto.

## 6.8. Evaluación económica

Según De Sousa (2013), se halla la tasa de descuento mediante la fórmula del CAPM. Este método se suele usar en análisis financiero con el fin de estimar el costo de capital, que es esencialmente la tasa de retorno y así poder justificar la inversión del proyecto.

$$K_u = R_f + B_u * (R_m - R_f) + R_p$$

Donde:

K <sub>u</sub>	Costo de capital
R <sub>f</sub>	Tasa libre de riesgo
R <sub>m</sub>	Rendimiento del mercado
B <sub>u</sub>	Beta desapalancada
R <sub>p</sub>	Riesgo país

Los datos de la tasa libre de riesgo, rendimiento del mercado, beta y riesgo país fueron extraídos de la fuente Damoradaran (2021). Por lo tanto, la tasa de descuento resultante sería:

$$K_u = 0.0332 + 0.33 * (0.217 - 0.0332) + 0.0167$$

$$K_u = 0,1106$$

Con la tasa de descuento calculada, se determina el Valor Actual Neto (VAN), seguido del cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y del periodo de recuperación de la inversión, utilizando la herramienta Excel. Estos indicadores financieros son importantes ya que nos permiten evaluar la viabilidad económica del proyecto.

**Tabla 24**

*Evaluación económica*

Indicadores	Económico
Valor actual neto	4,655,435.53
Tasa interna de retorno	30%
Periodo de recuperación	2.79
Beneficio costo	1.56

Fuente: Elaboración propia

- El Valor Actual Neto (VAN) económico presenta un saldo positivo y significativo, indicando que el proyecto es económicamente viable.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR) económica es significativamente superior al costo de capital estimado mediante el modelo CAPM, es decir genera un rendimiento del 30%. Lo que indica que el proyecto es altamente rentable, incrementando la atractividad del proyecto
- El Período de recuperación de la inversión (PIR) muestra que la inversión inicial será recuperada en un periodo relativamente corto, lo que reduce el riesgo asociado.
- La Relación Beneficio-Costo (B/C) para ser considerada aceptable, debe superar el valor de 1, lo que sugiere que por cada S/1 invertido, se obtendría aproximadamente S/2.79 en el flujo económico, esto confirma que nuestro proyecto es económicamente viable y genera un retorno significativo sobre la inversión.

## 6.9. Evaluación financiera

Se empleará la Tasa de Descuento Ponderada por el Costo del Capital (WACC) dado que considera tanto la contribución de capital propio como el nivel de endeudamiento en relación con los costos financieros del proyecto. La fórmula del WACC vincula el costo del capital propio (CAPM), el capital propio (E), la deuda financiera (D), el costo de endeudamiento (Kd) y la tasa impositiva (T).

$$WACC = K_e \times (E/E + D) + K_d \times (1 - T) \times (D/E + D)$$

Siendo los valores para el cálculo:

$K_e$	=	0.1106
$E$	=	S/. 5,072,856.11
$D$	=	S/. 3,381,904.07
$K_d$	=	$R_f + 200p.b$

$$K_d = 0.0332 + 0.02$$

$$K_d = 0.053 \approx 5.3\%$$

$$T = 0.2884$$

$$WACC = 8.148\%$$

Con la tasa de descuento calculada, se halla el VAN seguido de la tasa interna de retorno y el periodo de recuperación del flujo financiero.

**Tabla 25.**

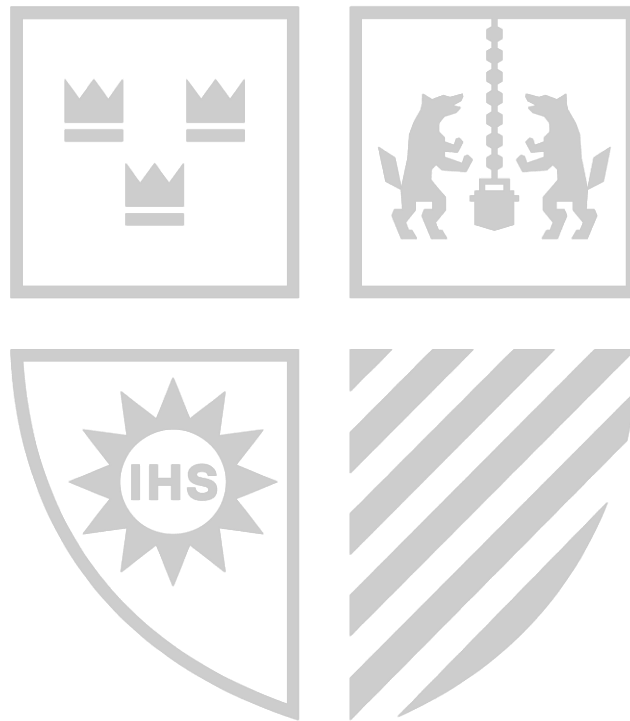
*Evaluación financiera*

<b>Indicadores</b>	<b>Financiero</b>
Valor actual neto	4,322,346.86
Tasa interna de retorno	35%
Periodo de recuperación	2.79
Beneficio costo	1.89

Fuente: Elaboración propia

- El Valor Actual Neto (VAN) económico muestra un saldo positivo y significativo, lo que indica que el proyecto generará un valor adicional de S/ 4,322,346.86 sobre la inversión inicial. Este resultado permite demostrar que el proyecto no solo es rentable, sino que también agrega un valor considerable, destacando su alta viabilidad financiera.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR) genera un rendimiento del 35%, esto nos indica que la inversión proporciona un retorno considerable.
- El Período de Recuperación de la Inversión (PIR) económica muestra que la inversión inicial se recuperara en un periodo relativamente corto, lo que permite reducir el riesgo financiero para los inversores.
- La Relación Beneficio-Costo (B/C) para ser considerada aceptable, debe superar el valor de 1, lo que sugiere que por cada S/1 invertido, se obtendría

aproximadamente S/1.89 en el flujo económico, lo que indica que los beneficios del proyecto superan significativamente los costos, respaldando su inversión.



## CAPÍTULO VII. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### 7.1. Caracterización del ambiente

a) Medio biótico: Abarca todos los elementos biológicos asociados al entorno del proyecto. La riqueza biológica presente en un área puede favorecer la existencia de numerosas especies.

- Flora: El distrito de la Joya al estar ubicado en una región árida del sur de Perú, alberga una flora adaptada a condiciones semiáridas. Se pueden encontrar plantas xerofíticas, como cactus y suculentas, que son capaces de resistir condiciones de sequía.
- Fauna: El lugar donde se ubica el proyecto cuenta con una escasa variedad de especies de fauna. Las especies más comunes, son aves como el gallinazo, roedores, reptiles como lagartijas, y algunos mamíferos adaptados a la vida en climas áridos.

b) Medio abiótico: Son los elementos no biológicos que caracterizan un entorno.

- Agua: Se dispone de áreas con suministro de agua potable y sistemas de alcantarillado, así como canales de riego cercanos a las áreas de cultivo.
- Suelo: El terreno donde se localiza el proyecto se encuentra en una región plana, siendo predominantemente de composición arenosa.
- Aire: La calidad del aire en las proximidades se ve afectada por la movilidad de los trenes de la estación la Joya Perúrail, lo que podría resultar en la presencia de

gases tóxicos como CO<sup>2</sup> y CO. La temperatura promedio en la zona varía entre 10°C y 35°C.

- Paisaje: El entorno se define por un paisaje rural, así mismo destacan extensas zonas de llanura árida y desértica, y el clima en la zona se clasifica como templado.

c) Medio antrópico: El medio antrópico es el componente humano, las acciones y consecuencias que tiene la actividad humana en el medio ambiente.

- Social: La población del distrito de La Joya alcanza aproximadamente los 32,019 habitantes, con una marcada tasa de crecimiento poblacional urbana. Sin embargo, la comunidad aún enfrenta desafíos en cuanto a la disponibilidad de servicios básicos, centros de salud y educativos.
- Económico: En los alrededores del proyecto, la actividad agrícola es la predominante.
- Cultural: En términos culturales, la zona carece de áreas con elementos arquitectónicos distintivos o representativos.

## 7.2. Evaluación de impactos

Mediante una matriz cualitativa basada en la matriz de Leopold, se identificaron los impactos principales generados por el proyecto de prefactibilidad, que consiste en la instalación y operación de un parque solar. La evaluación del proyecto se divide las fases de instalación y operación, abarcando desde la etapa preoperativa hasta las actividades de producción en curso. Este análisis de identificación de impactos se realiza mediante un checklist, donde se marca si una actividad específica representa un impacto en el factor ambiental. La evaluación de los impactos se basa en su efecto en el entorno, y la medida de impacto se determina según la importancia, utilizando una fórmula que considera elementos como naturaleza, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad.

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

**Tabla 26**

*Factores de importancia*

<b>Naturaleza</b>	+ Impacto positivo		Inmediata	1
	- Impacto negativo		A mediano plazo	2
<b>Extensión (EX)</b>	Puntual	1	Compensable	4
	Parcial	2	Irrecuperable	8
	Extenso	4	Simple	1
	Total	8	Acumulativo	4
	Crítica	12	Baja	1
<b>Persistencia (PE)</b>	Fugaz	1	Media	2
	Temporal	2	Alta	4
	Permanente	4	Muy alta	8
<b>Sinergia (SI)</b>	Sinergia simple	1	Total	12
	Sinérgico	2	A corto plazo	1
	Muy sinérgico	4	Mediano plazo	2
<b>Efecto (EF)</b>	Indirecto	1	Irreversible	4
	Directo	4	Largo plazo	1
<b>Periodicidad (PR)</b>	Discontinua	1	Mediano plazo	2
	Periódica	2	Inmediato	4
	Continua	4	Crítico	8
		<b>Recuperabilidad (MC)</b>		
		<b>Acumulación (AC)</b>		
		<b>Intensidad (IN)</b>		
		<b>Reversibilidad (RV)</b>		
		<b>Momento (MO)</b>		

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procederá a analizar el tipo de impacto, considerando la valoración de su relevancia.

**Tabla 27**

*Nivel de importancia de impacto ambiental*

Impacto negativo	Impacto positivo	Rango de impacto
Irrelevante	Leve	Menor a 25
Moderado	Moderado	Entre 25 a 50
Severo	Alto	Entre 50 a 75
Crítico	Muy alto	Mayor a 75

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28**

*Matriz de Identificación de Impactos*

Parámetros			Ejecución				Operación						
Componente	Factores Ambientales	Impactos ambientales	Actividades	Actividades de adecuación de tierras y espacios	Construcción de estructuras	Instalación de servicios varios	Movilización de maquinarias y equipo	Circulación vehicular	Actividades de operación de carga y descarga de insumos	Actividades de Mantenimiento	Actividades de producción	Actividades administrativas	
				AC01	AC02	AC03	AC04	AC05	AC06	AC07	AC08	AC09	
Medio Abiótico	Agua	AB01	Deterioro en la calidad del agua superficial										
		AB02	Deterioro en la calidad del agua subterránea										
		AB03	Generación de aguas residuales										
		AB04	Incremento en el consumo de agua										
	Suelo	AB05	Alteración de la calidad química del suelo										
		AB06	Alteración de la capa orgánica	x	x	x	x		x				x
		AB07	Generación de residuos sólidos										
		AB08	Deterioro en la estructura física										
		AB09	Generación de escombros	x									
	Aire	AB10	Deterioro de la calidad del aire por incremento de gases										
		AB11	Deterioro de la calidad del aire por incremento de partículas										
		AB12	Incremento del ruido										

	Paisaje	AB13	Alteración en la calidad del paisaje	x	x	x			
		AB14	Pérdida de biodiversidad						
Medio Biótico	Flora	BI15	Pérdida de cobertura vegetal						
		BI16	Pérdida de productividad vegetal						
		BI17	Activación del crecimiento de especies pioneras foráneas						
	Fauna	BI18	Riesgo de incendios forestales						
		BI19	Desplazamiento de la fauna terrestre						
		BI20	Perturbación de la fauna acuática						
BI21		Alteración del hábitat silvestre							
BI22		Afectación en fauna polinizadora y vectores de semillas							
Medio Antrópico	Social	AN23	Perturbación en la vida familiar						
		AN24	Perturbación en la salud y seguridad pública						
		AN25	Calidad de los servicios básicos						
		AN26	Alteración del estilo de vida						
		AN27	Daños en las vías urbanas						
		AN28	Proliferación de vectores con patógenos o virus						
	Económico	AN29	Generación de fuentes de trabajo	x	x	x	x	x	x
		AN30	Incremento en la dinámica económica	x	x	x		x	x
		AN31	Variación en el gasto y consumo						
		AN32	Afectación en el valor de las propiedades						
		AN33	Flujo turístico						
	Cultural	AN34	Daños arqueológicos						
		AN35	Perturbación cultural						

Fuente: Elaboración propia

De la matriz se identificó un total de 5 impactos, abarcando aspectos tanto positivos como negativos en relación con los factores ambientales. Estos se distribuyen de la siguiente manera: 2 están asociados al suelo, 1 al paisaje y 2 al ámbito económico.

**Tabla 29**  
*Impactos Ambientales identificados*

Código	Impactos ambientales identificados
AB06	Alteración de la capa orgánica
AB09	Generación de escombros
AB13	Alteración en la calidad del paisaje
AN29	Generación de fuentes de trabajo
AN30	Incremento en la dinámica económica

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30**

*Matriz de Importancia de Impactos Ambientales*

Factor ambiental	Impacto ambiental	Actividades								
		AC01	AC02	AC03	AC04	AC05	AC06	AC07	AC08	AC09
Suelo	AB06	-27	-32	-26	-23		-17			-20
	AB09	-33								
Paisaje	AB13	-27	-28	-23						
Económico	AN29	30	38	34	34		34	45		35
	AN30	38	38	34			34	38		42

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.1. Análisis de la Evaluación de Impactos

#### a. Impactos negativos

Dentro de los impactos negativos se incluyen los impactos ambientales hacia el elemento suelo y paisaje del carácter abiótico del medio ambiente. Los impactos negativos considerados irrelevantes representan un 40% del total de los efectos en todas las actividades,

mientras que el 60% corresponde a impactos negativos moderados en todas las actividades, siendo la fase de instalación la que tiene una mayor incidencia en estos impactos.

Las actividades AC04: Movilización de maquinarias y equipo, y AC03: Instalación de servicios varios, son aquellas que generan impactos negativos irrelevantes con los puntajes más altos, específicamente en relación con AB06: Alteración de la capa orgánica y AB13: Alteración en la calidad del paisaje, según se detalla en la tabla. Por otro lado, en los impactos ambientales moderados, las actividades AC01: Actividades de adecuación de tierras y AC02: Construcción de estructuras obtuvieron los puntajes más elevados.

#### **b. Impactos positivos**

La totalidad de los impactos positivos se manifiestan en el componente antrópico, específicamente en el ámbito económico, con un total de 13 efectos relacionados con los impactos AN29: Generación de fuentes de trabajo y AN30: Incremento en la dinámica económica. Las actividades AC07 y AC09 contribuyen con un impacto positivo moderado, ya que las labores de mantenimiento y administración representan una fuente de ingresos directa, sinérgica, extensa, persistente y continua en términos de generación de empleo.

Adicionalmente, las actividades AC01: Actividades de adecuación de tierras y espacios, y AC02: Construcción de estructuras también generan un impacto moderado, especialmente en lo que respecta a la creación de fuentes de trabajo y al aumento de la dinámica económica.

## CONCLUSIONES

- Primera conclusión: Se concluye que la demanda energética experimentará un crecimiento anual constante en términos de población, consumo de energía eléctrica y consumo de energía eléctrica per cápita. Esto llevará a que la demanda alcance los 6.77 GWh para el año 2030.
- Segunda conclusión: Se concluye que el estudio técnico revela una ubicación del proyecto que se beneficia de una irradiación solar significativa, alcanzando un promedio de 2147.14 kWh/m<sup>2</sup>, lo que indica un potencial considerable para una eficiente explotación de energía solar. Se estima que la superficie requerida para la instalación fotovoltaica será de 30,000 m<sup>2</sup>. En este sentido, se ha optado por el uso del módulo fotovoltaico monocristalino de tipo N-TYPE i-TOPCon bifacial de doble vidrio, que ofrece una capacidad máxima de 550 W. Además, se han seleccionado el inversor solar Solis-(185-255)K-EHV-5G-US, el transformador Prolec GE con capacidad nominal de 1000 MVA en configuración trifásica, y la estructura de soporte para los paneles de tipo biposte diseñada para uso en campo abierto y adaptable a las condiciones específicas de la ubicación estudiada.
- Tercera conclusión: Se concluye a partir del análisis económico que el proyecto presenta una rentabilidad positiva. Con una inversión inicial de S/ 8,163,260.18 donde el 60% proviene de recursos propios y el 40% de un préstamo, el proyecto proyecta un Valor Actual Neto (VAN) financiero de S/ 4,655,435.53, lo que indica que se generará un valor significativo sobre la inversión inicial. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) se sitúa en 30%, y la relación beneficio-costos alcanza 1.56.
- Cuarta conclusión: Se concluye, en relación con el estudio ambiental, que el proyecto no dará lugar a impactos severos o críticos en el medio ambiente. Los efectos identificados

son en su mayoría insignificantes o moderados, y se anticipa que el tiempo y actividades de mitigación simples serán suficientes para abordarlos.

- Quinta conclusión: Se concluye que el proyecto promoverá el uso sostenible de los recursos naturales al aprovechar la abundante irradiación solar en la región, un recurso inagotable y de bajo impacto ambiental, y fomentará la conservación del entorno local al minimizar la dependencia de fuentes de energía fósil. Esto no solo reducirá la huella ecológica de la región, sino que también fortalecerá la resiliencia ambiental del área, preservando sus ecosistemas y promoviendo un desarrollo económico que respeta y protege el medio ambiente.
- Sexta conclusión: Se concluye que instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa es una opción viable tanto técnica como económicamente. El estudio técnico revela un alto potencial de irradiación solar en la ubicación del proyecto. El análisis económico demuestra que el proyecto es rentable, con un VAN positivo, una TIR atractiva y una relación beneficio-costos favorable. Estos hallazgos respaldan el potencial del proyecto de parque solar, contribuyendo así a la diversificación de la matriz energética y al desarrollo sostenible de la región.

## RECOMENDACIONES

- Primera recomendación: Se recomienda implementar un programa de capacitación continua y regular para el personal técnico involucrado en la operación del parque solar, ya que la eficiencia y el rendimiento del parque dependen en gran medida de las competencias del personal e influye en la satisfacción de la comunidad servida. Este programa debe incorporar actualizaciones regulares sobre mejores prácticas, nuevas tecnologías y procedimientos de mantenimiento preventivo.
- Segunda recomendación: Se recomienda la obtención de certificaciones reconocidas internacionalmente, como ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, relacionadas con la Gestión de la Calidad, Gestión Ambiental y Salud y Seguridad Ocupacional. Estas certificaciones no solo mejorarán la gestión y la eficiencia operativa, sino que también fortalecerá a el proyecto.
- Tercera recomendación: Se recomienda llevar a cabo investigaciones anuales enfocadas en los avances tecnológicos relacionados con los equipos de generación de energía solar. Esto incluye la evaluación de nuevos módulos fotovoltaicos, inversores, y tecnologías de almacenamiento de energía. Mantenerse actualizado con los últimos desarrollos asegurará que el proyecto opere con máxima eficiencia, incorporando innovaciones que mejoren su rendimiento y sostenibilidad a largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo Viana, L. G. (2008). *Diseños de investigación experimental y no-experimental*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Aguiar, I., Diaz, N., Garcia, Y., Hernandez, M., Marllóqui, V., Santana, D., & Verona, C. (2012). *Finanzas Corporativas en la Práctica*. Madrid: Delta Publicaciones.
- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *Redvet*, 17(9), 1-4. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- Barragán, E., Zalamea, E., Terrados, J., & Parra, A. (2019). Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(2). Obtenido de <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.65720>
- Barrena, M., Ordinola, C., Gosgot, W., Salazar, P., Cruzalegui, R., & Carrasco, H. (2021). Mejoramiento de calidad de vida en zona rural con sistema fotovoltaico de 100 Wp, Chachapoyas, Amazonas, Perú. *Revista Pakamuros*, 76-91. Obtenido de <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/129/136>
- Beltrán, A., & Cueva, H. (2007). *Evaluación Privada de Proyectos* (2 ed.). Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.
- Bonifaz, J. (2001). *Distribución eléctrica en el Perú: regulación y eficiencia*. Lima: Consorcio de Investigación Económica y Social.

- Cabrera, A., & Portugal, D. (2022). *Proyecto de inversión para la construcción de una planta solar fotovoltaica generadora de energía eléctrica de 120 MW en Islay, provincia de Arequipa, 2022*. Lima: Universidad Antonio Ruiz de Montoya.
- Cantos, J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Ediciones paraninfo.
- Cárdenas, W., & Jaramillo, H. (2021). *Diseño de un parque solar en la finca el castañoal chaparral Tolima*. Bogotá: (Tesis de especialización, Universidad Piloto de Colombia).
- Chacón, R. (2017). *Validación de estudios de factibilidad frente al desempeño técnico del parque solar de Zamorano, Honduras*. Zamorano: Escuela agrícola Panamericana.
- Cooperación Alemana al Desarrollo, Ministerio de Energías Bolivia. (2018). *Estudio de determinación de Costos de Operación, Mantenimiento y Administración Fijos de Generación con base en Energías Alternativas*. La Paz: Ministerio de Energías.
- Cruzado, L., & Cruzado, J. (2022). *Evaluación del Impacto Ambiental Aplicando la Matriz de Leopold en el Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Serran – Morropón – Piura*. Piura: [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89056>
- Damodaran. (5 de enero de 2021). *Current Data: Damodaran*. Obtenido de Damodaran online: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- De Sousa Santana, F. (2013). Modelo de valoración de activos financieros (CAPM) y teoría de valoración por arbitraje (APT): Un test empírico en las empresas del sector eléctrico brasileño. *Cuadernos de Contabilidad*, 731-746. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v14n35/v14n35a14.pdf>

- Del-Toro, W. (2019). *Análisis de impacto ambiental y gestión de proyectos en la implementación del parque solar fotovoltaico Guayepo, ubicado en el municipio de Sabanalarga Atlántico*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/27553>
- Estrada, R., & Díaz, B. (2021). Estudio de factibilidad técnico económico y financiero del parque solar fotovoltaico Yaraguanal. *10ma conferencia Científica Internacional*, 1-9. Obtenido de <https://eventos.uho.edu.cu/index.php/ccm/cci10/paper/viewPaper/5606>
- Fajardo, L., Girón, M., Vásquez, C., Fajardo, L., Zuñiga, X., Solis, L., & Pérez, J. (2019). Valor actual neto y tasa interna de retorno como parámetros de evaluación de las inversiones. *Revista internacional operacional*, 469-474. Obtenido de [https://sga.unemi.edu.ec/media/evidenciasiv/2019/07/30/articulo\\_2019730122917.pdf](https://sga.unemi.edu.ec/media/evidenciasiv/2019/07/30/articulo_2019730122917.pdf)
- Figueroa, L., Velasquez, E., & Valladares, C. (2018). *Estudio de factibilidad de planta solar fotovoltaica en la Zona Sur del Perú*. Lima: [Trabajo de investigación, Universidad Antonio Ruiz de Montoya]. Obtenido de <https://repositorio.uarm.edu.pe/items/2ae8a139-f580-4a16-8ee4-7a024309a7b1>
- González, N., & Díaz, C. (2019). *Pre-factibilidad para la implementación de una planta fotovoltaica en la granja avícola Yojoa, Honduras*. San Pedro Sula: UNITEC.
- Herrera, C. (2020). *Estudio de prefactibilidad técnica y económica para la instalación de una planta de generación de energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos*. Arica: [Tesis de titulación, Universidad de Tarapacá].
- ILPES, Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social. (2001). *Guía para la presentación de proyectos*. México: Siglo XXI editores.

INEI. (2018). *Arequipa. Resultados definitivos*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e informática. Obtenido de

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1551/04TOMO\\_01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1551/04TOMO_01.pdf)

Instituto geofísico de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. (2010). *Niveles límites que puede soportar la ciudad de Arequipa de radiación solar y ultravioleta*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

León-Martínez, J., Morejón-Mesa, Y., Melchor-Orta, G., Rosabal-Padrón, L., Quintana-A, R., & Hernández- Cuello, G. (2021). Sizing of a Photovoltaic Solar Park for the Center for Agricultural Mechanization (CEMA). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(4). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542021000400010&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542021000400010&script=sci_arttext)

Leopold, L. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Washington D.C.: U.S. Geological Survey. Obtenido de <https://pubs.usgs.gov/publication/cir645>

Lira, P. (2021). *Evaluación de Proyectos de Inversión*. Bogotá: Ediciones de la U.

Lorenzana, E., & Serrano, E. (2022). *Estudio de la viabilidad de un parque solar de 4,32 mw en Santovenia de la Valdoncina, León*. León: [Tesis de maestría, Universidad de León]. Obtenido de [https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/16685/Lorenzana\\_González\\_Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/16685/Lorenzana_González_Eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Martínez, A., Afanador, E., Gonzalo, J., Nuñez, J., Ramírez, R., Yepes, T., & Garzón, J. (2013). *Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca*. Bogotá: Fedesarrollo.

MINEM. (29 de Abril de 2024). *Ministerio de Energía y Minas*. Recuperado el 24 de Julio de 2024, de MINEM: Producción eléctrica nacional llegó a los 5,216 GWh en febrero de 2024: <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/946258-minem-produccion-electrica-nacional-llego-a-los-5-216-gwh-en-febrero-de-2024>

Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Anuario estadístico de Electricidad 2019-2021*. Obtenido de [https://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13396](https://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=13396)

Miranda, J. (2005). *Gestión de Proyectos: evaluación financiera económica* (5 ed.). Bogotá: MM editores.

Moreno, J. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de ingeniería*(49), 29-37. Obtenido de <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7488>

Municipalidad de la Joya. (2022). *Estadísticas*. Obtenido de [https://www.municipalidadlajoya.gob.pe/RIESGOS/Estad%C3%ADsticas\\_INSPECCIONES.php#:~:text=POBLACI%C3%93N,INEI%20en%20el%20a%C3%B1o%202017](https://www.municipalidadlajoya.gob.pe/RIESGOS/Estad%C3%ADsticas_INSPECCIONES.php#:~:text=POBLACI%C3%93N,INEI%20en%20el%20a%C3%B1o%202017).

Murillo, D., & Acosta, E. (2019). *Pre-factibilidad en la instalación de paneles solares en el plantel Seabord Honduras, San Pedro Sula, 2019*. San Pedro Sula: UNITEC.

Narváez, J., Aguas, F., & Oviedo, J. (2012). Diseño y dimensionamiento de plantas solares autónomas para viviendas típicas de la zona rural del Departamento de Córdoba. *Elementos*, 2(2), 67-81. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5085361>

Ortiz, G. (2020). *Evaluación Técnica y-Financiera del Parque Solar de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, durante su cuarto año de operación*. Zamorano: [Tesis de

- titulación, Escuela Agrícola Panamericana]. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fcf2a8d4-a7fd-41cd-8019-9b5b11e757ba/content>
- Pérez, S. (2019). *Factibilidad técnica, económica y social de instalaciones eléctricas solar fotovoltaicas para el consumo doméstico de la localidad de "El Vallecito", Cusco*. Lima: [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15352>
- Ramírez, G. (2014). *Estudio de Prefactibilidad para la creación de un Centro de Masoterapia y Estética en el Cantón de Montes de Oca*. San José: Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Rivera, I. (2020). *Estudio de prefactibilidad para instalación de paneles solares en Coats Honduras S.A., Choloma, 2020*. San Pedro Sula, Crotés: UNITEC.
- Rúa, E., Mendoza, I., Torres, E., Flórez, E., & Serrano, J. (2021). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. *Revista UIS Ingenierías*, 20(2). Obtenido de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/10851>
- Sapag, R., & Sapag, N. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos (Quinta ed.)*. Santiago de Chile: McGraw-Hill Interamerica.
- Sawin, J., Seyboth, K., & Sverrisson, F. (2016). *Energías renovables 2016: Reporte de la situación mundial*. Paris: REN 21.
- Siverio, L., Quintero, D., & Fariñas, E. (2021). Eficiencia energética en edificios de oficinas mediante tecnología LED y parque solar FV. *Ingeniería Energética*, 42(2), 1-10. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012021000200069&script=sci\\_arttext#B2](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012021000200069&script=sci_arttext#B2)

Tovar, A. (2014). *Evaluación de impacto ambiental de la energía solar y eólica en la abiota de Colombia*. Bogotá: [Programa de especialización, Universidad Militar Nueva Granada].

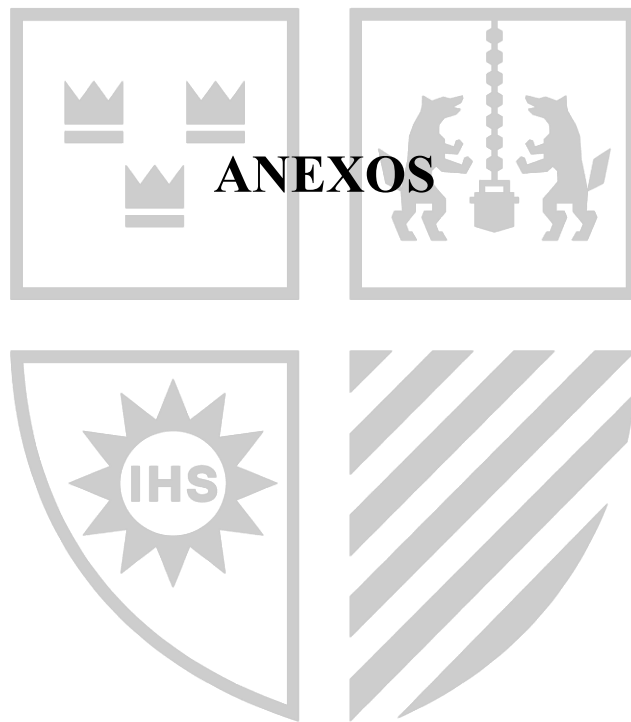
Unión Europea. (30 de Enero de 2024). *Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica*. Obtenido de [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en)

Valle, A. M. (2022). *La investigación descriptiva con enfoque cualitativo en educación*. Lima: PUCP.

Vega-Malagón, G. Á.-M.-M.-C.-S.-A. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/236413540.pdf>

Verdugo, E. (2022). *Estudio de prefactibilidad para planta fotovoltaica en Oxiquim S.A.* Concepción: [Tesis de titulación, Universidad de Concepción].

Voltaika Perú. (7 de Marzo de 2024). *Las Siete Plantas Solares Fotovoltaicas en el Perú*. Obtenido de <https://voltaika.net/las-siete-plantas-solares-fotovoltaicas-en-el-peru/>

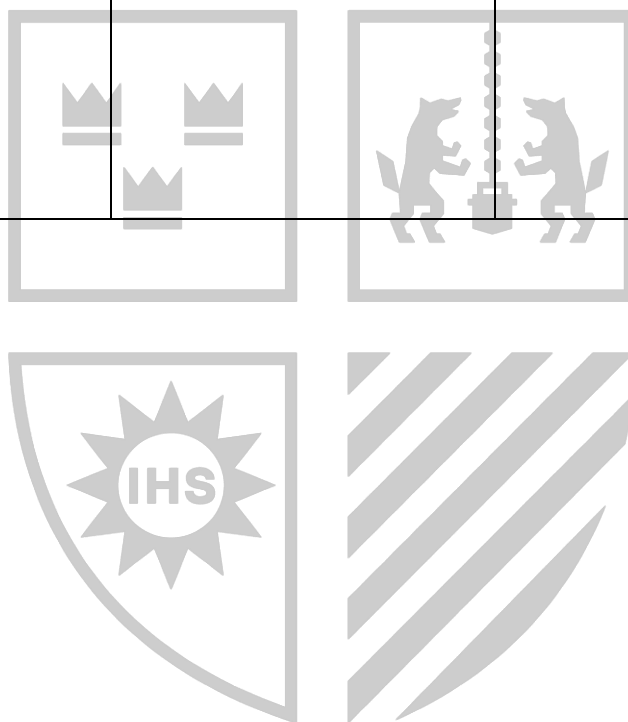


## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Pregunta	Objetivos	Metodología
<p>¿Es factible desde una perspectiva técnica, económica y ambiental la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya de la ciudad de Arequipa en el año 2024?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Elaborar un estudio de prefactibilidad técnico, económico y ambiental para la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya de la ciudad de Arequipa, 2024.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la demanda eléctrica a través del consumo registrado por la población durante los últimos cuatro años en la zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.</li> <li>• Desarrollar un estudio técnico para llevar a cabo la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.</li> <li>• Determinar mediante un estudio económico la rentabilidad de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en</li> </ul>	<p><u>Tipo de investigación:</u> Descriptivo</p> <p><u>Diseño de investigación:</u> No experimental</p> <p><u>Técnica de recopilación de datos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis bibliográfico</li> <li>• Análisis estadístico</li> </ul> <p><u>Instrumento de recopilación de datos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DOP</li> <li>• Layout</li> <li>• Hoja de cálculo</li> <li>• VAN, TIR, PRI, B/C</li> </ul>

la ciudad de Arequipa, 2024.

- Evaluar el efecto ambiental y social de la instalación de un parque solar en una zona rural del distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, 2024.



## ANEXO 2: INFORME DE SIMULACIÓN EN PVSYST 7.2.8



### PVsyst V7.2.8

VC0, Simulation date:  
15/08/24 11:01  
with v7.2.8

### Project: Proyecto F

Variant: Nueva variante de simulación

#### Project summary

<b>Geographical Site</b> <b>La Joya</b> Perú	<b>Situation</b> Latitude -16.73 °S Longitude -71.87 °W Altitude 1231 m Time zone UTC-5	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> La Joya PVGIS api TMY		

#### System summary

<b>Grid-Connected System</b> <b>PV Field Orientation</b> Tracking plane, horizontal N-S axis Axis azimuth 0 °	<b>Tracking system</b> <b>Near Shadings</b> Linear shadings	<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)
<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 3828 units Pnom total 2680 kWp	<b>Inverters</b> Nb. of units 9 units Pnom total 2295 kWac Pnom ratio 1.168	

#### Results summary

Produced Energy	7208 MWh/year	Specific production	2690 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	85.10 %
-----------------	---------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

#### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7
P50 - P90 evaluation	8



Project: Proyecto F  
Variant: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
15/08/24 11:01  
with v7.2.8

**General parameters**

Grid-Connected System		Tracking system		Models used	
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Trackers configuration</b>		Transposition Perez	
Orientation		Nb. of trackers 33 units		Diffuse Imported	
Tracking plane, horizontal N-S axis		<b>Sizes</b>		Circumsolar separate	
Axis azimuth 0 °		Tracker Spacing 8.00 m			
		Collector width 2.38 m			
		Ground Cov. Ratio (GCR) 29.8 %			
		Phi min / max. +/- 60.0 °			
		<b>Shading limit angles</b>			
		Phi limits +/- 72.6 °			
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>		<b>User's needs</b>	
Free Horizon		Linear shadings		Unlimited load (grid)	

**PV Array Characteristics**

PV module		Inverter	
Manufacturer	Trina Solar	Manufacturer	Ginlong Technologies
Model	TSM-700NEG21C.20	Model	Solis-255K-EHV-5G-US
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	700 Wp	Unit Nom. Power	255 kWac
Number of PV modules	3828 units	Number of inverters	9 units
Nominal (STC)	2680 kWp	Total power	2295 kWac
Modules	132 Strings x 29 In series	Operating voltage	480-1500 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Phom ratio (DC:AC)	1.17
Pmpp	2487 kWp	<b>Total inverter power</b>	
U mpp	1078 V	Total power	2295 kWac
I mpp	2306 A	Nb. of inverters	9 units
<b>Total PV power</b>		Phom ratio	1.17
Nominal (STC)	2680 kWp		
Total	3828 modules		
Module area	11891 m <sup>2</sup>		

**Array losses**

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res. 7.6 mΩ		Loss Fraction -0.8 %				
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction 1.5 % at STC						
Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction 0.1 %						
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	50°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.998	0.990	0.975	0.932	0.749	0.000



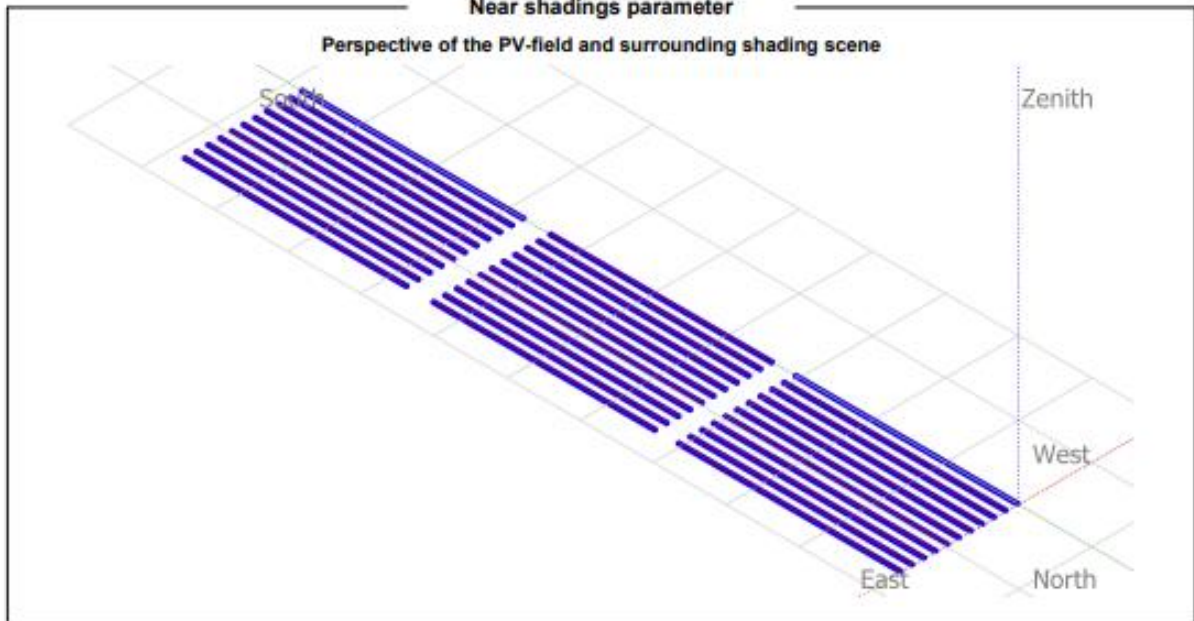
PVsyst V7.2.8

VCO, Simulation date:  
15/08/24 11:01  
with v7.2.8

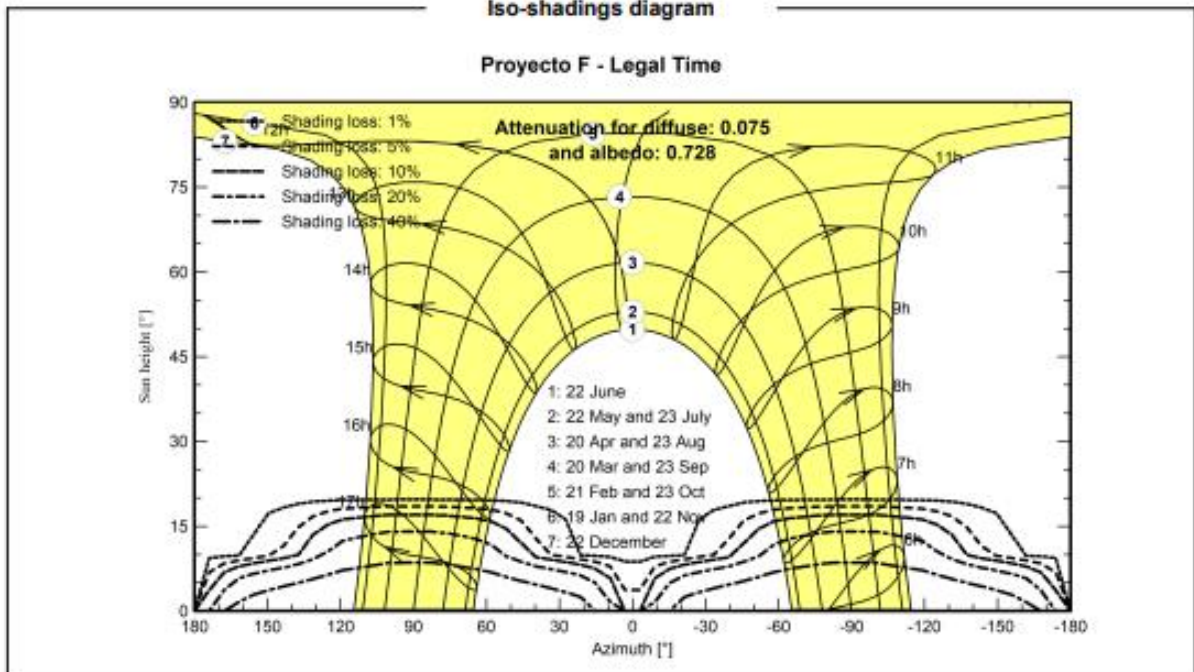
Project: Proyecto F

Variante: Nueva variante de simulación

### Near shadings parameter



### Iso-shadings diagram





Project: Proyecto F  
Variant: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.2.8**

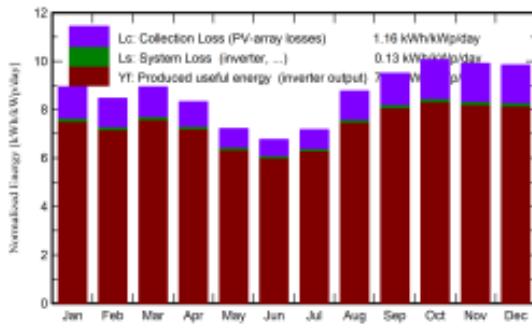
VC0, Simulation date:  
15/08/24 11:01  
with v7.2.8

**Main results**

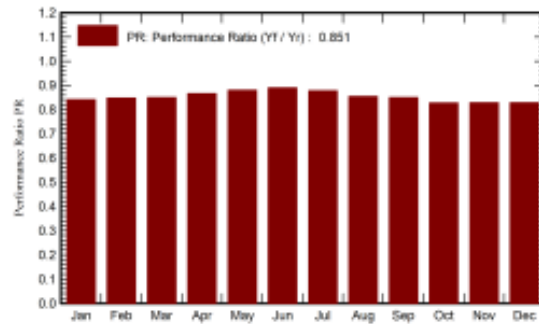
**System Production**

Produced Energy (P50)	7208 MWh/year	Specific production (P50)	2690 kWh/kWp/year	Performance Ratio PR	85.10 %
Produced Energy (P90)	7.03 GWh/year	Specific production (P90)	2625 kWh/kWp/year		
Produced Energy (P95)	6.99 GWh/year	Specific production (P95)	2607 kWh/kWp/year		

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	226.5	91.47	18.05	277.1	270.5	635.9	624.8	0.842
February	193.0	74.50	17.90	237.0	231.7	548.2	538.7	0.848
March	214.7	70.58	17.91	277.1	269.5	641.9	631.1	0.850
April	188.1	58.12	16.21	249.6	241.5	588.9	579.1	0.866
May	168.6	53.46	15.44	223.7	216.6	536.1	527.3	0.880
June	150.2	43.30	13.55	202.8	195.9	491.2	483.3	0.889
July	163.8	47.23	14.66	222.4	214.0	532.0	523.4	0.878
August	191.3	33.86	15.29	271.7	259.2	632.1	621.5	0.854
September	210.4	54.11	14.74	284.9	275.3	660.4	649.1	0.850
October	237.0	67.08	14.49	312.0	302.1	703.6	691.7	0.827
November	233.4	72.24	15.70	297.2	289.1	671.2	659.8	0.829
December	242.4	75.24	16.31	305.2	297.8	689.4	677.7	0.829
Year	2419.4	741.19	15.85	3160.8	3063.3	7330.9	7207.6	0.851

**Legends**

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



**Project: Proyecto F**  
 Variant: Nueva variante de simulación

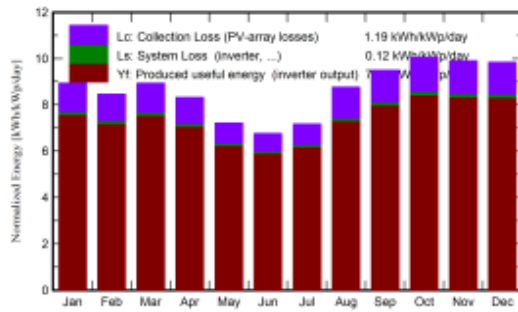
**PVsyst V7.2.8**  
 VC0, Simulation date:  
 28/05/24 23:03  
 with v7.2.8

**Main results**

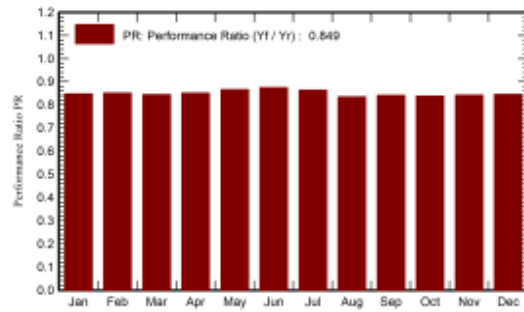
**System Production**

Produced Energy (P50)	6389 MWh/year	Specific production (P50)	2683 kWh/kWp/year	Performance Ratio PR	84.88 %
Produced Energy (P90)	6.24 GWh/year	Specific production (P90)	2618 kWh/kWp/year		
Produced Energy (P95)	6.19 GWh/year	Specific production (P95)	2600 kWh/kWp/year		

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	226.5	91.47	18.05	277.1	267.0	569.4	559.5	0.848
February	193.0	74.50	17.90	237.0	228.6	488.5	480.2	0.851
March	214.7	70.58	17.91	277.1	265.2	566.8	557.5	0.845
April	188.1	58.12	16.21	249.6	237.1	513.9	505.6	0.850
May	168.6	53.46	15.44	223.7	213.0	468.6	461.1	0.866
June	150.2	43.30	13.55	202.8	192.5	429.0	422.3	0.874
July	163.8	47.23	14.66	222.4	210.4	464.9	457.5	0.864
August	191.3	33.86	15.29	271.7	253.2	549.1	540.2	0.835
September	210.4	54.11	14.74	284.9	269.5	580.7	571.0	0.842
October	237.0	67.08	14.49	312.0	296.2	633.6	622.9	0.838
November	233.4	72.24	15.70	297.2	284.4	606.4	596.2	0.842
December	242.4	75.24	16.31	305.2	293.9	625.4	614.8	0.846
<b>Year</b>	<b>2419.4</b>	<b>741.19</b>	<b>15.85</b>	<b>3160.6</b>	<b>3011.1</b>	<b>6496.3</b>	<b>6388.9</b>	<b>0.849</b>

**Legends**

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

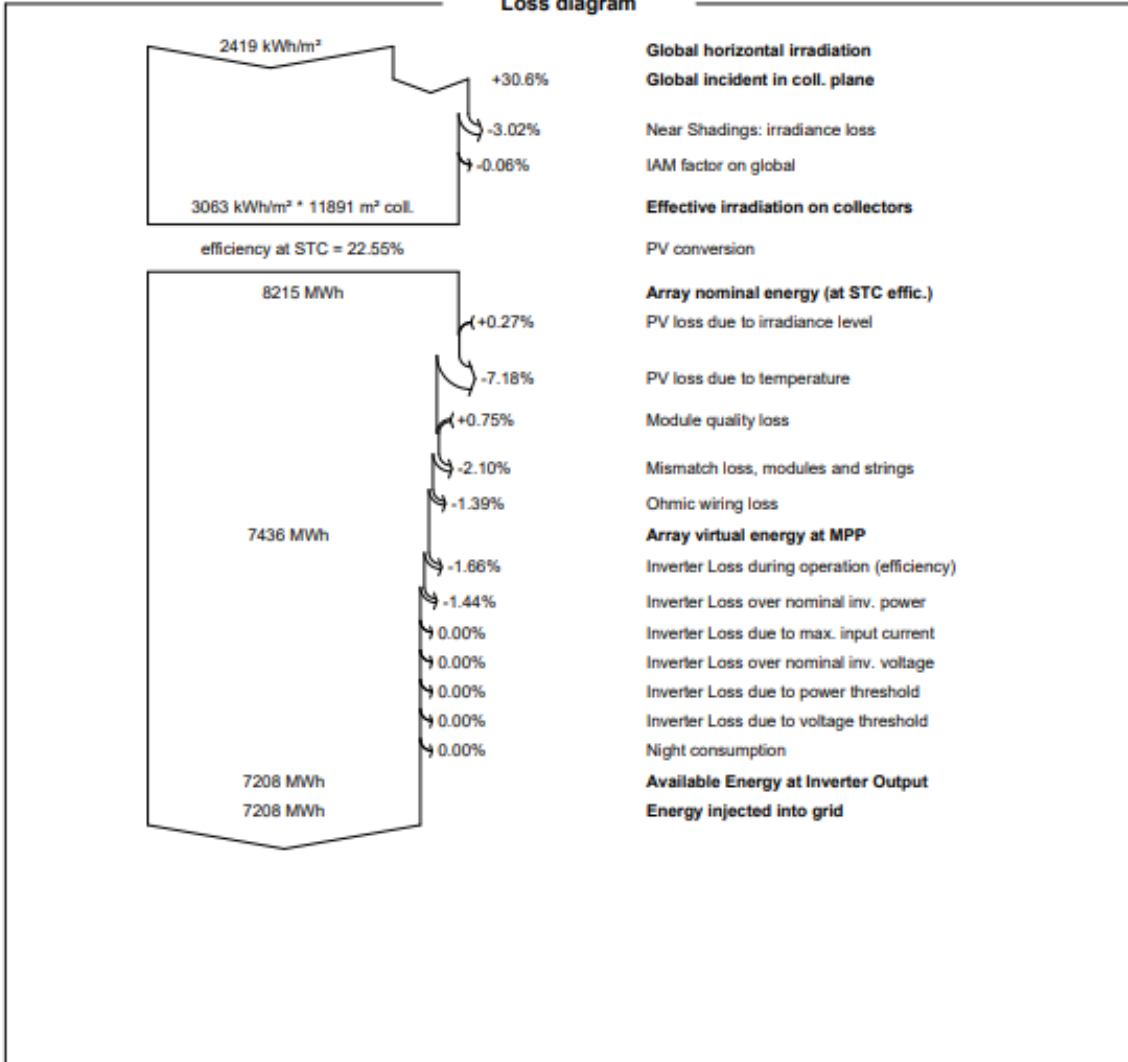


**PVsyst V7.2.8**

VC0, Simulation date:  
15/08/24 11:01  
with v7.2.8

Project: Proyecto F  
Variant: Nueva variante de simulación

**Loss diagram**





**PVsyst V7.2.8**

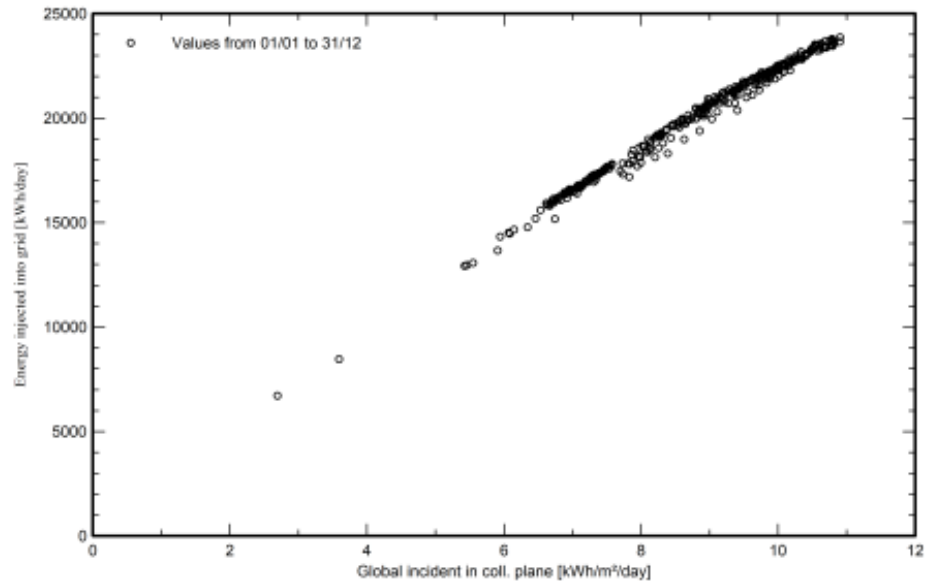
VCD, Simulation date:  
15/08/24 11:01  
with v7.2.8

## Project: Proyecto F

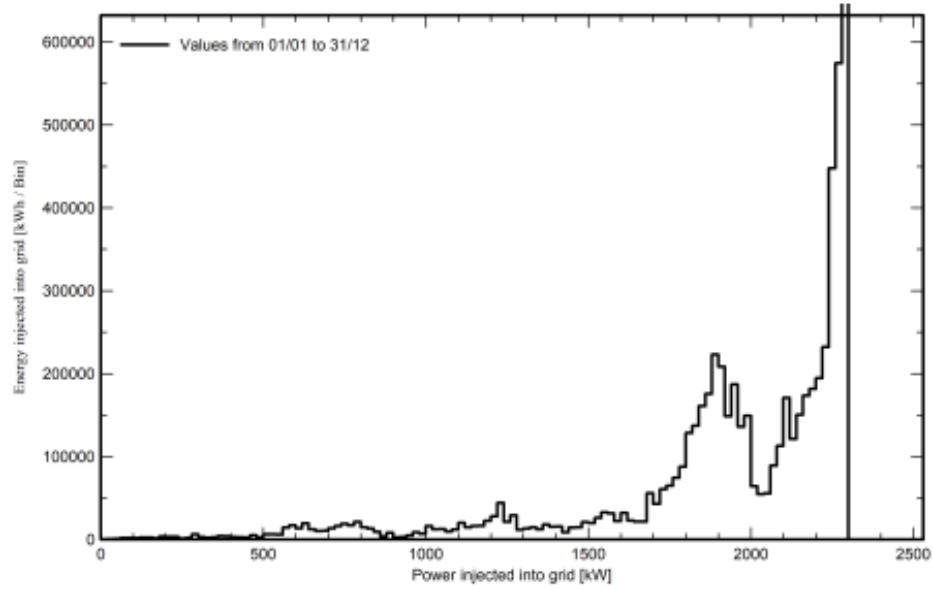
Variant: Nueva variante de simulación

### Special graphs

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de potencia de salida del sistema**





**PVsyst V7.2.8**

VCD, Simulation date:  
15/08/24 11:01  
with v7.2.8

**P50 - P90 evaluation**

**Meteo data**

Source	PVGIS api TMY
Kind	Monthly averages
TMY - Multi-year average	
Year-to-year variability(Variance)	0.5 %
<b>Specified Deviation</b>	
Climate change	0.0 %

**Global variability (meteo + system)**

Variability (Quadratic sum)	1.9 %
-----------------------------	-------

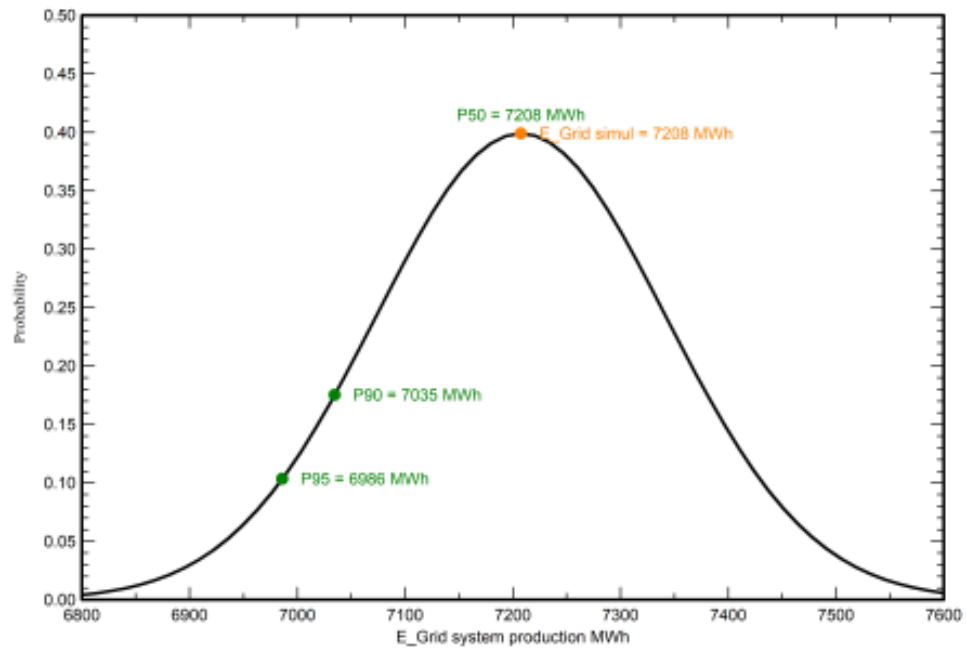
**Simulation and parameters uncertainties**

PV module modelling/parameters	1.0 %
Inverter efficiency uncertainty	0.5 %
Soiling and mismatch uncertainties	1.0 %
Degradation uncertainty	1.0 %

**Annual production probability**

Variability	135 MWh
P50	7208 MWh
P90	7035 MWh
P95	6986 MWh

**Probability distribution**



## ANEXO 3: FICHA TÉCNICA N-TYPE I-TOPCON BIFACIAL DE DOBLE VIDRIO

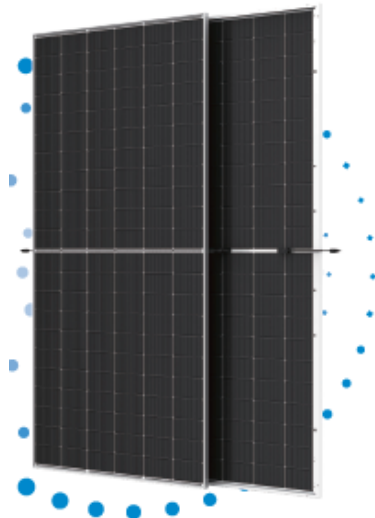


PRODUCTO: TSM-NEG 2.1C.20  
RANGO DE POTENCIA: 685-710W

**710W**  
POTENCIA MÁXIMA

**0~+5W**  
TOLERANCIA POSITIVA

**22.9%**  
EFICIENCIA MÁXIMA



### Alto Valor Añadido

- La estrella de LCOE (costo nivelado de la energía), gracias a la mayor potencia de string reduce efectivamente el coste BOS y LCOE.
- Más recolección de energía con tecnología Tipo N i-TOPCon.
- Diseñado para la compatibilidad con los componentes principales del sistema existentes.



### Potencia hasta 710W

- Hasta 22.9% de eficiencia del módulo con tecnología de Interconexión de alta densidad.
- Tecnología super-multi-busbar (SMBB) para mejor efecto de captura de luz, menor resistencia en serie y mejor rendimiento del módulo.



### Alta Confiabilidad

- Microfisuras minimizadas con innovadora tecnología de corte no destructivo.
- Resistencia a PID garantizada por el control de materiales y del proceso de fabricación.
- Resistente a ambientes hostiles como sal, amoníaco, arena, altas temperaturas y alta humedad.
- Rendimiento mecánico hasta 5400 Pa para cargas positivas y 2400 Pa para cargas negativas.

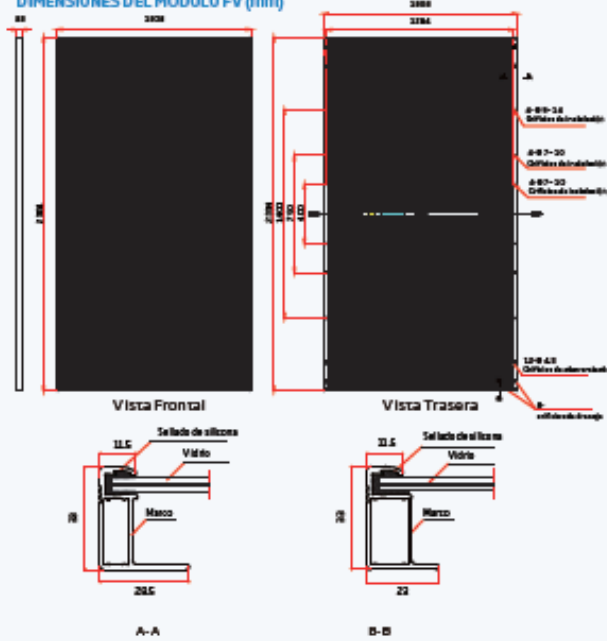


### Alta Generación de Energía

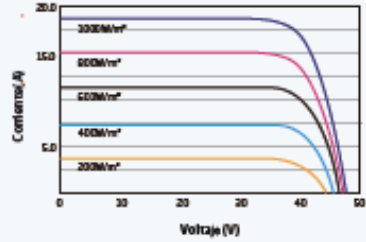
- Excelente bifacialidad del producto y rendimiento en baja irradiancia validados por terceros.
- Menor degradación: 1% el primer año, 0.4% anual a partir de entonces
- Menor coeficiente de temperatura (-0.29%)
- Hasta 30% ganancia de potencia adicional desde la parte posterior dependiendo del albedo



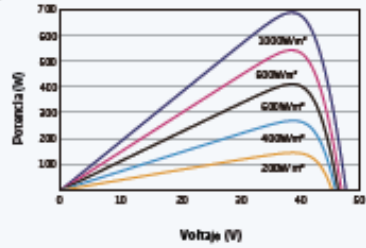
**DIMENSIONES DEL MÓDULO FV (mm)**



**CURVAS I-V DEL MÓDULO (695 W)**



**CURVAS P-V DEL MÓDULO (695W)**



**DATOS MECANICOS**

Células Solares	Monocrystalinas N-type
No. de Células	120 células
Dimensiones del Módulo	2384*1202* 23 mm (93.85* 47.30* 1.3 in)
Peso	28.2 kg (64.4 lb)
Vidrio Frontal	2.0 mm (0.08 in) <small>Nota: Transmisión de luz ultravioleta reducida del 99%</small>
Material Encapsulante	POE/EVA
Vidrio trasero	2.0 mm (0.08 in) Vidrio Temperado claro (vidrio de seguridad) <small>Nota: Transmisión de luz ultravioleta reducida del 99%</small>

Marco	20mm (1.2 in) Aleación de aluminio anodizado
J-Box	P 02
Cables	Cableado tecnología fotovoltaica 4_Dores* (1.006 kV) Vertical: 250/280 mm (10.79/11.02 in) Horizontal: 1400/1400 mm (55/12/55, 12 in) Largo del cable personalizable
Conexiones	MC4 M/D2 / T54 PLUS / T54*

\* Verificar el tamaño de los cables en el manual de instalación.

**DATOS ELECTRICOS (STC Y NOCT)**

Condición de prueba	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia Máxima Módulo-Pico	693	522	690	526	693	521	700	534	703	540	710	542
Tolerancia de Potencia-Pico (W)	0% - +5%											
Voltaje Máximo-Vmax (V)	39.9	27.4	40.1	27.7	40.2	27.9	40.5	28.0	40.7	28.2	40.9	28.5
Corriente Máxima-Imp (A)	17.19	12.92	17.23	12.95	17.25	14.00	17.29	14.04	17.33	14.08	17.36	14.12
Voltaje de Circuito Abierto-Voc (V)	47.7	45.2	47.9	45.4	48.2	45.9	48.5	46.1	48.8	46.3	49.0	46.5
Corriente de Corto Circuito-Isc (A)	18.21	14.67	18.25	14.71	18.29	14.72	18.32	14.76	18.36	14.80	18.40	14.82
Eficiencia de Módulo, ηm (%)	22.1		22.2		22.4		22.5		22.7		22.9	

STC: Irradiación 1000W/m², Temperatura de Célula 25°C, Humedad Absoluta 1.013 hPa; NOCT: Irradiación 800W/m², Temperatura Ambiente 45°C, Velocidad del Viento 1 m/s. \* Tolerancia de Potencia: 0.0%

**CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS CON DIFERENTES RANGOS DE POTENCIA (ENGRANAJE) CON UN 10% DE GANANCIA DE POTENCIA POR PARTE POST DE DR)**

	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Ganancia de potencia por la posterior	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Potencia Máxima-Pico (W)	719	754	725	759	730	765	735	770	740	775	745	781
Voltaje Máximo-Vmax (V)	39.9	28.8	40.1	29.1	40.2	29.2	40.5	29.3	40.7	29.4	40.9	29.5
Corriente Máxima-Imp (A)	18.05	18.96	18.09	18.95	18.11	18.98	18.15	19.02	18.20	19.06	18.23	19.10
Voltaje de Circuito Abierto-Voc (V)	47.7	47.7	47.9	47.9	48.2	48.3	48.5	48.5	48.8	48.8	49.0	49.0
Corriente de Corto Circuito-Isc (A)	18.12	20.02	18.16	20.09	18.19	20.11	18.24	20.23	18.28	20.20	18.32	20.24

Nota: Verificar el tamaño de los cables en el manual de instalación.

**COEFICIENTES DE TEMPERATURA**

NOCT (Temp. de Operación Normal de Células)	45°C (124°F)
Coefficiente de Temperatura Pmax	-0.209%/°C
Coefficiente de Temperatura Voc	-0.249%/°C
Coefficiente de Temperatura Isc	0.041%/°C

**LIMITES OPERACIONALES**

Temperatura de Operación	-40 ~ +85°C
Voltaje Máximo del Sistema	1500V DC (60C)
	1500V DC (UL)

Capacidad Máxima del Falso DCA

**GARANTIA**

- 12 Años de Garantía de Integridad del producto
- 20 Años de Garantía de generación de energía
- 3% Degradación del primer año
- 0.4% Degradación anual de la energía

(Consulte la garantía de producto para más detalles)

**CONFIGURACIONES DE ENBALAJE**

- Módulos por caja: 22 unidades
- Módulos por Contenedor 40': 594 unidades

## ANEXO 4: SOLIS-(185-255)K-EHV-5G-US

### Solis-(185-255)K-EHV-5G-US

#### Inversores trifásicos Solis conectados a red

Certificado VDE-AR-N4130 emitido por TÜV Rheinland, soportando conexiones en redes de Alta Tensión  $\geq 150\text{kV}$  para una mayor adaptabilidad a la red.

##### Eficiente

- 12/14 MPPT, 99.0% de eficiencia máxima
- > relación CC/CA del 150 %
- Alta densidad de seguimiento de potencia  
75 MPPT/MW
- Compatible con módulos bifaciales de 500W +

##### Inteligente

- Función nocturna SVG
- Monitorización Inteligente de strings,  
exploración Inteligente de curvas I-V
- Actualización a distancia del firmware con un  
funcionamiento sencillo

##### Seguro

- IP66
- Cumplimiento con UL 1741, IEEE1547
- Recuperación PID incorporada para un mejor  
rendimiento del módulo
- Diseño sin fusibles, seguro y sin mantenimiento
- Componentes de marca reconocidos mundialmente  
para una mayor vida útil

##### Económico

- Comunicación de línea de potencia (PLC) (opcional)
- Admite conexión tipo «Y» en el lado de CC
- Reserva de acceso al almacenamiento de energía CC

#### Modelo

Solis-185K-EHV-5G-US

Solis-185K-EHV-5G-US-PLUS

Solis-255K-EHV-5G-US

Solis-255K-EHV-5G-US-PLUS



## Tabla de datos

## Solis-(185-255)K-EHV-5G-US

Modelos	185K	185K-PLUS	255K	255K-PLUS
<b>Entrada CC (PV)</b>				
Voltaje máximo de entrada	1500 V			
Voltaje nominal	950 V		1080 V	
Voltaje de arranque	500 V			
Rango de voltaje MPPT	480-1500 V			
Corriente máxima de entrada	14*26 A	12*30 A	14*26 A	12*30 A
Corriente máxima de cortocircuito	14*40 A	12*50 A	14*40 A	12*50 A
Número de MPPT/Número máximo de cadenas de entrada	14/28	12/24	14/28	12/24
<b>Salida CA (red)</b>				
Potencia nominal de salida	185 kW		255 kW	
Potencia máxima de salida aparente	185 kVA		255 kVA	
Potencia máxima de salida	185 kW		255 kW	
Voltaje nominal de la red	3Ø/PE, 600 V		3Ø/PE, 800 V	
Frecuencia nominal de la red	60 Hz			
Corriente máxima de salida	178.0 A		184.0 A	
Factor de potencia	>0.99 (0.8 en adelante a 0.8 en atraso)			
THDI	<3%			
<b>Eficiencia</b>				
Eficiencia máxima	98.7%		99.0%	
Eficiencia EU	98.3%			
<b>Protección</b>				
Protección contra polaridad inversa DC	Sí			
Monitoreo de fallos a tierra	Sí			
Detección Anti-Isa	Sí			
Protección contra sobretensiones	Tipo II CC/ Tipo II CA			
Monitoreo de cadenas	Sí			
Escaneo de curvas (V)	Sí			
AFCI Integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Sí <sup>1)</sup>			
Recuperación PID Integrada	Sí			
Interruptor de CC Integrado	Sí			
<b>Datos generales</b>				
Dimensiones (longitud*altura*ancho)	1170*770*384 mm			
Peso	113 kg			
Topología	Sin Transformador			
Consumo propio (noche)	<2 W			
Rango de temperatura de funcionamiento	-30 ~ +60°C			
Humedad relativa	0-100%			
Nivel de protección	TYPE 4X			
Enfriamiento	Ventilador redundante inteligente			
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m			
Conformidad	UL 1741, UL 1741SA, UL 1998, UL 1099B, IEEE 1547, FCC Part 15 (Class A & B), CAN/CSA C22.2 107.1-1, California Rule 21 Phases II & III			
<b>Características</b>				
Conexión de CC	Conector MCA			
Conexión de CA	Terminal OT (máxima 300 mm <sup>2</sup> )			
Pantalla	LCD			
Comunicación	RS485, Opcional: PLC			

## ANEXO 5. TRANSFORMADOR PROLEC GE PARA CENTRALES GENERADORAS



### Transformadores de Potencia para Centrales Generadoras





Los transformadores de Prolec GE se utilizan en una amplia gama de empresas generadoras de electricidad, comerciales e industriales. Materiales de alta calidad, combinado con lo último en tecnología de punta en nuestro diseño y sistemas de fabricación son elementos clave de un transformador que entregará años de servicio de alta confiabilidad.

Con más de 300,000 MVA instalados en 35 países alrededor del mundo; Prolec GE tiene la experiencia para diseñar, manufacturar, optimizar y entregar soluciones a la industria eléctrica.

Prolec GE tiene transformadores para Centrales de Generación Eléctrica, que utilizan diversos tipos de combustibles o que aprovechan otros recursos, tales como:

- Combustibles fósiles
- Carbón mineral
- Energía nuclear
- Energía hidráulica
- Ciclos combinados

Los transformadores de Prolec GE están mejor adaptados a sus necesidades reales ya que se basan en la información proporcionada por el cliente y la retroalimentación con el fin de determinar el producto ideal, características, nivel de servicio, eficiencia, pruebas y la calidad de los parámetros empleados.

Prolec GE ofrece una completa línea de transformadores elevadores de energía sumergidos en aceite con:

- 1000 MVA 3 ó 500 MVA 1
- 550 kV [1675 kV NBAI]
- 50 ó 60 Hz
- Cambiador bajo carga en alta y baja tensión
- Cambiador sin carga en alta tensión
- Nivel de ruido NEMA – 25 dBA

## Características estándar

---

- Cumplimos y excedemos estándares de la industria tales como ANSI, IEEE, IEC, CSA, NOM y CFE
- Cambiadores bajo carga
  - Reactivo
  - Resistivos
- Sistemas de enfriamiento
  - ONAN
  - ONAN / ONAF
  - ONAN / ONAF / ODAF
  - ODAF
- Boquillas en la tapa
- Características del tanque
  - Pernos de izaje
  - Orejas de izaje
  - Válvulas para cabezales de radiadores
  - Apoyos para gatos
- Accesorios
  - Relevador de presión súbita
  - Medidores de nivel de líquido
  - Indicador de temperatura en la bobina
  - Manómetro de vacío y válvula de purga
  - Válvulas de drenaje
  - Placa de características
  - Radiadores removibles
  - Registros en la cubierta [2]
  - Aceite de transformadores, ASTM tipo I
  - Tanque sellado para la preservación del aceite
  - Conexión externa a tierra
  - Cambiador sin carga en alta tensión

## Características opcionales y accesorios

---

- Nivel de ruido bajo NEMA – 25 dBA
- Enfriadores
- Cambiador bajo carga en alta y baja tensión (interno y externo)
- Transformadores de corriente de relación múltiple
- Sistema automático de preservación de gas
- Relevador de presión súbita
  - Bajo aceite
  - En gas
- Apartarrayos
- Aceite de transformadores, ASTM tipo II
- Boquillas laterales ≤34,5 kV
- Conservador de aceite
- Relevador Buchholz para el conservador
- Equipo de enfriamiento de aceite forzado
- Preparación para Schnabel
- Aceite vegetal
- Extra baja generación de gases durante pruebas en planta  
(reducción mayor a 75% de los estándares en la industria)



## Pruebas

---

Cada transformador recibe todas las pruebas estándar comercial, de conformidad con las normas de CFE, con reporte de pruebas por número de serie del transformador.

- Polaridad de la bobina y desplazamiento angular
- Relación
- Pérdidas sin carga y corriente de excitación
- Pérdidas bajo carga e impedancia
- Impulso (clase II)
- Pruebas dieléctricas en baja frecuencia
  - Aplica prueba de voltaje en todas las bobinas
- Aislamiento del factor de potencia
- Prueba de inducido
- Descargas parciales en microvolts (clase II)
- Descargas parciales en picocoulombs (clase II)
- Análisis de gases (clase I)
- Prueba de temperatura
- Secuencia de pase cero
- Frente de onda
- Impulso por maniobra

## Energía eólica

---

Prolec GE es una organización comprometida con el medio ambiente, con la prioridad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La energía eólica es una fuente muy importante de generación de energía, capaz de lograr grandes reducciones en las emisiones en el sector eléctrico y Prolec GE está aquí para jugar un papel importante en esta creciente industria.

Prolec GE ha instalado más de 150 transformadores en parques eólicos en Estados Unidos, Canadá y México, que sirven para generar más de 17,000 MW de energía renovable.

## Desarrollo tecnológico

---

Investigación y desarrollo es una prioridad en Prolec GE. Nuestro Centro de Tecnología Aplicada cuenta con más de 80 ingenieros y especialistas en el desarrollo de productos multi generacionales, plataformas de diseño y procesos de mejora continua. Su experiencia hace que las operaciones de nuestros clientes sean más confiable, eficiente y amigables del medio ambiente.

Contamos con el apoyo y la experiencia de nuestro socio GE, lo que nos permite acceder a sus recursos tecnológicos en todo el mundo; además trabajamos en conjunto con nuestros proveedores, clientes, consultores externos y centros universitarios.

## Gama completa de servicios "lave en mano"

---

Nuestros clientes pueden confiar en Prolec GE para solucionar cualquier aspecto relacionado con su transformador, pues le brindamos grandes ventajas gracias a nuestra responsabilidad y disponibilidad las 24 horas del día.

- Instalación y movilización
- Transportación
- Instalación
- Preparación para almacenamiento
- Servicio en campo
- Mantenimiento
- Capacitación
- Diagnóstico avanzado
- Refacciones




Para más información acerca de nuestros productos y red de ventas,  
visita nuestra página: [www.prolec.energy/prolecge](http://www.prolec.energy/prolecge)  
escribenos a [info@prolec.energy](mailto:info@prolec.energy)

**Ciudad de México**  
Tel: +52 (55) 8595 4400 Fax: +52 (55) 8595 4455

**Monterrey**  
Tel: +52 (81) 8044 8800 Fax: +52 (81) 8040 8888

[prolec.energy](http://prolec.energy) / [prolecge](#)





## ANEXO 6. TRINATRACKER VANGUARD™ -1P PARA ESTRUCTURA DE SOPORTE



**TrinaTracker**

### TrinaTracker Vanguard™ -1P

Single-Row

- 
**Compatible with Latest Modules**  
 Compatible with N/P-Type modules up to 600V.
- 
**Higher Stability**  
 The behavior of the tracker against the wind is improved by 40%.
- 
**Higher Reliability**  
 Optimized torque tube improves the torsional resistance by 23.6% and the bending resistance by 12.4%.
- 
**SuperTrack Smart Tracking Algorithm**  
 Compared with conventional tracking algorithm, increase energy generation by as much as 8%.

**BILATERAL DAMPER SYSTEM**

The bilateral damper system can shorten the tracker oscillation time, thus preventing oscillation. Dynamic responses are reduced and the critical wind speed increased.



**SPHERICAL BEARING**

Global patented spherical bearings with up to 30% angle adjustability alleviate the damage caused by uneven foundation settlement during operations. The spherical bearings dissipate the extra stress caused by the deformation of the tracker system, thus reduce the load and failure rate of each component.





## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### GENERAL FEATURES

Solar tracker type	Single row Single-Axis
Tracking range	±60°(120°)
Driver	Slewing drive
Configuration	One modules in portrait (1P) up to 93 modules per tracker(1500V string)
Solar module supported	Framed
Foundation options	Direct ramming / Pre-drilling+ramming/Micropile / PHC piles
Pile section	W,compatible with IPE, IPEA, HEA and HEB
Modules attachment	Bolts, Rivets
Piles per MW(690Wp module)	~258 piles/MW <sup>(1)</sup> (64 modules per row)
Terrain adaptability	15%W-E, 15% N-S <sup>(2)</sup>
Wind and snow loads tolerance	Tailored to site requirement
GCR	≥25%
Design wind speed	55m/s <sup>(3)</sup>

### STRUCTURE

Material	High Yield Strength Steel
Coating	HDG, Pregalvanized & ZM <sup>(4)</sup>

### CONTROLLER

Controller	Electronic board with microprocessor
Ingress protection marking	IP65
Tracking method	SuperTrack Smart Tracking Algorithm <sup>(5)</sup> / Conventional Tracking Algorithm
Advanced wind control	Customizable
Anemometer	Cup / Ultrasonic
Night-time stow	Configurable
Communication with the tracker	Wireless option: LoRa/Zigbee
Operating conditions	Altitude < 4000 m <sup>(6)</sup> Temperature: -30~60°C <sup>(6)</sup>
Sensors	Digital inclinometer
Power consumption	0.15 kW-h/Day
Power supply	String-powered / Self-powered / AC-powered

### WARRANTY

Warranty period of 10 years for the structural set of elements which build the tracker up and have been supplied by Trina Solar.

Warranty period of 5 years for commercial components (including but not limited to drive system ,electrical system, bearing set, fasteners, etc.)

<sup>(1)</sup> Depending on layout

<sup>(2)</sup> N-S, max. 15%, for slopes higher than 15% consult with Trina Tracker

<sup>(3)</sup> W-E slope higher than 15% consult with Trina Tracker

<sup>(4)</sup> This value depends on projected conditions

<sup>(5)</sup> Standard configuration. Other coating under request, please consult Trina Tracker

<sup>(6)</sup> Includes smart tracking algorithm and smart backtracking algorithm

<sup>(7)</sup> Standard configuration. Different conditions under request, please consult Trina Tracker

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

©2023 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Doc number:DT-T-0004 Rev:0



## ANEXO 7. ENTREVISTAS A EXPERTOS DEL SECTOR DE ENERGÍA

### Entrevista expertos del sector energía

Buenos días, estimado Ing. JOSE MIGUEL VALDERRAMA RODRÍGUEZ, agradecemos su tiempo y disponibilidad por otorgarnos esta entrevista, la cual tiene fines educativos y de desarrollo para ser incluida en una tesis que estudiará la prefactibilidad técnica económica para la instalación de un parque solar en la zona rural de San Camilo La Joya Arequipa.

Mediante la presente entrevista queremos conocer su punto de vista y visión futura de ¿cuál sería el estado actual y el potencial del sector de energía solar en la joya Arequipa?

Desde el rol que actualmente cumple en su organización y con su experiencia puede compartimos algunos antecedentes de energía solar en la zona de san Camilo Arequipa.

#### Estado actual del sector

¿Qué tendencias o avances tecnológicos recientes ha observado en el ámbito de la energía solar en la región Arequipa especialmente en el distrito de san Camilo la joya?

Por las características de radiación solar y ubicación que tiene Arequipa, es un candidato importante para proyectos de generación de energía solar como los de la empresa T-Solar que entre los distritos de San Camilo y El Pedregal tienen una potencia instalada de 44MW generando 80GWh al año. Otro proyecto más reciente es la planta solar Caterpillar en el centro de reparaciones de Ferreyros en la Joya con 2200kW.

También existe el futuro proyecto de la creación de una planta de hidrógeno verde en el terreno adyacente al Grupo aéreo N°4 en la Joya en este caso la energía solar puede jugar un papel muy importante para que el hidrógeno producido se catalogue como verde.

#### Factores sociales y ambientales

¿Existen iniciativas o programas locales para promover la energía solar en comunidades rurales o urbanas de Arequipa?

Realmente no estoy enterado de este tipo de programas para la región Arequipa.

¿Cuáles son las consideraciones ambientales y sociales que deben abordarse en los proyectos de energía solar en la región de Arequipa?

La energía solar como tal es limpia con el medio ambiente y la infraestructura que se requiere para su instalación en líneas generales también va sobre esa misma línea, pero si se deben tener en cuenta aspectos productos sellantes químicos pegamentos u otros que alteren el ecosistema en especial cuando se realiza instalaciones en sonata rurales del mismo modo asegurar la recolección de todo residuo o merma producto de la instalación.

Desde el punto de vista social se debe asegurar que si el fin es abastecer a zonas con poca o nula infraestructura eléctrica realmente llegué a estás personas a costos accesibles acorde a su economía.

### **Desafíos y oportunidades futuras**

¿Cuáles cree que son las mayores oportunidades para el crecimiento futuro del sector de energía solar en Arequipa especialmente en el distrito de San Camilo la Joya?

En líneas generales la mayor oportunidad para el crecimiento del sector a nivel nacional es contar con la ley de generación distribuida, permitiría aportar mucha más energía a la región, entre muchos.

¿Cuáles son los desafíos que deben abordarse para aprovechar plenamente el potencial de energía solar en la región Arequipa?

Se debe preocupar tener una visión a futuro de largo plazo de manera holística, para que desde un principio se tenga un orden es decir dónde, cómo, con qué fin y como deberían realizarse los proyectos futuros de energía solar y como estos se enlazan con el resto de industrias y la comunidad.

Tiene algún comentario que le gustaría agregar antes de finalizar la entrevista

El Perú suele relegarse con la adopción de tecnologías o tendencias nuevas y trabajos como esta investigación aportan en hacer el cambio.

Gracias, realmente fue muy amable al concedernos esta entrevista, la información que nos ha brindado será de gran ayuda para nuestra tesis, valoramos mucho su experiencia y la forma en la que nos ha compartido su punto de vista.

## **Entrevista expertos del sector energía**

Buenos días, estimada **Ing. GABRIELA ALATRISTA**, agradecemos su tiempo y disponibilidad por otorgarnos esta entrevista, la cual tiene fines educativos y de desarrollo para ser incluida en una tesis que estudiará la prefactibilidad técnica económica para la instalación de un parque solar en la zona rural de San Camilo La Joya Arequipa.

Mediante la presente entrevista queremos conocer su punto de vista y visión futura de ¿cuál sería el estado actual y el potencial del sector de energía solar en la joya Arequipa?

Desde el rol que actualmente cumple en su organización y con su experiencia puede compartimos algunos antecedentes de energía solar en la zona de san Camilo Arequipa.

### **Estado actual del sector**

¿Qué tendencias o avances tecnológicos recientes ha observado en el ámbito de la energía solar en la región Arequipa especialmente en el distrito de san Camilo la joya?

Debido al gran potencial solar en Perú, y la creciente demanda de energía, se han observado la construcción de plantas solares para uso industrial en baja y alta escala. Especialmente, el área de La Joya, Arequipa que tiene alto potencial solar, ha sido puesto en la mira por empresas nacionales, estatales y extranjeras para la ejecución de proyectos, los cuales vendrían a considerar el uso de tecnologías tales como paneles solares de última generación, por ejemplo, bifaciales de alta eficiencia y capacidad, utilización de trackers o seguidores para optimizar la generación de energía. Igualmente, en algunos casos, se instalan baterías de uso solar para dar fiabilidad al suministro, siendo estas de alta eficiencia, larga vida útil y profundidad de descarga como lo son las baterías de litio.

### **Factores sociales y ambientales**

¿Existen iniciativas o programas locales para promover la energía solar en comunidades rurales o urbanas de Arequipa?

De parte del mismo gobierno, específicamente del Ministerio de Energía y Minas (Minem) existe la iniciativa de inversión de plantas solares para Arequipa con un presupuesto de más de mil millones de dólares, el plan estratégico incluye a 8 plantas solares que pueden abastecer la demanda local y reducir los altos costos de energía de la región.

También existen programas generados por el estado peruano para promover la generación distribuida con energías renovables de manera masiva a hogares, centros educativos, centros de salud y demás sin conexión a la red eléctrica, estos programas están financiados con fondos como el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) y el Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE). Estos programas benefician a muchas regiones del País, sin ser específicamente solo para Arequipa.

¿Cuáles son las consideraciones ambientales y sociales que deben abordarse en los proyectos de energía solar en la región de Arequipa?

Es importante estudiar las necesidades de las personas de la región de Arequipa tanto en las zonas rurales como urbanas, a partir de lo cual se pueden generar proyectos para aplicaciones específicas, tales como alimentar sistemas de riego y apoyar la agricultura sostenible.

Para generar un impacto positivo en la población en general, es necesario desarrollar programas de capacitación y educación en energía solar para los profesionales locales, así como hacer campañas de concientización para los ciudadanos en cuanto al uso de energías renovables y sostenibilidad.

#### **Desafíos y oportunidades futuras**

¿Cuáles cree que son las mayores oportunidades para el crecimiento futuro del sector de energía solar en Arequipa especialmente en el distrito de San Camilo la Joya?

En el caso de la región de San Camilo, La Joya, actualmente ya existen planes de construcción de plantas solares, esto debido a un alto nivel de radiación y condiciones óptimas del clima que favorecen la mayor producción de energía.

La implementación de una o más plantas solares en la región incentiva a empresas nacionales e internacionales a buscar invertir en más proyectos similares, conectándose al SEIN (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional) y aportando a diversificar nuestras fuentes de energía en el país. Esto incrementa el porcentaje de energía renovable utilizada en nuestro mercado eléctrico y ayuda a reducir los costos de energía de manera local (en la Joya) y de manera global.

¿Cuáles son los desafíos que deben abordarse para aprovechar plenamente el potencial de energía solar en la región Arequipa?

Los mayores desafíos para implementar los proyectos solares en una zona como la de Arequipa, principalmente es el financiamiento, mayormente se busca invertir de manera local mediante algún programa del gobierno, pero es muy común que los proyectos no lleguen a ejecutarse en varios años debido a problemas políticos. Sería importante buscar fondos de inversión extranjeros que regularmente se dedican a promover proyectos renovables en países de desarrollo como el nuestro.

Además, actualmente el Perú no tiene una figura regulatoria muy flexible respecto a la participación del mercado eléctrico de las plantas solares cuando estas están conectadas al SEIN y esto debe implementarse para que las plantas solares logren obtener una recuperación de su capital óptimo y a la vez los usuarios puedan adquirir la energía a un costo justo.

Tiene algún comentario que le gustaría agregar antes de finalizar la entrevista

Para finalizar, quisiera comentar que el Perú tiene un gran potencial energético ampliamente explotable a beneficio de la población. Actualmente, el país necesita crear más programas para impulsar la energía solar y trabajar junto con cada gobierno regional para que más viviendas e industrias gocen de un suministro de energía limpio y de costos eficientes.

Igualmente, el avance en la regulación y reglamentación del uso de las energías renovables es importante para crear un marco en el cual el mercado pueda moverse y podamos seguir innovando en tecnología y creando interés en empresas que puedan invertir en nuestro país.

Gracias, realmente fue muy amable al concedernos esta entrevista, la información que nos ha brindado será de gran ayuda para nuestra tesis, valoramos mucho su experiencia y la forma en la que nos ha compartido su punto de vista.