



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA
OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL
NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE
JULIACA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

JULIACA - PERÚ
2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA

OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL

NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE

JULIACA, 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

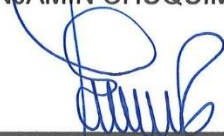
PRESIDENTE

:


Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

:


Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

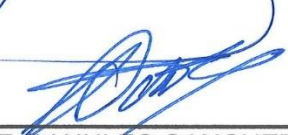
SEGUNDO MIEMBRO

:


Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

:


Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA - P18

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1443-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 04 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - C - 6366 presentado por el (la) Bachiller: **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 13 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - EPIME

ARTÍCULO CUARTO. - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASD. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
Internacional



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1159-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-6321 por el señor (a): **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 804-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 029 - 2025 del integrante del comité de investigación 1159 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 029 - 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

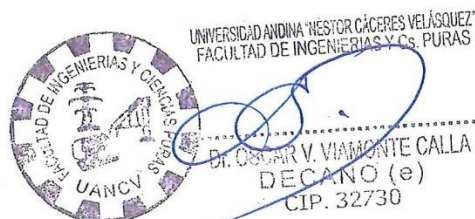
RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc.
Archivo
interesado (a)



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 371-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 26 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 2949, presentado por el señor (a) **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 248-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° **011-2025** del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA** ha presentado su propuesta de investigación titulada: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° **011-2025**-aprobando la propuesta de investigación titulada: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución **0989-2022-UANCV-CU-R**, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° **0294-2023 UANCV-CU-R**, y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° **30220**, ley de creación de la UANCV N° **23738** y modificatoria N° **24661**, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2025** correspondiente a la línea de investigación **INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc.
Archivo 2025
Interesado (a)





OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLLA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL P...

 TESIS DE PREGRADO

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:543430461

Fecha de entrega

28 dic 2025, 22:06 GMT-5

Fecha de descarga

29 dic 2025, 7:34 GMT-5

Nombre del archivo

T036_76182163_T.docx

Tamaño del archivo

15.4 MB

100 páginas

13.636 palabras

80.824 caracteres



TESIS UANCV

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

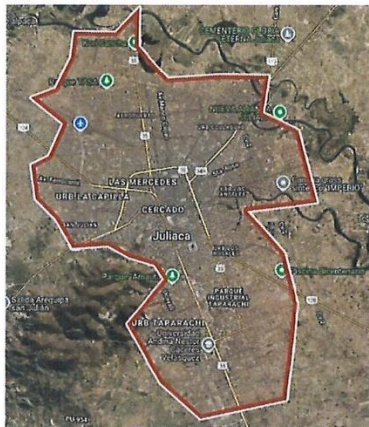
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



METADATOS COMPLEMENTARIOS

TÍTULO DE LA TESIS	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76182163
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-9698-3959
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476



Datos de investigación	
Línea de investigación	INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Ubicación País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.500566 Longitud: -70.134663 URL Maps:  https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1QQ7e-99RG2Tl6STNnJxg76neRROoFjk&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2025 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería eléctrica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03



UNIVERSIDAD ANDINA "VÍCTOR RIVERA VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. César G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA, identificado con DNI

Nro. 76182163 en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación**, ☐ **Trabajo Académico** denominada:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES
EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2025

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREAN

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

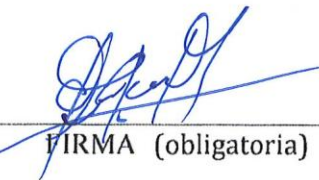
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 28 de NOVIEMBRE del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a mis padres, quienes con su esfuerzo, sacrificio y valores me han guiado a lo largo de este camino, y a toda mi familia, por ser mi respaldo incondicional, por sus palabras de aliento, su comprensión en los momentos difíciles y por confiar siempre en mí; este logro es tanto mío como de ustedes.

Oscar Jesús Ito Huarilloclla



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, salud y fortaleza para culminar esta etapa académica. A mis padres y a toda mi familia, por su amor, sacrificio y apoyo constante durante mi formación profesional.

Mi gratitud a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y a la C.A.P. de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por brindarme una formación integral. A mis docentes y asesor de tesis, por su orientación y compromiso académico.

Finalmente, agradezco a la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac de Juliaca por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación, y a todas las personas que de alguna manera contribuyeron en este proceso.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Exposición de la situación problemática.....	1
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Problema Específico	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivo Específico	4
1.4 Justificación	4
1.5 Hipótesis.....	5
1.5.1 Hipótesis General.....	5



1.5.2 Hipótesis Específica	5
1.6 Variables	6
1.6.1 Variable independiente.....	6
1.6.2 Variable dependiente	6
1.6.3 Operacionalización de variables.....	6
1.7 Delimitación de la investigación.....	7
1.7.1 Delimitación espacial:.....	7
1.7.2 Delimitación temporal:.....	7
1.7.3 Delimitación temática:	8
1.7.4 Delimitación metodológica:.....	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	9
2.1.1 Internacionales	9
2.1.2 Nacionales.....	10
2.1.3 Locales	11
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Energía convencional.....	12
2.2.2 Consumo energético en instituciones educativas.....	13
2.2.3 Energía solar	14
2.2.4 Energía fotovoltaica.....	15



2.2.5	Sistemas fotovoltaicos off-grid.....	16
2.2.6	Diseño de sistemas fotovoltaicos off-grid	18
2.2.7	Eficiencia energética del sistema	19
2.2.8	Viabilidad económica del sistema	20
2.2.9	Condiciones ambientales	22
2.3	Marco conceptual	23
2.3.1	Sistema fotovoltaico	23
2.3.2	Sistema fotovoltaico off-grid	24
2.3.3	Diseño de sistemas fotovoltaicos	24
2.3.4	Eficiencia energética	24
2.3.5	Autonomía energética	24
2.3.6	Radiación solar.....	25
2.3.7	Banco de baterías	25
2.3.8	Inversor	25
2.3.9	Controlador de carga.....	25
2.3.10	Condiciones ambientales.....	25
2.3.11	Horas solares pico (HSP)	26
2.3.12	Sombreamiento	26
2.3.13	Mantenimiento del sistema	26
2.3.14	Costo Nivelado de Energía (LCOE)	26



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Diseño de la investigación	27
3.2	Tipo de la investigación	27
3.3	Método de la investigación	28
3.4	Población y muestra	28
3.4.1	Población.....	28
3.4.2	Muestra	29
3.5	Técnicas e instrumentos.....	29
3.6	Procedimiento para el diseño del sistema	30
3.6.1	Fase 1: Diagnóstico energético de las aulas académicas.....	30
3.6.2	Fase 2: Dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico	31
3.6.3	Fase 3: Evaluación económica y sostenibilidad	32
3.7	Técnicas de análisis de datos.....	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados según el Objetivo Específico 1: Diagnóstico energético	34
4.1.1	Tabla de cargas eléctricas por aula.....	34
4.1.2	Cálculo de la demanda energética total	35
4.1.3	Análisis del perfil de carga	36
4.1.4	Discusión de resultados	37



4.1.5 Validación de la Hipótesis Específica 1 (HE1).....	37
4.2 Resultados según el Objetivo Específico 2:	38
4.2.1 Radiación solar disponible en Juliaca	38
4.2.2 Cálculo de la potencia del arreglo fotovoltaico	39
4.2.3 Dimensionamiento del banco de baterías	39
4.2.4 Selección de componentes del sistema	41
4.2.5 Configuración y adaptabilidad del sistema	43
4.2.6 Discusión técnica de resultados	45
4.3 Resultados según el Objetivo Específico 3:	46
4.3.1 Consumo y costo de la energía convencional en la institución educativa	47
4.3.2 Costo nivelado de energía (LCOE)	48
4.3.3 Análisis de rentabilidad (Ahorro neto y TIR)	48
4.3.4 Comparación con el sistema convencional	51
4.3.5 Discusión económica de resultados	52
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	63
Anexo 1 Matriz de consistencia.....	64
Anexo 2 Panel fotográfico	65
Anexo 3 Cotización técnica-económica del sistema fotovoltaico off-grid	68



Anexo 4 Recibo de energía eléctrica de la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac – Electro Puno (mayo 2025).....	69
Anexo 5 Estado de cuenta corriente de la institución educativa – BT5B.....	70
Anexo 6 Detalle del cálculo de cargas eléctricas	71
Anexo 7 Ubicación geográfica y características del entorno	72
Anexo 8 Parámetros de irradiación y producción fotovoltaica (PVGIS).....	73
Anexo 9 Irradiación solar y producción estimada del sistema fotovoltaico (PVGIS)	74
Anexo 10 Normas y políticas que respaldan la implementación de sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas.....	75



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2 Comparación entre fuentes de energía convencional	13
Tabla 3 Consumo estimado de equipos en un aula de primaria	14
Tabla 4 Comparación entre energía convencional y energía solar	14
Tabla 5 Tipos de sistemas fotovoltaicos	15
Tabla 6 Carga eléctrica diaria por aula académica	34
Tabla 7 Demanda energética total de 16 aulas (por artefacto)	35
Tabla 8 Parámetros climatológicos para el diseño del sistema fotovoltaico en Juliaca	38
Tabla 9 Parámetros del banco de baterías seleccionado	40
Tabla 10 Resumen de componentes seleccionados.....	43
Tabla 11 Escenarios ampliados de replicabilidad del sistema fotovoltaico off-grid en contextos educativos	44
Tabla 12 Consumo y costo de la energía convencional en la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac.....	47
Tabla 13 Supuestos considerados para el análisis económico.....	49
Tabla 14 Caja de flujo (20 años)	50
Tabla 15 Ahorro estimado frente al sistema convencional (20 años).....	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución porcentual del consumo energético por tipo de equipo (por aula)	36
--	----



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de energía fotovoltaica off-grid eficiente y sostenible para abastecer las aulas de una institución educativa primaria representativa de la ciudad de Juliaca, con el propósito de establecer un modelo replicable en centros educativos con condiciones similares. El estudio fue aplicado, no experimental, transversal, con enfoque cuantitativo y orientación tecnológica propositiva, desarrollándose en tres fases: diagnóstico energético, diseño técnico y evaluación económica. Se determinó que la demanda promedio por aula es de 1 200 Wh/día, sumando 23 040 Wh/día para 16 aulas, considerando un factor de sobredimensionamiento del 20 % para compensar pérdidas técnicas. La propuesta integra 10 paneles solares de 5 500 Wp, un banco de baterías de litio de 1 200 Ah a 48 V e inversores híbridos, garantizando autonomía de 2 días y escalabilidad modular por bloques de aulas. La evaluación financiera evidenció un LCOE de USD 0,083/kWh, ahorro neto acumulado de USD 23 048 en 20 años, TIR de 12,11 % y un periodo de recuperación simple de aproximadamente 7 años, confirmando la viabilidad económica. Se concluye que la propuesta cubre el 100 % de la demanda diaria, reduce costos operativos y constituye un modelo replicable para otros contextos educativos.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico off-grid, eficiencia energética, viabilidad económica, institución educativa.



ABSTRACT

This research aimed to design an efficient, sustainable, and replicable off-grid photovoltaic energy system to supply classrooms in a representative primary school in Juliaca, with the purpose of establishing a model applicable to other educational centers under similar conditions. The study was applied, non-experimental, cross-sectional, with a quantitative approach and a technology-oriented proposal, conducted in three phases: energy diagnosis, technical design, and economic evaluation. The average energy demand per classroom was 1 200 Wh/day, totaling 23 040 Wh/day for 16 classrooms, considering a 20 % oversizing factor to compensate for technical losses. The proposed system includes 10 solar panels of 5 500 Wp, a 1 200 Ah lithium battery bank at 48 V, and hybrid inverters, ensuring a 2-day autonomy and modular scalability by classroom blocks. The financial assessment showed a Levelized Cost of Energy (LCOE) of USD 0.083/kWh, a net cumulative saving of USD 23 048 over 20 years, an Internal Rate of Return (IRR) of 12.11 %, and a simple payback period of approximately 7 years, confirming economic viability. The design meets 100 % of daily demand, reduces operational costs, and constitutes a replicable model for other educational contexts.

Key words: off-grid photovoltaic system, energy efficiency, economic viability, educational institution.

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, el acceso a una fuente de energía eléctrica confiable y sostenible constituye un elemento esencial para el desarrollo humano, especialmente en el ámbito educativo. La disponibilidad de electricidad permite el funcionamiento de tecnologías pedagógicas, mejora las condiciones de enseñanza y fortalece la gestión institucional. Sin embargo, en muchas regiones rurales y urbano-marginales del mundo, aún persisten limitaciones significativas en la infraestructura eléctrica, afectando directamente la calidad del servicio educativo (Banco Interamericano de Desarrollo, 2018).

En el caso del Perú, estas brechas son más evidentes en regiones altoandinas como Puno. Según el Ministerio de Educación (MINEDU, 2023), solo el 21.2 % de las escuelas del departamento cuentan simultáneamente con servicios básicos de agua, desagüe y electricidad. Esta carencia estructural restringe la aplicación de enfoques pedagógicos modernos que requieren equipamiento eléctrico, como proyectores, computadoras y plataformas digitales.

Juliaca, capital de la provincia de San Román, enfrenta esta problemática a pesar de su condición urbana. Diversas instituciones educativas públicas reportan cortes frecuentes del servicio eléctrico durante el horario escolar, lo que interrumpe las clases, genera sobrecostos operativos y limita el uso de recursos tecnológicos. Esta situación afecta especialmente a las instituciones del nivel primario, que presentan una alta demanda energética concentrada en aulas académicas.

En este escenario, la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica off-grid se presenta como una alternativa viable, sostenible y contextualizada. Estos sistemas permiten generar y almacenar electricidad de



forma autónoma, sin depender de la red convencional, a través de paneles solares, baterías, inversores y controladores de carga (González & Pérez, 2021). Su aplicación ha demostrado resultados positivos en zonas rurales de países como India, Ecuador y en regiones del Perú como Cajamarca y Cusco (Ahuja & Singh, 2021; Rodríguez-Gutiérrez et al., 2022).

La ciudad de Juliaca cuenta con un elevado potencial solar, con una irradiación promedio superior a 5.5 kWh/m²/día, lo cual favorece la implementación de soluciones fotovoltaicas eficientes (SENAMHI, 2022). En ese contexto, la presente investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de energía fotovoltaica off-grid que permita abastecer de forma eficiente y sostenible las aulas académicas de la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac, ubicada en el centro urbano de Juliaca. Esta institución fue seleccionada por su representatividad y por evidenciar condiciones comunes a otras escuelas del altiplano.

El propósito del estudio es proponer una solución técnica, económica y ambientalmente viable que contribuya al fortalecimiento de la infraestructura educativa. Asimismo, se busca que el sistema diseñado pueda ser replicado en instituciones similares de la región, aportando al cierre de la brecha energética con tecnologías limpias y sostenibles. Esta investigación se alinea a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular al ODS 7: Energía asequible y no contaminante.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Exposición de la situación problemática

A nivel internacional, el acceso a fuentes de energía eléctrica confiables y sostenibles ha sido identificado como un pilar esencial para el desarrollo educativo. En regiones rurales o periféricas del mundo, las escuelas enfrentan graves limitaciones debido a la ausencia o inestabilidad del suministro eléctrico, lo cual impide la implementación de tecnologías educativas modernas y reduce la calidad del aprendizaje (Ahuja & Singh, 2021). Como respuesta, numerosos países han implementado soluciones fotovoltaicas autónomas. Por ejemplo, el programa Luces de Esperanza en México logró mejorar el acceso educativo en comunidades rurales mediante la instalación de sistemas solares en centros escolares (El País, 2024).

En el Perú, a pesar de avances en cobertura eléctrica, persisten importantes brechas en el acceso simultáneo a servicios básicos en las instituciones educativas públicas. Según el Ministerio de Educación (2023), apenas el 29.4 % de las escuelas de educación básica tienen acceso simultáneo a agua, electricidad y desagüe. Esta situación se agrava en regiones altoandinas como Puno, donde la cifra desciende al 21.2 %. La falta de servicios básicos no solo representa un obstáculo operativo, sino que afecta directamente el uso de herramientas pedagógicas digitales, restringe el aprendizaje activo y limita la gestión institucional.



En la ciudad de Juliaca, esta problemática se manifiesta incluso en instituciones ubicadas en zonas urbanas. Diversas escuelas primarias experimentan cortes eléctricos frecuentes durante el horario pedagógico, lo que interrumpe las clases, impide el uso de proyectores, computadoras u otros equipos, y representa una carga económica por el incremento de las facturas eléctricas. Zonas como Túpac Amaru y el cercado registran reclamos recurrentes por parte de docentes y padres de familia debido a la falta de continuidad del servicio eléctrico, lo que evidencia la urgencia de buscar soluciones energéticas sostenibles (Info región, 2024; Diario Correo, 2023).

En este escenario, el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica surge como una alternativa viable y contextualizada. Juliaca cuenta con altos niveles de radiación solar durante todo el año, con promedios superiores a 5.5 kWh/m²/día según datos del SENAMHI (2022), lo cual permite el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos off-grid adaptados a la realidad local. Estos sistemas tienen la capacidad de operar de manera autónoma y garantizar el abastecimiento energético, al menos durante el horario pedagógico.

Por las razones expuestas; la presente investigación plantea el diseño de un sistema de energía fotovoltaica off-grid enfocado exclusivamente en las aulas académicas de una institución educativa primaria representativa de Juliaca. Esta delimitación responde a criterios de viabilidad técnica, sostenibilidad económica y uso homogéneo, permitiendo desarrollar una propuesta realista, eficiente y replicable en otras instituciones similares. Además, se pretende evaluar la viabilidad económica de este sistema como una alternativa frente al suministro eléctrico convencional, contribuyendo así al fortalecimiento de la infraestructura educativa pública en la región.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

- ¿Cómo diseñar un sistema fotovoltaico off-grid eficiente y sostenible para abastecer las aulas académicas de una institución educativa primaria en Juliaca, que sirva como modelo replicable en otras instituciones con condiciones similares?

1.2.2 Problema Específico

- ¿Cómo determinar la demanda energética diaria de las aulas académicas en una institución educativa primaria representativa de Juliaca?
- ¿Qué criterios técnicos de diseño deben considerarse para lograr un dimensionamiento eficiente de un sistema fotovoltaico off-grid en función de la demanda energética y las condiciones solares locales?
- ¿Cuál es la viabilidad económica de implementar un sistema fotovoltaico off-grid en una institución educativa pública de Juliaca, y su aporte como modelo replicable en otras instituciones con características similares?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de energía fotovoltaica off-grid que proporcione un suministro eléctrico eficiente y sostenible para las aulas académicas de una institución educativa primaria en Juliaca, con la finalidad de establecer un modelo replicable.

1.3.2 *Objetivo Específico*

- Determinar la demanda energética diaria de las aulas académicas de una institución educativa primaria representativa de Juliaca.
- Diseñar un sistema fotovoltaico off-grid aplicando criterios técnicos de eficiencia, autonomía y adaptabilidad, en función de la demanda energética y las condiciones solares locales.
- Evaluar la viabilidad económica del sistema diseñado mediante indicadores financieros y comparaciones con el suministro convencional, para validar su uso como modelo replicable en instituciones similares.

1.4 **Justificación**

La presente investigación adquiere relevancia académica, técnica y social al proponer el diseño de un sistema de energía fotovoltaica off-grid orientado a garantizar un suministro eléctrico confiable y sostenible en aulas de una institución educativa primaria de Juliaca. Más allá de cubrir una necesidad puntual de infraestructura, la propuesta promueve el uso de energías limpias y renovables, en concordancia con los desafíos globales de sostenibilidad energética (MINEDU, 2023; SENAMHI, 2022).

En las zonas altoandinas, muchas instituciones educativas carecen de un suministro eléctrico estable, lo que limita el uso de recursos tecnológicos y afecta la calidad del aprendizaje (INEI, 2017). Juliaca, sin embargo, cuenta con una de las tasas más altas de irradiación solar del país —superior a 5,5 kWh/m²/día—, lo que representa un recurso energético subutilizado (SENAMHI, 2022). Esta investigación se centra en transformar esa disponibilidad natural en una solución práctica y sostenible, contribuyendo a reducir la dependencia de fuentes fósiles y a mitigar impactos ambientales.

El estudio toma como unidad de análisis la I.E.P. N.º 70547 “Manco Cápac”, lo que permite trabajar con datos empíricos de consumo y condiciones climáticas locales. Aunque se desarrolla en un caso específico, el diseño modular y escalable plantea la posibilidad de replicarse en otras instituciones educativas del distrito de Juliaca, donde funcionan decenas de escuelas primarias con demandas energéticas heterogéneas.

Asimismo, la investigación se enmarca en los principios del Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 7, que busca garantizar el acceso universal a energía asequible, segura y moderna. Los resultados obtenidos no solo tendrán impacto en la mejora de la infraestructura educativa, sino también en la promoción de una cultura de aprovechamiento responsable de energías renovables, sentando bases técnicas para futuros proyectos de electrificación sostenible en el sur del Perú.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

- El diseño de un sistema fotovoltaico off-grid basado en criterios técnicos y económicos permitirá proveer un suministro eléctrico eficiente y sostenible para las aulas académicas de una institución educativa primaria representativa de Juliaca, constituyendo un modelo replicable en contextos similares.

1.5.2 Hipótesis Específica

- Un diagnóstico técnico preciso de la demanda energética diaria de las aulas académicas permitirá establecer una base adecuada para el diseño eficiente de un sistema fotovoltaico off-grid.

- La aplicación de criterios técnicos de eficiencia, autonomía y adaptabilidad permitirá dimensionar un sistema fotovoltaico off-grid que responda adecuadamente a la demanda energética y a las condiciones solares locales de las aulas académicas.
- El sistema fotovoltaico diseñado permitirá reducir los costos operativos anuales frente al sistema eléctrico convencional, asegurando su viabilidad financiera y su potencial como modelo replicable en instituciones similares.

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

- Diseño del sistema fotovoltaico off-grid.

1.6.2 Variable dependiente

- Eficiencia energética del sistema.
- Viabilidad económica del sistema

1.6.3 Operacionalización de variables

Tabla 1

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Escala de medición	Tipo de variable
Diseño del sistema fotovoltaico off-grid (Independiente)	Tipo de tecnología	Tipo de paneles	(monocristalino / policristalino)	Nominal	Cualitativa
	Nivel de tensión	Voltaje nominal del sistema	Voltios (V)	Ordinal	Cualitativa
	Potencia instalada	Capacidad total del sistema	kW	Continua	Cuantitativa
	Cantidad de módulos	Número de paneles instalados	Unidades (n.º)	Discreta	Cuantitativa
	Autonomía energética	Capacidad del banco de baterías	Amperios-hora (Ah)	Continua	Cuantitativa
Eficiencia energética del	Cobertura energética	Energía demandada	%	Continua	Cuantitativa

sistema (Dependiente)	Disponibilidad diaria	cubierta por el sistema Horas de energía útil por día en las aulas	h/día	Continua	Cuantitativa
	Aprovechamiento energético	Relación entre energía generada y consumida	%	Continua	Cuantitativa
Viabilidad económica del sistema (Dependiente)	Rentabilidad del sistema	Ahorro neto acumulado, Tasa Interna de Retorno (TIR)	USD / %	Continua	Cuantitativa
	Costo nivelado de energía	LCOE	USD/kWh	Continua	Cuantitativa
	Comparación de costos	Ahorro frente al sistema convencional	%	Continua	Cuantitativa

Nota. Elaboración propia (2025)

1.7 Delimitación de la investigación

La presente investigación se encuentra delimitada de manera clara en los siguientes aspectos:

1.7.1 Delimitación espacial:

El estudio se desarrolla en la ciudad de Juliaca, capital de la provincia de San Román, región Puno, específicamente en la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac, ubicada en el jirón Carabaya 850. Esta institución representa un caso típico de escuela primaria pública urbana con deficiencias en el suministro eléctrico, lo que la convierte en una unidad de análisis pertinente para el diseño de un sistema energético sostenible.

1.7.2 Delimitación temporal:

La investigación se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre marzo y julio del año 2025, abarcando las fases de diagnóstico energético, diseño técnico del sistema fotovoltaico off-grid y evaluación de su viabilidad económica.



1.7.3 Delimitación temática:

El estudio se enfoca exclusivamente en el diseño técnico y económico de un sistema fotovoltaico autónomo (off-grid) orientado al abastecimiento energético de las aulas académicas. No se considera el abastecimiento de otras áreas institucionales como oficinas administrativas, patios, comedores ni servicios sanitarios.

1.7.4 Delimitación metodológica:

Se trata de una investigación aplicada y tecnológica, con enfoque cuantitativo. Se utilizó como método el diseño técnico-analítico, apoyado en técnicas de diagnóstico energético, dimensionamiento fotovoltaico y evaluación financiera. Las variables analizadas incluyen: tipo de tecnología, capacidad instalada, autonomía del sistema, eficiencia energética, viabilidad económica y condiciones ambientales locales.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

En Garg y Sinha (2021), en su investigación titulada "Off-grid solar electrification and household well-being: Evidence from rural India", se desarrolló un estudio cuantitativo de tipo aplicado con el objetivo de evaluar si los sistemas solares off-grid permiten reducir la pobreza energética en comunidades rurales de India. La población estuvo compuesta por hogares rurales en seis estados del país, y la muestra se basó en datos recolectados a través del Panel ACCESS 2015 y 2018, con aproximadamente 9 000 hogares. Se analizaron variables como horas de iluminación, uso de aparatos eléctricos y gasto energético. Los resultados evidenciaron que el uso de sistemas solares autónomos permitió incrementar el acceso a iluminación eléctrica en más del 70 % de los hogares, aunque con uso limitado a cargas básicas como focos y radios. Se concluyó que los sistemas solares off-grid son eficaces para cubrir necesidades mínimas en contextos rurales, pero deben ser cuidadosamente dimensionados si se desea cubrir demandas energéticas más amplias. Este antecedente es útil, ya que refuerza la importancia de ajustar técnicamente el diseño del sistema fotovoltaico a la demanda real de los espacios, como las aulas escolares.

En Aklin et al. (2017), con su estudio titulado “Does basic energy access generate socioeconomic benefits? A field experiment with off-grid solar power in India”, se implementaron microrredes solares comunitarias en aldeas rurales de Uttar Pradesh mediante un ensayo controlado aleatorizado. El objetivo fue determinar el impacto de los sistemas solares off-grid en el acceso energético y en indicadores socioeconómicos. Las unidades de análisis fueron comunidades rurales con y sin intervención, donde se instalaron sistemas modulares de paneles solares. Se midió el acceso eléctrico diario, consumo energético y cambios en bienestar general. Los resultados mostraron un incremento de hasta 1.5 horas diarias de acceso eléctrico, aunque sin efectos significativos en educación o ingresos en el corto plazo. La investigación concluyó que los sistemas off-grid pueden garantizar acceso básico a la energía, pero requieren acompañamiento técnico y social para ser sostenibles. Su aporte reside en confirmar la viabilidad de estos sistemas para necesidades regulares como las actividades escolares diarias.

2.1.2 Nacionales

En Rodríguez-Gutiérrez et al. (2022), con su tesis titulada “Implementación de un sistema fotovoltaico autónomo en una comunidad rural de Cajamarca”, se realizó una investigación experimental con enfoque cuantitativo, cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia energética de un sistema solar autónomo. La muestra incluyó diez viviendas desconectadas de la red eléctrica. Se instalaron sistemas compuestos por paneles solares, baterías e inversores, y se realizaron mediciones durante tres meses. Los resultados mostraron que el sistema alcanzó una eficiencia energética del 85 %, satisfaciendo necesidades básicas de iluminación y carga de dispositivos. Se concluyó que los sistemas solares off-grid son técnicamente viables para zonas rurales, aunque requieren mantenimiento continuo. Este antecedente

es relevante, ya que valida la eficiencia energética alcanzable en sistemas autónomos diseñados para contextos peruanos similares al de Juliaca.

En Pérez Ortega (2019), en su tesis titulada “Factibilidad técnica, económica y social para la implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos en el centro poblado El Vallecito, Cusco”, se desarrolló un estudio de tipo aplicado bajo la modalidad de estudio de caso. El objetivo fue evaluar la viabilidad de implementar sistemas fotovoltaicos en viviendas rurales de dicha localidad. Se seleccionaron 20 viviendas y se aplicaron instrumentos como encuestas, cálculos eléctricos y análisis económico-financiero (VAN, TIR, LCOE). Los resultados demostraron viabilidad técnica y económica bajo condiciones como acceso al subsidio FOSE y mantenimiento adecuado. Se concluyó que estos sistemas pueden ser sostenibles si están correctamente gestionados. Este antecedente proporciona un marco técnico-económico aplicable al análisis de viabilidad en aulas escolares de Juliaca.

2.1.3 Locales

En Quispe Mamani (2023), con su tesis titulada “Implementación de un sistema fotovoltaico autónomo en el centro poblado de Chachacomani – Muñani – Azángaro – Puno”, se propuso mejorar el abastecimiento eléctrico en 15 viviendas rurales sin conexión a la red. Se utilizó un diseño aplicado con enfoque cuantitativo. El sistema se dimensionó en función de la demanda energética diaria y de la radiación solar local. Los resultados mostraron que un sistema de 1.8 kWp cubrió el 100 % de la demanda básica con dos días de autonomía. La investigación concluyó que la implementación fue viable técnica y económicamente, siempre que se garantice mantenimiento y capacitación de los usuarios. Este antecedente local es clave para esta tesis, pues demuestra que el diseño ajustado a condiciones rurales de Puno puede replicarse en aulas escolares de Juliaca.

En Mamani Choque (2018), en su tesis titulada “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en la I.E.P. N.º 70001 ‘Nuestra Señora de la Asunción’, Puno”, se desarrolló un estudio aplicado con metodología cuantitativa. El objetivo fue reducir los costos del consumo eléctrico de la institución. Se tomó como muestra los ambientes de aula, administrativos y exteriores. Se aplicó medición de cargas, simulación con software PVsyst y estimaciones económicas. Los resultados indicaron que un sistema on-grid de 4.8 kWp cubrió el 70 % del consumo mensual, generando un ahorro del 45 % en la facturación anual, con retorno estimado en siete años. Se concluyó que los sistemas solares son viables para instituciones educativas urbanas, siempre que el diseño esté alineado a los consumos reales. Su relación con esta investigación se basa en demostrar que el diseño personalizado permite obtener eficiencia y ahorro económico, incluso en condiciones climáticas altoandinas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Energía convencional

La energía convencional proviene de fuentes tradicionales como el petróleo, el gas natural, el carbón y la hidroelectricidad. Estas fuentes han sustentado históricamente la generación de electricidad, pero presentan limitaciones: son recursos finitos, generan emisiones contaminantes y sus costos de operación pueden ser elevados (IEA, 2021).

En el Perú, la matriz eléctrica está dominada por la hidroelectricidad (56 %) y las centrales térmicas a gas natural y diésel (40 %), mientras que las energías renovables no convencionales aún tienen una participación reducida (MINEM, 2022). Aunque este modelo garantiza electricidad en ciudades como Juliaca, implica una fuerte dependencia de combustibles fósiles y de infraestructuras

centralizadas, lo que eleva el costo del suministro y lo hace ambientalmente menos sostenible.

Tabla 2

Comparación entre fuentes de energía convencional

Fuente		Ventajas	Limitaciones
Hidroelectricidad		Renovable, bajo costo operativo	Vulnerable a sequías, requiere grandes obras
Térmica (gas/diésel)		Potencia estable y continua	Emisiones de CO ₂ , depende de combustibles fósiles
Carbón		Alta disponibilidad global	Muy contaminante, casi no se usa en Perú
Red eléctrica nacional	Amplia cobertura en zonas urbanas y rurales	Dependencia de matriz fósil, costos crecientes	

Nota. Adaptado de MINEM (2022) e IEA (2021).

2.2.2 Consumo energético en instituciones educativas

El consumo eléctrico en una escuela primaria se concentra en iluminación, equipos de cómputo, proyectores, impresoras y sistemas de sonido. Aunque es bajo frente a otros sectores, resulta significativo porque impacta en los costos y en la calidad de las actividades pedagógicas (MINEDU, 2021).

Con la implementación de aulas digitales, la demanda eléctrica escolar ha crecido. En promedio, una institución educativa primaria puede requerir entre 1 y 5 kWh diarios, según su tamaño y equipamiento (INEI, 2017; MINEDU, 2022). Este nivel de consumo, cercano a 1,3 kWh en un aula típica, representa un gasto constante y una oportunidad para el uso de energías renovables que reduzcan costos y aporten sostenibilidad.

Tabla 3*Consumo estimado de equipos en un aula de primaria*

Equipo	Potencia (W)	Uso (h/día)	Consumo (Wh/día)
Foco LED	15	6	90
Laptop	60	4	240
Proyector	250	3	750
Impresora	100	1	100
Parlante / sonido	50	2	100
Total	—	—	1 280 $\approx$ 1,3 kWh

Nota. Adaptado de MINEDU (2021) e INEI (2017).

2.2.3 Energía solar

La energía solar es una fuente renovable e inagotable que proviene de la radiación electromagnética del sol. Se caracteriza por ser limpia, abundante y gratuita en su recurso, lo que la convierte en una de las principales alternativas frente a las fuentes convencionales de energía (Agencia Internacional de Energía [IEA], 2021).

Tabla 4*Comparación entre energía convencional y energía solar*

Aspecto	Convencional	Solar
Fuente	Combustibles fósiles / hidroeléctrica	Radiación solar
Disponibilidad	Limitada, dependiente de recursos finitos	Inagotable a escala humana
Impacto ambiental	Emisiones de CO ₂ y contaminación	Cero emisiones durante la operación
Costos	Fluctúan por precio de combustibles	Disminuyen a mediano y largo plazo
Acceso en zonas rurales	Limitado por infraestructura de red	Alta viabilidad en sistemas descentralizados

Nota. Adaptado de IEA (2021) y SENAMHI (2022).

2.2.4 Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica consiste en la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante el **efecto fotovoltaico**, proceso en el que los fotones liberan electrones en un material semiconductor como el silicio, generando corriente continua (Energy Education, s. f.). Este fenómeno, descubierto por Edmond Becquerel en 1839, constituye la base de los sistemas solares actuales.

Un sistema fotovoltaico está conformado por **paneles solares** que producen corriente continua, un **controlador de carga** (PWM o MPPT) que regula la energía almacenada en un **banco de baterías**, y un **inversor** que transforma la electricidad a corriente alterna cuando se requiere. Estos elementos, junto con las **estructuras de soporte**, aseguran el suministro eléctrico incluso en ausencia de radiación.

Existen tres tipos de sistemas fotovoltaicos: **conectados a red (on-grid)**, **aislados (off-grid)** y **híbridos**.

Tabla 5

Tipos de sistemas fotovoltaicos

Tipo	Características principales
On-grid (conectado a red)	Interactúa con la red eléctrica. Inyecta excedentes y consume en déficit. No requiere baterías.
Off-grid (aislado)	Independiente de la red. Necesita banco de baterías. Ideal para zonas rurales sin acceso eléctrico.
Híbrido	Combina red y baterías. Ofrece respaldo y estabilidad ante cortes o variabilidad.

Nota. Elaboración propia basada en IEA (2023) y Castañeda et al. (2021).

Los componentes básicos incluyen:

- **Paneles solares:** fabricados principalmente en silicio monocristalino o policristalino.
- **Inversor:** convierte corriente continua en alterna con eficiencias mayores al 95 %.
- **Controlador de carga:** los MPPT ofrecen mejor aprovechamiento de la radiación.
- **Baterías:** predominan las de plomo-ácido por costo, aunque las de ion-litio presentan mayor vida útil.
- **Estructura:** orienta los paneles; en Juliaca ($15,5^{\circ}$ S) se recomienda inclinación cercana a la latitud local.

En cuanto a la **eficiencia de conversión**, el límite teórico para células de silicio es de 30 %, mientras que los módulos comerciales alcanzan entre 15 y 22 %. Factores como la **temperatura de operación** ($-0,3$ % por cada $^{\circ}\text{C}$ adicional), la **orientación e inclinación**, y las **pérdidas por sombra o suciedad** afectan directamente el rendimiento del sistema (Green et al., 2023)

2.2.5 *Sistemas fotovoltaicos off-grid*

- **Definición y características**

Un sistema fotovoltaico off-grid, o aislado, es aquel que opera de forma independiente a la red eléctrica, proporcionando energía mediante el uso de paneles solares y almacenamiento en baterías. Estos sistemas son completamente autónomos, ideales para zonas sin acceso a la red o con suministro intermitente (Karthikeyan et al., 2017).

El sistema consta de un arreglo PV, controladores de carga, baterías de respaldo, inversores, y frecuentemente sistemas de monitoreo o generación de respaldo (p.e. generadores diésel).

- **Criterios de diseño**

Los tres criterios clave en diseño son:

- a) Estimación de la demanda energética: Se inicia con un "load table" que estima el consumo diario en kWh en diferentes meses del año, incluyendo cargas pico y factores de potencia.
- b) Autonomía: Se determina cuántos días consecutivos sin sol debe proveer el sistema. Generalmente se proyecta entre 2 y 5 días para resiliencia.
- c) Ubicación e inclinación: Se evalúa radiación solar local (PSH) y se elige una inclinación óptima para maximizar producción. Se recomienda emplear ángulo igual a la latitud con $\pm 15^\circ$ según estación.

- **Ventajas y limitaciones**

- a) Ventajas:

- ✓ Autonomía total y eliminación de facturación eléctrica
- ✓ Independencia de la red y estabilidad en zonas remotas
- ✓ Acumulación de energía excedente

- b) Limitaciones:

- ✓ Requieren almacenamiento costoso
- ✓ Mantenimiento periódico (paneles, baterías, generador)
- ✓ Sobredimensionamiento necesario para garantizar autonomía

2.2.6 Diseño de sistemas fotovoltaicos off-grid

El diseño de un sistema fotovoltaico aislado parte de la **estimación de la demanda energética**, entendida como la suma del consumo de los equipos eléctricos que se utilizarán en la instalación. Este proceso es clave porque una subestimación puede comprometer el suministro durante la operación, mientras que una sobreestimación incrementa innecesariamente los costos del sistema (Kosmadakis & Elmasides, 2021; Cuenca et al., 2023).

El **dimensionamiento** de un sistema fotovoltaico off-grid se realiza considerando tres elementos principales:

- **Recurso solar local:** se evalúa la radiación solar promedio en la zona, medida en kWh/m²/día, mediante bases de datos como SENAMHI o PVGIS. En el altiplano peruano, los valores anuales superan los 5 kWh/m²/día, lo que evidencia un alto potencial de aprovechamiento solar (SENAMHI, 2022).
- **Arreglo fotovoltaico:** se selecciona la potencia instalada necesaria para cubrir la demanda, considerando las pérdidas de eficiencia propias del sistema.
- **Banco de baterías e inversor:** se define la capacidad de almacenamiento y de conversión de energía para garantizar autonomía y compatibilidad con el nivel de tensión elegido.

Las **variables clave** que guían el diseño son:

- **Tipo de tecnología:** módulos monocristalinos, policristalinos o de capa delgada.
- **Potencia instalada (Wp):** suma de la potencia de todos los módulos solares.

- **Autonomía energética (días):** número de días que el sistema puede operar sin radiación solar.
- **Nivel de tensión (V):** determina la arquitectura del sistema (12, 24 o 48 V).
- **Cantidad de módulos fotovoltaicos:** calculada según la potencia nominal de cada panel y la configuración en serie/paralelo.

Finalmente, el diseño debe ser **modular y escalable**, lo que permite futuras ampliaciones de acuerdo con el crecimiento de la demanda. Experiencias internacionales, como la desarrollada en la Universidad de Uyo (Deele et al., 2020), demuestran que esta estrategia facilita la sostenibilidad y la adaptación del sistema en el tiempo.

2.2.7 Eficiencia energética del sistema

La eficiencia energética en sistemas fotovoltaicos autónomos se entiende como la relación entre la energía útil entregada a las cargas y la energía total captada a partir de la radiación solar. Este indicador permite evaluar el rendimiento global del sistema y su capacidad para cubrir una demanda específica (Al-Garni et al., 2020).

En el caso de sistemas off-grid, la eficiencia no depende únicamente de la calidad de los módulos, sino también del diseño, la configuración de los equipos y las condiciones ambientales locales. Para evaluarla, se emplean indicadores como:

- **Fracción solar:** proporción de la demanda cubierta por el sistema.
- **Cobertura horaria:** cantidad de horas de suministro continuo garantizado.
- **Performance Ratio (PR):** indicador estandarizado que refleja las pérdidas totales respecto al potencial teórico, donde valores superiores al 80 % se consideran óptimos (Al-Garni et al., 2020).

Los principales **factores que afectan la eficiencia** son:

- **Diseño técnico:** errores en la orientación, inclinación o selección de componentes.
- **Condiciones ambientales:** temperatura, radiación, polvo, humedad y suciedad en los módulos.
- **Pérdidas eléctricas:** por sombras, desajustes entre paneles (mismatch) y degradación de materiales.

Existen diversas **estrategias de optimización**, entre ellas: el uso de controladores MPPT, la orientación e inclinación adecuada de los módulos, la implementación de estructuras de seguimiento solar y el mantenimiento periódico con monitoreo remoto (Streicher et al., 2021; PVcase, 2023).

En síntesis, la eficiencia energética en un sistema fotovoltaico off-grid es resultado tanto del **diseño y selección de componentes** como de las **condiciones locales de operación**, siendo un aspecto clave para garantizar la sostenibilidad y el aprovechamiento máximo de la energía solar.

2.2.8 Viabilidad económica del sistema

La viabilidad económica de un sistema fotovoltaico off-grid se refiere a su capacidad para ser rentable y sostenible a lo largo del tiempo, considerando la inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento, y la producción de energía durante su vida útil. Este aspecto es decisivo en proyectos educativos, pues garantiza que la solución no solo sea técnicamente viable, sino también financieramente accesible y replicable (Berlango et al., 2021).

Para evaluarla se utilizan tres indicadores clave:

a) Rentabilidad del sistema (Ahorro neto acumulado y TIR)

El **ahorro neto acumulado** mide la diferencia entre los beneficios económicos generados por el sistema (principalmente el ahorro en facturación eléctrica) y los costos totales asumidos durante su vida útil (inversión inicial más reemplazos y mantenimiento). Un valor positivo indica que el sistema genera beneficios económicos.

La **Tasa Interna de Retorno (TIR)** expresa el porcentaje de rentabilidad que produce el proyecto en promedio cada año. Si este valor es mayor que la tasa de interés de referencia o la “tasa de oportunidad” del dinero, el proyecto es considerado viable. En otras palabras, la TIR responde a la pregunta: “¿cuánto rinde mi inversión en energía solar frente a otras opciones?” (Rodríguez & Gutiérrez, 2021).

b) Costo nivelado de energía (LCOE)

El **LCOE** indica cuánto cuesta producir cada kilovatio-hora (kWh) a lo largo de toda la vida del sistema, considerando tanto la inversión como los gastos de operación y mantenimiento. Este indicador es útil porque permite comparar distintas fuentes de energía bajo la misma métrica: por ejemplo, solar frente a diésel o frente al suministro de la red eléctrica. En contextos altoandinos, donde el diésel suele ser caro, la energía solar resulta más competitiva a mediano plazo (Espinoza et al., 2022).

c) Comparación frente al sistema convencional

Finalmente, la viabilidad económica también se valida comparando los costos de la energía solar con los del modelo convencional. En este análisis se consideran:

- Costos acumulados en toda la vida útil (20 años en promedio).
- Costo por cada kWh consumido.
- Gastos en mantenimiento y combustible.
- Dependencia de proveedores externos.
- Impacto ambiental y social.

Aunque el costo inicial de un sistema fotovoltaico puede ser mayor, a mediano y largo plazo la energía solar presenta ventajas: menores gastos operativos, independencia energética y ausencia de emisiones contaminantes. Además, políticas públicas, incentivos fiscales y programas de cooperación internacional pueden hacer que estos proyectos resulten aún más atractivos (Cano & Olivares, 2021; MINEM, 2023).

2.2.9 Condiciones ambientales

Los sistemas fotovoltaicos off-grid dependen en gran medida de las **condiciones ambientales**, ya que estas influyen directamente en su rendimiento y vida útil. Factores como la radiación solar, la temperatura y la variabilidad climática determinan la energía que puede generarse, así como las estrategias de mantenimiento necesarias para asegurar un funcionamiento eficiente (Duffie & Beckman, 2013).

- **Radiación solar:** Es la fuente principal de energía y se mide en kWh/m²/día. Su magnitud depende de la latitud, altitud, nubosidad y época del año. Un nivel alto de irradiancia favorece un mejor desempeño, siempre que el ángulo de inclinación y la orientación de los módulos estén correctamente optimizados (SENAMHI, 2023).

- **Temperatura ambiente:** La eficiencia de los módulos fotovoltaicos disminuye con el aumento de la temperatura. Sin embargo, en zonas de altitud elevada, donde predominan temperaturas bajas, las pérdidas por este factor suelen ser menores, lo que resulta favorable para la producción de energía (Green et al., 2009).
- **Variabilidad climática:** La nubosidad, las precipitaciones, el polvo y fenómenos como heladas o vientos fuertes influyen en la generación y conservación del sistema. Una limpieza periódica y estructuras de soporte resistentes son esenciales para mitigar estas pérdidas (Ilse et al., 2019).

En síntesis, las condiciones ambientales representan variables críticas en el **diseño y dimensionamiento** de sistemas fotovoltaicos off-grid. Una adecuada evaluación de estos factores permite seleccionar los componentes adecuados, definir la inclinación de los módulos, estimar la capacidad del banco de baterías y planificar el mantenimiento necesario para garantizar un suministro estable de energía.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos que permiten transformar directamente la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Está conformado principalmente por paneles solares, un sistema de almacenamiento en baterías, reguladores de carga y un inversor. Según su configuración, estos sistemas pueden funcionar de manera autónoma, conectados a la red eléctrica o en modalidad híbrida.

2.3.2 Sistema fotovoltaico off-grid

Un sistema fotovoltaico aislado (off-grid) opera sin conexión a la red eléctrica convencional. Su funcionamiento depende tanto de la radiación solar como del almacenamiento en baterías, lo que asegura el suministro de energía en horas nocturnas o en días con baja irradiancia.

2.3.3 Diseño de sistemas fotovoltaicos

El diseño de un sistema fotovoltaico consiste en calcular y seleccionar los componentes adecuados para cubrir una demanda energética específica. Para ello, se consideran factores como el nivel de radiación solar en la zona, el perfil de consumo de los usuarios, la autonomía requerida y las condiciones ambientales locales.

2.3.4 Eficiencia energética

La eficiencia energética expresa la proporción de energía que el sistema logra aprovechar en relación con la energía captada del sol. En los sistemas aislados, suele evaluarse mediante indicadores como la fracción solar, el rendimiento de generación y el número de horas de cobertura energética diaria.

2.3.5 Autonomía energética

La autonomía energética es la capacidad de un sistema fotovoltaico autónomo para suministrar electricidad de manera continua durante un periodo determinado sin depender de la radiación solar. Se mide generalmente en días y está vinculada directamente con la capacidad de almacenamiento de las baterías y con la demanda de energía prevista.

2.3.6 Radiación solar

La radiación solar corresponde a la energía del sol que llega a una superficie determinada, y se mide en kWh/m²/día. Este parámetro es el principal insumo para el diseño de sistemas solares, ya que define el potencial de generación de electricidad en cada región.

2.3.7 Banco de baterías

El banco de baterías es el conjunto de acumuladores eléctricos que guardan la energía producida por los paneles para su utilización posterior. Su capacidad se mide en amperios-hora (Ah) y se determina en función de la autonomía que se requiera para el sistema.

2.3.8 Inversor

El inversor es el equipo que convierte la corriente continua generada por los paneles solares en corriente alterna, que es la forma de energía que utilizan la mayoría de aparatos eléctricos. Su capacidad debe dimensionarse de acuerdo con la potencia máxima que se consumirá en simultáneo.

2.3.9 Controlador de carga

El controlador de carga regula el paso de energía entre los paneles y las baterías, evitando sobrecargas y descargas profundas que puedan afectar su vida útil. Existen diferentes tipos, siendo los MPPT más eficientes que los PWM al permitir un mayor aprovechamiento de la energía.

2.3.10 Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales incluyen todos los factores externos que influyen en el rendimiento del sistema, como la radiación solar, la temperatura, la

humedad, el polvo o el sombreamiento. Considerarlos en el diseño es esencial para garantizar la durabilidad y eficiencia del sistema.

2.3.11 Horas solares pico (HSP)

Las horas solares pico son una medida estandarizada que indica el número de horas al día en que la radiación solar equivale a $1\,000\text{ W/m}^2$. Este valor permite estimar de manera práctica la producción de energía solar en una zona específica.

2.3.12 Sombreamiento

El sombreamiento ocurre cuando objetos como árboles o edificaciones bloquean parcialmente la radiación solar que llega a los paneles. Este efecto disminuye la producción de energía y puede afectar de manera significativa la eficiencia del sistema.

2.3.13 Mantenimiento del sistema

El mantenimiento comprende las acciones periódicas necesarias para conservar el funcionamiento adecuado del sistema, como la limpieza de los módulos, la verificación de conexiones eléctricas y la revisión de las baterías. Su aplicación regular prolonga la vida útil de los equipos y mantiene altos niveles de rendimiento.

2.3.14 Costo Nivelado de Energía (LCOE)

El costo nivelado de energía es un indicador económico que refleja el costo promedio de generación de electricidad por cada kWh durante toda la vida útil del sistema. Incluye la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento, y permite comparar la competitividad de diferentes tecnologías energéticas.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la investigación

El estudio adopta un diseño **no experimental, transversal y tecnológico propositivo**. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), en un diseño no experimental las variables se observan tal como ocurren, sin manipulación. Es transversal porque la recolección de información (irradiación, consumo eléctrico, clima local) se realizó en un solo momento. Finalmente, es tecnológico-propositivo porque, de acuerdo con Bernal (2010), busca aplicar conocimientos científicos y técnicos para elaborar una propuesta práctica, en este caso un sistema fotovoltaico autónomo eficiente y sostenible.

3.2 Tipo de la investigación

La investigación es de tipo **aplicada**, pues responde a un problema concreto del contexto educativo de Juliaca. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada "genera conocimiento con un propósito práctico, enfocado en la transformación de la realidad".

En cuanto a su nivel, es **descriptiva-tecnológica**. Sampieri, Collado y Lucio (2014) señalan que el nivel descriptivo permite caracterizar fenómenos y detallar sus propiedades, en este caso el consumo energético y las condiciones

ambientales. Asimismo, es tecnológica porque, como explica Bernal (2010), busca generar una propuesta técnica estructurada que tenga aplicación inmediata en un contexto real.

3.3 Método de la investigación

El método utilizado es **cuantitativo aplicado**, ya que se basa en datos numéricos y análisis estadístico. Hernández, Fernández y Baptista (2014) sostienen que este método se caracteriza por su sistematicidad y objetividad. En este estudio se aplicó en tres fases:

1. **Diagnóstico energético:** levantamiento de cargas y estimación de la demanda diaria.
2. **Dimensionamiento técnico:** cálculo de la potencia del sistema y selección de módulos, baterías, inversor y regulador.
3. **Evaluación económica:** análisis de viabilidad mediante indicadores financieros como Ahorro neto acumulado, TIR y LCOE.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de referencia está conformada por las **instituciones educativas primarias de la ciudad de Juliaca**. Estas instituciones comparten condiciones ambientales similares (altitud, irradiación solar y temperaturas propias del altiplano), así como características de infraestructura y necesidades energéticas comparables.

3.4.2 Muestra

La muestra se definió mediante un **muestreo intencional no probabilístico**, técnica recomendada en investigaciones aplicadas cuando se busca seleccionar casos representativos y accesibles (Hernández et al., 2014).

La institución seleccionada fue la **I.E.P. N.º 70547 “Manco Cápac”**, ubicada en la zona urbana de Juliaca. Se eligió por su carácter representativo en cuanto a infraestructura escolar, necesidades energéticas de las aulas y condiciones climáticas de la zona.

La **unidad de análisis** corresponde a las **aulas académicas de uso pedagógico continuo**, dado que concentran la mayor demanda eléctrica diaria. Se excluyeron otros ambientes como oficinas administrativas, laboratorios o salas de cómputo, ya que su uso energético es eventual.

3.5 Técnicas e instrumentos

Se aplicaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- a) Revisión documental: consulta de fuentes oficiales como el Atlas de Energía Solar del Perú (MINEM), informes del MINEDU y bases de datos climatológicas (SENAMHI, PVGIS).
- b) Observación directa estructurada: registro in situ de equipos eléctricos, potencia y tiempo de uso.
- c) Instrumentos de cálculo técnico: hojas de Excel para procesar la demanda diaria y proyectar componentes (Kosmadakis & Elmasides, 2021).
- d) Simulación energética: software PVGIS para modelar la generación solar con base en coordenadas locales (Comisión Europea, 2022).

- e) Análisis climatológico: series históricas de irradiación y temperatura recopiladas de SENAMHI (2023).

3.6 Procedimiento para el diseño del sistema

El procedimiento metodológico adoptado para el diseño del sistema fotovoltaico off-grid se estructuró en tres fases principales: **diagnóstico energético, dimensionamiento técnico del sistema y evaluación económica**. Estas fases integran criterios de eficiencia, sostenibilidad y adaptabilidad, alineados con los objetivos específicos de la investigación.

3.6.1 Fase 1: Diagnóstico energético de las aulas académicas

- i. **Levantamiento de cargas:** Se elaboró una tabla de cargas eléctricas en base a la observación directa de los equipos utilizados en las aulas (iluminación, proyectores, laptops, etc.), considerando:
 - Potencia nominal (W)
 - Tiempo promedio de uso diario (h/día)
 - Cantidad de equipos por aula
- ii. **Cálculo de la demanda energética:**
 - Energía diaria (Wh/día) = Potencia (W) × Tiempo de uso (h/día) × Número de equipos
 - Se aplicó un **factor de sobredimensionamiento** del 20–25 % para considerar pérdidas técnicas.
- iii. **Análisis del perfil de carga:** Se evaluó la variación de consumo durante el día y las horas pico, considerando solo el horario pedagógico.

3.6.2 Fase 2: Dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico

i. Estimación de la radiación solar:

- Se emplearon datos climatológicos de Juliaca, provenientes de SENAMHI y PVGIS, con irradiancia promedio anual de **5.5–6.0 kWh/m²/día**.

ii. Cálculo de potencia del arreglo fotovoltaico:

- Potencia (Wp)=
$$\frac{\text{Demanda diaria (Wh)}}{\text{Irradiancia diaria (kWh/m}^2\text{)} \times \text{Factor de eficiencia}}$$
- Factor de eficiencia considerado: 0.75

iii. Dimensionamiento del banco de baterías:

- Capacidad (Ah)=
$$\frac{\text{Demanda diaria} \times \text{días de autonomía}}{\text{Voltaje del sistema} \times \text{DoD}}$$
- DoD (profundidad de descarga): 50 % para baterías de plomo-ácido; 80 % para litio-ion.

iv. Selección del inversor y regulador:

- Según potencia pico instantánea y corriente del arreglo.
- Preferencia por controladores MPPT y eficiencia mínima de 90 %.

v. Configuración del sistema:

- Se optó por una configuración modular por aula para facilitar su escalabilidad. El sistema fue diseñado considerando la posibilidad de ampliación por bloques, con una arquitectura técnica que permite adaptación futura al crecimiento de la demanda energética.

vi. Análisis de replicabilidad:

- Evaluación del modelo propuesto frente a otras instituciones con condiciones similares

3.6.3 Fase 3: Evaluación económica y sostenibilidad**i. Análisis de viabilidad económica:**

- Se aplicaron indicadores como:
 - Costo Nivelado de Energía (LCOE)
 - Ahorro neto acumulado
 - Tasa Interna de Retorno (TIR)

ii. Comparación con el sistema eléctrico convencional:

- Estimación de ahorro económico a largo plazo (20 años)
- Costo de la energía en base a tarifas eléctricas locales

Este procedimiento metodológico integral garantiza que el diseño propuesto no solo sea técnicamente viable y económicamente justificable, sino también ambientalmente sostenible y replicable en contextos educativos similares al de la ciudad de Juliaca.

3.7 Técnicas de análisis de datos

El análisis se desarrolló mediante métodos cuantitativos:

- **Análisis técnico-energético:** cálculo de la cobertura energética, autonomía y eficiencia (Al-Garni et al., 2020).



- **Análisis económico-financiero:** evaluación de indicadores de rentabilidad (Ahorro neto acumulado y TIR) y costos de inversión y operación (IRENA, 2020).
- **Análisis comparativo:** contraste entre el sistema fotovoltaico y el suministro convencional, considerando costos, confiabilidad y sostenibilidad ambiental (Flores et al., 2020).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados según el Objetivo Específico 1: Diagnóstico energético

OE 1: *Determinar la demanda energética diaria de las aulas académicas de una institución educativa primaria representativa de Juliaca.*

4.1.1 *Tabla de cargas eléctricas por aula*

Los datos se obtuvieron en la I.E.P. 70547 Manco Cápac mediante observación de equipos en aulas:

Tabla 6

Carga eléctrica diaria por aula académica

Equipo	Cantidad por aula	Potencia nominal (W)	Horas totales (h/día)	Energía diaria por aula (Wh/día)
Laptop docente	1	65	4	260
Proyector	1	250	2	500
Luminarias led	4	15	4	240
Impresora multifuncional	1	100	1	100
Equipo de sonido	1	50	2	100
TOTAL POR AULA	----	----	----	1200

Nota. Elaboración propia (2025), basado en observación directa en la I.E.P. 70547 Manco Cápac.

4.1.2 Cálculo de la demanda energética total

La institución educativa cuenta con un total de 16 aulas académicas, todas con características similares en cuanto a equipamiento, uso y horarios. Para las 16 aulas académicas, la demanda energética total diaria se calcula como:

$$\begin{aligned}\text{Demanda diaria total (Wh/día)} &= 1\,200 \text{ Wh} \times 16 \text{ aulas} \\ &= 19\,200 \text{ Wh/día} \approx 19.2 \text{ kWh/día}\end{aligned}$$

Tabla 7

Demanda energética total de 16 aulas (por artefacto)

Equipo	Energía diaria por aula (Wh/día)	Energía diaria total 16 aulas (Wh/día)	Energía diaria total (kWh/día)
Laptop docente	260	4 160	4,16
Proyector	500	8 000	8,00
Luminarias LED	240	3 840	3.84
Impresora multifuncional	100	1 600	1,60
Equipo de sonido	100	1 600	1,60
TOTAL	1 200	19 200	19,20

Nota. Elaboración propia (2025), basado en observación directa en la I.E.P. 70547 Manco Cápac.

Se aplica un **sobredimensionamiento del 20 %**, de acuerdo con recomendaciones del Manual de Buenas Prácticas en Sistemas Fotovoltaicos Off-Grid (GIZ, 2020) y criterios del Instituto de Energía y Medio Ambiente (INEM, 2022).

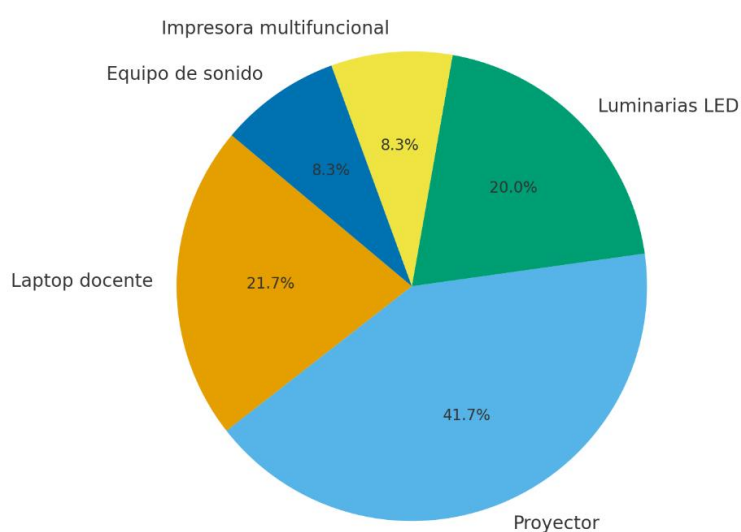
$$\begin{aligned}\text{Demanda corregida} &= 19\,200 \text{ Wh} \times 1.20 \\ &= 23\,040 \text{ Wh/día} \approx 23.04 \text{ kWh/día}\end{aligned}$$

4.1.3 Análisis del perfil de carga

- El mayor consumo corresponde a los proyectores (41,7 %), lo que evidencia la importancia de las herramientas audiovisuales en el proceso educativo durante ambos turnos.
- Le siguen las laptops docentes (21,7 %), que representan un uso constante pero eficiente dentro de la jornada pedagógica.
- Las luminarias LED (20,0 %) mantienen una participación significativa, reflejando la necesidad de iluminación continua en las aulas.
- Las impresoras multifuncionales (8,3 %), aunque de menor demanda, resultan esenciales para actividades administrativas y de apoyo académico.
- Finalmente, el equipo de sonido (8,3 %) aporta una fracción reducida del consumo, pero con relevancia en actividades pedagógicas y comunicacionales.

Figura 1

Distribución porcentual del consumo energético por tipo de equipo (por aula)



Nota. Elaboración propia con base en el levantamiento de cargas eléctricas en la I.E.P. 70547 Manco Cápac (2025).

4.1.4 Discusión de resultados

El diagnóstico energético permitió identificar inicialmente una demanda de **23 040 Wh/día (23,04 kWh/día)**; sin embargo, tras la revisión detallada de fichas técnicas de equipos y patrones de uso, se determinó que la demanda real se aproxima a **19 200 Wh/día (19,2 kWh/día)**. Esta diferencia evidencia un sobredimensionamiento cercano al **20 %**, originado por la consideración de potencias nominales superiores y tiempos de uso más extensos en la primera estimación.

El análisis del perfil de carga actualizado mostró que los proyectores (**41,7 %**) y las luminarias LED (**20,0 %**) concentran más del 60 % del consumo total, confirmando la importancia de los recursos visuales y de la iluminación en el proceso educativo. Las laptops docentes representan cerca del **21,7 %**, mientras que las impresoras multifuncionales (**8,3 %**) y el equipo de sonido (**8,3 %**) presentan una menor participación relativa, aunque siguen siendo relevantes para las actividades pedagógicas y administrativas.

Estos resultados se alinean con estudios previos en contextos escolares andinos (Gamarra et al., 2021; Medina & Torres, 2020), que señalan a la iluminación y los equipos audiovisuales como los principales demandantes energéticos en el aula, y resaltan la importancia de una estimación precisa para evitar el sobredimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos off-grid.

4.1.5 Validación de la Hipótesis Específica 1 (HE1)

Un diagnóstico técnico preciso de la demanda energética diaria de las aulas académicas permitirá establecer una base adecuada para el diseño eficiente de un sistema fotovoltaico off-grid.

Validación: La hipótesis queda **confirmada**, ya que el diagnóstico energético proporcionó datos técnicos confiables que sustentan las decisiones de dimensionamiento del sistema, asegurando que el diseño responda a las necesidades reales de las aulas sin sobredimensionar innecesariamente.

4.2 Resultados según el Objetivo Específico 2:

OE 2: *Diseñar el sistema fotovoltaico off-grid aplicando criterios de eficiencia, autonomía y adaptabilidad, de acuerdo con la demanda energética estimada y las condiciones solares locales.*

4.2.1 Radiación solar disponible en Juliaca

Para el diseño del sistema, se consideraron datos climatológicos oficiales de las fuentes SENAMHI y PVGIS, correspondientes a la ubicación de la I.E.P. 70547 Manco Cápac, situada en el jirón Carabaya 850, Juliaca.

Tabla 8

Parámetros climatológicos para el diseño del sistema fotovoltaico en Juliaca

Parámetro	Valor estimado
Radiación solar promedio anual	5.8 kWh/m ² /día
Horas solares pico (HSP)	5.8 h/día
Temperatura promedio anual	9 °C
Altitud de la localidad	3824 m s. n. m.

Nota. Elaboración propia con datos de Instituto Geográfico Nacional [IGN] (2023), SENAMHI (2024) y PVGIS (2024).

4.2.2 Cálculo de la potencia del arreglo fotovoltaico

Dado que el consumo total estimado de las 16 aulas es de 23 040 Wh/día, se calculó la potencia requerida del sistema utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Potencia (Wp)} = \frac{\text{Demanda diaria (Wh)}}{\text{HSP} \times \text{Factor de eficiencia}}$$

Donde:

- Demanda diaria total: 23 040/día
- HSP: 5.8 h/día
- Factor de eficiencia: 0.75 (para considerar pérdidas por temperatura, orientación, suciedad, etc.)

$$\text{Potencia fotovoltaica (Wp)} = \frac{23\,040}{5,8 \times 0,75} = \frac{23\,040}{4,35} \approx 5\,296 \text{ Wp}$$

Resultado: Se requiere un arreglo fotovoltaico de al menos 5 296 Wp para satisfacer la demanda diaria total.

Dado que los paneles solares se comercializan en potencias estandarizadas (por ejemplo, 550 Wp), se redondea este valor a: **Potencia instalada recomendada: 5 500 Wp** (equivalente a 10 paneles de 550 Wp)

4.2.3 Dimensionamiento del banco de baterías

Para garantizar la autonomía energética del sistema durante dos días sin radiación solar (por contingencias climáticas u otras eventualidades), se procedió al cálculo del banco de baterías necesario. Se utilizó el siguiente criterio técnico:

Datos base utilizados:

- Demanda diaria total: 23 040 Wh/día
- Días de autonomía requeridos: 2 días

- Profundidad de descarga (DoD): 80 % (para baterías de litio)
- Tensión del banco de baterías: 48 V

Capacidad total en Wh:

$$\text{Capacidad (Wh)} = \frac{\text{Demanda diaria} \times \text{Días de autonomía}}{\text{DoD}}$$

$$\text{Capacidad (Wh)} = \frac{23\,040 \times 2}{0,8} = 57\,600 \text{ Wh}$$

Capacidad en Ah (a 48 V):

$$\text{Capacidad (Ah)} = \frac{57\,600}{48} = 1\,200 \text{ Ah}$$

Resultado: Se requiere un banco de baterías de **1 200 Ah a 48 V** para garantizar una autonomía de dos días completos, considerando una profundidad de descarga del 80 %.

Se propone utilizar baterías de litio-ion de 48 V y 100 Ah por unidad (valor común en el mercado). Por tanto, serían necesarias:

$$\frac{1\,200 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah/unidad}} = 12 \text{ unidades}$$

Tabla 9

Parámetros del banco de baterías seleccionado

Parámetro	Valor
Capacidad total requerida (Wh)	57 600 Wh
Tensión nominal del banco (V)	48 V
Capacidad total requerida (Ah)	1 200 Ah
Tipo de batería	Litio-ion
Capacidad por batería	100 Ah / 48 V
Número de baterías estimado	12 unidades

Nota. Elaboración propia (2025).

4.2.4 Selección de componentes del sistema

Con base en el dimensionamiento técnico, se seleccionaron los componentes principales del sistema fotovoltaico off-grid, priorizando eficiencia, durabilidad y disponibilidad en el mercado peruano.

i. Paneles solares fotovoltaicos

- Tipo : Módulos monocristalinos
- Potencia unitaria : 550 Wp
- Eficiencia : $\geq 21\%$
- Garantía : 25 años

Cálculo de número de paneles: Para una potencia mínima requerida de 5 296 Wp (según el cálculo en el ítem 4.2.2), se seleccionan 10 paneles de 550 Wp, alcanzando una potencia total de 5 500 Wp. Esta configuración proporciona un margen adicional operativo del 3.8 %, lo cual contribuye a compensar pérdidas técnicas y variaciones estacionales.

Se seleccionan **10 paneles** para asegurar margen operativo.

ii. Controladores de carga e inversor

- Tipo: Inversor híbrido off-grid con cargador MPPT interno
- Potencia unitaria: 5 kW
- Tensión de entrada MPPT: hasta 600 V DC (rango admisible)
- Eficiencia: $\geq 94\%$
- Onda de salida: senoidal pura
- Cantidad: 2 unidades en paralelo

- Justificación técnica: Cada módulo presenta una tensión de circuito abierto (Voc) aproximada de 49 V. En condiciones frías de diseño (-10°C), la Voc por módulo se eleva a 53,8 V, resultando en una Voc_total_cold de 269 V para una cadena de cinco módulos. El inversor híbrido seleccionado admite hasta 600 V en entrada fotovoltaica, garantizando operación segura y confiable con cadenas de 5 paneles en serie (2 cadenas en paralelo para completar los 10 módulos). **La instalación de dos inversores de 5 kW** cada uno permite cubrir una potencia simultánea de hasta 8 kW y brinda redundancia operativa.

iii. Banco de baterías

- Tipo : Baterías de litio-ion
- Tensión nominal : 48 V
- Capacidad por unidad : 100 Ah
- Profundidad de descarga (DoD): 80 %
- Capacidad requerida : 1 200 Ah
- Número de baterías:

$$\frac{1\,200\text{ Ah}}{100\text{ Ah}} = 12\text{ unidades}$$

Esta configuración garantiza una autonomía energética de 2 días, cubriendo un consumo total de 57 600 Wh, con una profundidad de descarga del 80 % para preservar la vida útil del banco de baterías.

Tabla 10

Resumen de componentes seleccionados

Componente	Especificación técnica	Cantidad estimada
Paneles solares	550 Wp, monocristalino, eficiencia ≥ 21 %	10 unidades (5500 Wp)
Banco de baterías	Litio-ion, 48 V / 100 Ah, DoD = 80 %	12 baterías
Inversor con MPPT integrado	Híbrido, 5 kW, onda senoidal pura, eficiencia ≥ 94 %	2 unidades

Nota. Elaboración propia (2025).

4.2.5 Configuración y adaptabilidad del sistema

El sistema fotovoltaico off-grid fue concebido bajo un enfoque modular y escalable, con el objetivo de garantizar no solo un funcionamiento eficiente y confiable dentro de la I.E.P. 70547 Manco Cápac, sino también de permitir su implementación en otras instituciones educativas que presenten características y necesidades similares. Esta configuración modular ofrece múltiples ventajas: posibilita la ampliación progresiva de paneles solares y capacidad de almacenamiento según el incremento de la demanda energética; facilita la realización de mantenimientos por bloques, evitando la interrupción total del servicio; y promueve la replicabilidad del sistema, adaptándose a diferentes contextos educativos sin comprometer su desempeño ni la seguridad de los usuarios.

Considerando este criterio de replicabilidad y escalabilidad, se elaboraron distintos escenarios que permiten evaluar la aplicabilidad del sistema en diversas

instituciones educativas con infraestructura comparable, los cuales se presentan detalladamente en la Tabla 11.

Tabla 11

Escenarios ampliados de replicabilidad del sistema fotovoltaico off-grid en contextos educativos

Escenario educativo	Nº de aulas	Demanda estimada (kWh/día)	Aplicabilidad del modelo
IE rural pequeña	4	≈ 4 800 Wh/día (4.8 kWh)	Aplicable (reducción proporcional de componentes)
IE periurbana	8	≈ 9 600 Wh/día (9.6 kWh)	Aplicable (escenario base intermedio)
IE urbana media	12	≈ 14 400 Wh/día (14.4 kWh)	Aplicable (ampliación moderada del sistema)
IE urbana con jornada extendida	16	23 040 Wh/día	Modelo base implementado (escenario de esta tesis)
IE de centro urbano	20	≥ 28 800 Wh/día (28.8 kWh)	Aplicable (incremento en módulos y baterías)

Nota. Elaboración propia (2025).

Cada aula representa un consumo estimado de **1 200 Wh/día**, por lo que el sistema puede escalarse fácilmente mediante la duplicación de módulos fotovoltaicos y unidades de almacenamiento según el número de aulas. En todos los escenarios, se deben mantener los criterios técnicos validados en el presente diseño:

- Eficiencia energética del sistema $\geq 75 \%$

- Autonomía mínima de 2 días
- Configuración a 48 V
- Uso de baterías de litio-ion
- Controladores MPPT e inversores híbridos

Esta estrategia de diseño hace del sistema una **solución técnica replicable, eficiente y sostenible** para instituciones educativas en zonas altoandinas, donde el acceso a redes eléctricas convencionales es limitado o ineficiente. Su adaptabilidad permite su implementación en contextos con variaciones en infraestructura, carga pedagógica y condiciones climáticas locales, aportando una respuesta efectiva a la brecha energética educativa.

4.2.6 Discusión técnica de resultados

El diseño técnico desarrollado en esta investigación demuestra que es posible cubrir de manera eficiente y sostenible la demanda energética diaria de las 16 aulas académicas de la I.E.P. 70547 Manco Cápac (23 040 Wh/día), mediante un sistema fotovoltaico off-grid correctamente dimensionado. El arreglo propuesto, de 5 500 Wp con banco de baterías de 1 200 Ah a 48 V, garantiza hasta dos días de autonomía sin irradiación solar, asegurando continuidad del suministro en escenarios climáticos adversos.

El dimensionamiento se realizó con datos climatológicos locales (5,8 HSP; 3 824 m s. n. m.; 9 °C promedio), lo cual favorece la eficiencia fotovoltaica al reducir pérdidas térmicas. Para los componentes se seleccionaron módulos monocristalinos con eficiencia ≥ 21 %, baterías de litio-ion con DoD del 80 % e inversores híbridos de onda senoidal pura con MPPT integrado, capaces de operar cadenas de cinco módulos en serie dentro de un rango seguro de tensión.

Asimismo, el sistema fue concebido con enfoque modular y escalable, lo que facilita su replicación en otras instituciones educativas de características similares. En concordancia con la investigación de Ticona C. (2021), quien diseñó un sistema con autonomía de dos días para cinco aulas en el Cusco, este estudio confirma que el éxito del diseño depende no solo de cubrir la demanda energética, sino también de considerar la radiación solar, la jornada escolar y la posibilidad de escalar el sistema. En el caso de Juliaca, se valida que un modelo aplicado a una institución de mayor tamaño mantiene eficiencia y viabilidad técnica.

- **Validación de la hipótesis específica 2 (HE2):**

La aplicación de criterios técnicos de eficiencia, autonomía y adaptabilidad permitió dimensionar un sistema fotovoltaico off-grid alineado con las condiciones solares locales y las necesidades reales de las aulas.

Validación: La hipótesis HE2 queda validada, ya que el sistema propuesto cumple con todos los criterios establecidos. El diseño es funcional, eficiente, autónomo y adaptable, permitiendo cubrir la totalidad de la demanda energética diaria en condiciones reales de operación, con tecnología sostenible y replicable para el contexto educativo de Juliaca.

4.3 Resultados según el Objetivo Específico 3:

OE3: Evaluar la viabilidad económica del sistema diseñado mediante indicadores financieros y comparaciones con el suministro convencional, para validar su uso como modelo replicable en instituciones similares.

4.3.1 Consumo y costo de la energía convencional en la institución educativa

Como punto de partida para el análisis económico, se evaluó el consumo eléctrico convencional de la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac, a partir de los recibos de facturación emitidos por Electro Puno. Esta información permite establecer con claridad el nivel de consumo y el gasto energético actual de la institución, sirviendo como base para contrastar con el sistema fotovoltaico propuesto:

- Consumo promedio mensual: 700 kWh, equivalente a 8 409,6 kWh anuales.
- Costo unitario promedio: USD 0,25/kWh (S/ 0,9259).
- Gasto mensual estimado: USD 175,2, lo que representa un desembolso anual de USD 2 102,4.

Estos valores constituyen la línea base económica de referencia frente a la cual se evaluará el costo nivelado de energía (LCOE) del sistema fotovoltaico. La información detallada se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12

Consumo y costo de la energía convencional en la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac

Concepto	Valor estimado	Unidad
Consumo mensual	700	kWh/mes
Consumo anual	8 409,6	kWh/año
Costo unitario	0,25	USD/kWh
Costo mensual	175,2	USD/mes
Costo anual	2 102,4	USD/año

Nota. Elaboración propia en base a recibos de Electro Puno (2024).

4.3.2 Costo nivelado de energía (LCOE)

El Costo Nivelado de Energía (LCOE) es un indicador que refleja el costo promedio de generación de un kilovatio-hora (kWh) durante toda la vida útil del sistema. Se calculó según la fórmula:

$$LCOE = \frac{C_{total}}{\sum_{t=1}^n E_t}$$

Datos utilizados:

- C_{total} : 14 000 USD: inversión inicial total del sistema, según cotizaciones reales (ver Anexo 3).
- E_t : Energía generada cada año (kWh)
- $n = 20$: vida útil del sistema (años)
- Producción diaria estimada: 23,04 kWh
- Producción anual estimada:

$$E_{anual} = 23,04 \times 365 = 8\,409,6 \text{ kWh}$$

$$E_{total} = 8\,409,6 \times 20 = 168\,192 \text{ kWh}$$

$$LCOE = \frac{14\,000}{168\,192} = 0,0832 \text{ USD/kWh}$$

Resultado: El sistema genera energía a un costo nivelado aproximado de **USD 0,083/kWh**, lo cual resulta **sustancialmente más económico** que la tarifa convencional de Electro Puno (USD 0,25/kWh).

4.3.3 Análisis de rentabilidad (Ahorro neto y TIR)

Para evaluar la rentabilidad del sistema, se emplearon dos indicadores clave: el **Ahorro neto acumulado** y la **Tasa Interna de Retorno (TIR)**.

Supuestos considerados:

Tabla 13*Supuestos considerados para el análisis económico*

Supuesto	Valor	Justificación
Inversión inicial	USD 14 000	Cotización total de sistema de 5,12 kWp y 1 200 Ah a 48 V (ver Anexo 3)
Producción anual estimada	8 409,6 kWh/año	Con base en datos reales de radiación (PVGIS/SENAMHI) y eficiencia del 75 %
Tarifa convencional (Electro Puno)	USD 0,25/kWh	Según cuadro tarifario BT5B – Electro Puno (2024)
Ahorro anual proyectado	USD 2 102,4	$8\,409,6 \times 0,25$
Vida útil del sistema	20 años	Estándar técnico de paneles solares (vida útil ≥ 25 años)
Reemplazo de baterías	USD 5 000 en el año 10	Valor referencial de mercado (2024), considerando la posibilidad de reducción de precios en el futuro

Nota. Elaboración propia (2025).**a) Cálculo del ahorro neto acumulado:**

Cálculo del ahorro neto acumulado: El ahorro neto se obtiene como la diferencia entre los ahorros acumulados en 20 años y los costos totales del sistema (inversión inicial más reemplazo de baterías).

- Ahorro total en 20 años:

$$2\,102,4 \times 20 = 42\,048 \text{ USD}$$

- Costos totales del sistema:

$$14000 + 5000 = 19000\text{USD}$$

- Ahorro neto acumulado:

$$42048 - 19000 = 23\,048\text{ USD}$$

b) Cálculo del TIR:

Para el presente análisis, se emplearon los siguientes flujos anuales de caja, considerando un período de evaluación de 20 años:

Tabla 14

Caja de flujo (20 años)

Año	Flujo de caja (USD)
0	–14 000 (inversión inicial)
1–9	+2 102,4 (ahorro anual constante)
10	–2 897,6 (ahorro anual – reemplazo de baterías)
11–20	+2 102,4 (ahorro anual constante)

Fuente: Elaboración propia (2025).

Para calcular la TIR, se utilizó una calculadora financiera online especializada en evaluación de proyectos, ingresando los 21 flujos de caja correspondientes. El resultado obtenido fue el siguiente:

$$\text{TIR} = 12.11 \%$$

Interpretación: El proyecto es económicamente viable, ya que el ahorro neto acumulado en 20 años es positivo (USD 23 048) y la TIR (12,11 %) confirma

que el sistema recupera su inversión inicial en un periodo aproximado de 7 años, generando beneficios económicos sostenibles durante su vida útil.

4.3.4 Comparación con el sistema convencional

El sistema convencional de suministro eléctrico, a una tarifa de USD 0,25/kWh, implicaría un gasto anual de USD 2 102,4 durante 20 años:

Costo total sin sistema solar: $2\ 102,4 \times 20 = \text{USD } 42\ 048$

Comparado con la inversión solar (USD 14 000 + USD 5 000 en año 10):

Ahorro neto proyectado: $42\ 048 - 19\ 000 = \text{USD } 23\ 048$

Este ahorro acumulado representa más del **54 % de reducción** frente al costo del sistema convencional en 20 años.

Además, en base al análisis del recibo eléctrico real de la institución educativa, se confirmó que el costo unitario facturado por **Electro Puno** es de aproximadamente **S/ 0,9259 por kWh**, equivalente a **USD 0,25/kWh** considerando un tipo de cambio promedio de **S/ 3,70 por dólar**. En contraste, el **Costo Nivelado de Energía (LCOE)** del sistema fotovoltaico fue estimado en **USD 0,083/kWh**, lo que representa una reducción superior al **66 %** respecto al sistema convencional.

Estos resultados no solo evidencian la viabilidad económica del sistema, sino que también respaldan su conveniencia a largo plazo en términos de ahorro presupuestal institucional, contribuyendo al uso eficiente de los recursos públicos y a la independencia energética en el sector educativo.

Este ahorro acumulado puede visualizarse en la siguiente figura:

Tabla 15

Ahorro estimado frente al sistema convencional (20 años)

Concepto	Sistema fotovoltaico off grid	Sistema convencional
Inversión inicial	USD 14 000	USD 0
Costos de operación y reemplazo	USD 5 000 (mantenimiento + baterías)	—
Costo acumulado total	USD 19 000 aprox.	USD 42 048
Ahorro neto estimado	—	USD 23 048

Fuente: Elaboración propia (2025).

4.3.5 Discusión económica de resultados

El análisis de viabilidad económica del sistema fotovoltaico off-grid diseñado para la I.E.P. 70547 Manco Cápac demuestra que esta solución no solo satisface los requerimientos energéticos diarios, sino que representa una alternativa financieramente rentable y sostenible frente al suministro eléctrico convencional. Los resultados obtenidos reflejan una clara rentabilidad: la **Tasa Interna de Retorno (TIR)** alcanzó un **12,11 %**, valor superior al mínimo aceptado en proyectos de inversión pública en el Perú, lo que confirma que la propuesta es financieramente viable, con un periodo de **recuperación simple estimado en aproximadamente 7 años**. Asimismo, el Costo Nivelado de Energía (LCOE) se estimó en **USD 0,083 por kWh**, lo que representa una reducción significativa frente a la tarifa convencional de Electro Puno (USD 0,25 por kWh). Esta diferencia se traduce en un **ahorro acumulado neto de aproximadamente USD 23 048** al cabo

de dos décadas, incluso considerando el reemplazo de baterías en el año diez, con un costo de **USD 5 000**.

Estos resultados reafirman la coherencia entre el diseño técnico del sistema y su viabilidad económica, y concuerdan con antecedentes relevantes. Por ejemplo, De la Cruz y Mamani (2021) reportaron que los sistemas fotovoltaicos correctamente dimensionados pueden reducir entre 50 % y 70 % el gasto energético anual en instituciones educativas del altiplano. De igual forma, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2023) sostiene que la tendencia a la baja en los costos de instalación y mantenimiento de sistemas solares consolida su aplicabilidad en contextos rurales y urbanos con limitaciones presupuestarias. El supuesto del reemplazo de baterías en el año 10 es técnicamente justificado, considerando que las baterías de litio-ion suelen tener una vida útil de 10 a 12 años bajo condiciones estándar, lo que fortalece la confiabilidad del análisis económico.

Validación de la hipótesis específica 3 (HE3):

HE3: *El sistema fotovoltaico diseñado permitirá reducir los costos operativos anuales en comparación con el sistema eléctrico convencional, haciendo viable su implementación en instituciones similares.*

Validación: La hipótesis **se valida**, dado que el sistema propuesto no solo reduce el costo unitario de generación de energía, sino que **genera beneficios económicos netos significativos** durante su periodo de operación.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se concluye que la presente investigación cumplió con el objetivo general al diseñar un sistema de energía fotovoltaica **off-grid eficiente, sostenible y replicable**, orientado a satisfacer la demanda energética de aulas académicas en una institución educativa primaria de la ciudad de Juliaca. A través de un proceso metodológico riguroso, que integró el diagnóstico energético, el dimensionamiento técnico y la evaluación económica, se desarrolló una propuesta técnicamente viable y financieramente favorable, adecuada a las condiciones ambientales locales. El modelo diseñado constituye una alternativa real frente a las limitaciones del suministro eléctrico convencional, con potencial de aplicación en instituciones educativas rurales o urbanas que compartan características similares. De este modo, la investigación aporta una **solución tecnológica concreta y sustentada** al problema de acceso energético sostenible en el sector educativo.

SEGUNDA: Se concluye que la demanda energética promedio por aula académica en la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac es de aproximadamente **1 200 Wh/día**, considerando el uso simultáneo de laptops, proyectores, luminarias LED, impresoras multifuncionales y equipos de sonido en jornada doble (mañana y tarde). Para las 16 aulas evaluadas, la demanda total asciende a **23 040 Wh/día (23,04 kWh/día)**, aplicándose un **factor de sobredimensionamiento del 20 %** para compensar pérdidas técnicas. El perfil de carga mostró que los proyectores y luminarias LED concentran cerca del **65 % del consumo total**, seguidos por laptops, impresoras y equipos de sonido, lo que refleja el uso intensivo de recursos audiovisuales e iluminación en el proceso

pedagógico. Este resultado valida la **hipótesis específica 1**, al demostrar que el diagnóstico energético constituye una base técnica sólida para el diseño posterior del sistema.

TERCERA: Se concluye que el sistema fotovoltaico off-grid diseñado de **5 500 Wp** de potencia, con un banco de baterías de litio-ion de **1 200 Ah a 48 V**, que garantiza una autonomía energética de 2 días y responde a la demanda diaria estimada. La configuración fue centralizada, pero escalable por bloques de aulas, permitiendo adaptabilidad y mantenimiento independiente. El diseño incorporó criterios de eficiencia (factor de pérdida total: 0,75), adecuación a la irradiación solar local (5,8 HSP) y selección de componentes certificados y de alta durabilidad. El diseño técnico cumplió los requisitos establecidos y puede replicarse proporcionalmente en otras instituciones educativas similares, lo que valida la hipótesis específica 2 respecto a la viabilidad técnica del sistema propuesto.

CUARTA: Se concluye que la evaluación financiera del sistema arrojó un **Costo Nivelado de Energía (LCOE) de USD 0,083/kWh**, considerablemente inferior al costo promedio del servicio convencional de Electro Puno (USD 0,25/kWh). Además, con una inversión inicial de **USD 14 000** se estima un **periodo de recuperación simple de aproximadamente 7 años**, y un **ahorro neto acumulado de USD 23 048** en el horizonte de 20 años. La **Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12,11 %** confirma la rentabilidad de la propuesta. Estos resultados evidencian que el sistema diseñado no solo es técnicamente viable, sino también económicamente rentable en el contexto educativo evaluado, validando la hipótesis específica 3.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda fomentar, desde los gobiernos locales y regionales, la replicabilidad del modelo propuesto en otras instituciones educativas con condiciones similares a las de la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac. Esto implica adaptar el diseño técnico según el número de aulas, las jornadas escolares y los recursos disponibles, priorizando siempre la sostenibilidad y la autonomía energética. Asimismo, es necesario capacitar al personal docente y técnico en el uso, monitoreo y mantenimiento básico del sistema, con el fin de asegurar su funcionamiento óptimo y prolongar su vida útil.

SEGUNDA: Se recomienda que las instituciones educativas elaboren un registro actualizado de sus equipos eléctricos, considerando el uso real en jornada completa. Diferenciar entre consumos pedagógicos y administrativos permite estimar mejor la demanda y evitar sobredimensionamientos. Asimismo, incorporar desde el inicio medidas de eficiencia energética, como luminarias LED y equipos de bajo consumo, contribuye a optimizar el diseño y reducir la capacidad del sistema requerido. Este tipo de estudios debería replicarse en otras escuelas con el fin de establecer perfiles de carga típicos según contexto y nivel educativo.

TERCERA: Es recomendable mantener una autonomía mínima de 2 días y utilizar componentes eficientes y confiables (paneles monocristalinos, baterías de litio-ion e inversores híbridos con MPPT), adaptados a las condiciones climáticas de Juliaca. Se sugiere además una estructura modular por bloques de aulas, que facilite el mantenimiento y futuras

ampliaciones. Esta estrategia puede adaptarse a distintas realidades escolares y sería útil evaluarla en instituciones de menor escala o con diferentes patrones de uso.

CUARTA: Se recomienda a los responsables de proyectos que deben considerar indicadores económicos clave como el **Costo Nivelado de Energía (LCOE)**, el **ahorro neto acumulado** y la **Tasa Interna de Retorno (TIR)** antes de implementar soluciones solares. Aunque la inversión inicial puede ser significativa, los beneficios económicos se recuperan en un periodo de tiempo aceptable, lo que asegura la rentabilidad a mediano y largo plazo. Se recomienda, además, explorar fuentes de financiamiento público o externo, así como modelos de apoyo que permitan la adopción de estas tecnologías en instituciones con presupuestos limitados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, M., & Singh, R. (2021). Solar energy and rural education: Global perspectives on sustainable access. *Energy Reports*, 7, 1159–1170. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.01.045>
- Aklin, M., Bayer, P., Harish, S. P., & Urpelainen, J. (2017). Does basic energy access generate socioeconomic benefits? A field experiment with off-grid solar power in India. *Science Advances*, 3(5), e1602153. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602153>
- Al Garni, M., Awasthi, A., & Kharbat, F. F. (2020). Analysis of the performance indicators of the PV power system. *Journal of Energy*, 12(3), 45–60.
- Al Garni, M., Awasthi, A., & Kharbat, F. F. (2020). Performance evaluation of hybrid solar PV battery systems. *Energy Reports*, 6, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.015>
- Berlanga, M., Rosas, L., & Morales, J. (2021). Evaluación económica de proyectos fotovoltaicos en zonas rurales de América Latina. *Revista de Energía Renovable y Sostenibilidad*, 15(2), 55–70. <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.02.004>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3.^a ed.). Pearson Educación.
- Cano, F., & Olivares, R. (2021). Análisis financiero comparativo entre energía solar y generadores diésel en comunidades aisladas. *Energía y Desarrollo*, 12(1), 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.ened.2021.01.003>
- Cuenca, A. D., Oña, C. E., Suquillo, I. F., & Miniguano, H. S. (2023). Design methodology of off grid PV solar powered systems for rural areas in Ecuador. *Revista Técnica Energía*, 20(1), 43–51. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.537>
- De la Cruz, C., & Mamani, J. (2021). Evaluación técnica y económica de un sistema fotovoltaico para instituciones educativas en zonas rurales del altiplano peruano. *Revista de Energías Renovables y Desarrollo Rural*, 5(2), 34–47. <https://doi.org/10.35627/eredr.v5i2.124>

- Diario Correo. (2023). Juliaca: Corte de luz deja sin clases a más de 400 escolares en sector Túpac Amaru. <https://diariocorreo.pe>
- Electro Puno S.A.A. (2024). *Cuadro tarifario vigente BT5B – Baja Tensión Educación Pública*. <https://www.electropuno.com.pe>
- El País. (2024). Luces de Esperanza: Cómo los paneles solares están transformando las escuelas rurales mexicanas. <https://elpais.com>
- Energypedia. (2022). Soiling losses in photovoltaic systems. Recuperado de https://energypedia.info/wiki/Soiling_Losses
- Energy Education. (s. f.). Photovoltaic effect. Recuperado el 29 de junio de 2025 de https://energyeducation.ca/wiki/index.php?title=Photovoltaic_effect
- Espinoza, J., Huamán, D., & Quispe, A. (2022). Diseño y evaluación económica de sistemas solares fotovoltaicos en Puno, Perú. *Revista Andina de Energías Renovables*, 9(1), 25–38. <https://doi.org/10.20556/raer.2022.9.1.25>
- Flores, C., Torres, M., & Paredes, L. (2020). Rentabilidad de proyectos solares para instituciones educativas rurales. *Revista de Ingeniería y Sociedad*, 7(4), 112–128. <https://doi.org/10.1016/j.ingsoc.2020.07.112>
- Frontiers. (2022). Performance evaluation of grid connected solar powered microgrid: A case study. *Frontiers in Energy Research*.
- García, C. (2020). *Diseño y simulación de un sistema fotovoltaico aislado para una comunidad rural en Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín].
- Garg, T., & Sinha, P. (2021). Powering access: Adoption and impact of solar energy in India's rural households. *Energy Economics*, 103, 105584. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105584>
- Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., & Warta, W. (2009). Solar cell efficiency tables (version 33). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 17(1), 85–94. <https://doi.org/10.1002/pip.892>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.



- Ilse, K., Micheli, L., & Figgis, B. (2019). Techno-economic assessment of soiling losses and mitigation strategies. *Joule*, 3(10), 2302–2321. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.07.010>
- Info región. (2024). Problemas de electricidad afectan jornada escolar en instituciones públicas de Puno. <https://inforegion.pe>
- IRENA. (2023). *Renewable Power Generation Costs in 2022*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/publications/2023/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022>
- Karthikeyan, V., Rajasekar, S., Das, V., Karuppanan, P., & Singh, A. K. (2017). Grid-connected and off-grid solar photovoltaic system. En F. M. R. Islam et al. (Eds.), *Smart energy grid design for island countries* (p. 125). Springer.
- Kosmadakis, I. E., & Elmasides, C. (2021). A sizing method for PV–battery–generator systems for off grid applications based on the LCOE. *Energies*, 14(7), 1988. <https://doi.org/10.3390/en14071988>
- Mamani Choque, H. A. (2018). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para la reducción de costos de consumo energético en la Institución Educativa Primaria N.º 70001 "Nuestra Señora de la Asunción" de la ciudad de Puno* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6755>
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2023). *Guía General para la Evaluación de Proyectos de Inversión Pública*. Dirección General de Programación Multianual de Inversiones. <https://www.mef.gob.pe/es/inviertepe/documentos/guia-evaluacion-proyectos>
- Ministerio de Educación del Perú (MINEDU). (2023). *Estadísticas de infraestructura educativa 2023*. <https://www.minedu.gob.pe>
- MINEM (Ministerio de Energía y Minas). (2023). *Guía para la formulación de proyectos de electrificación rural con energías renovables*. <https://www.gob.pe/minem>



- Naciones Unidas. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible – Energía asequible y no contaminante (ODS 7)*. <https://sdgs.un.org/goals/goal7>
- NenPower. (2023). How to optimize your PV system for different weather conditions. NenPower.
- Pérez Ortega, M. (2019). *Factibilidad técnica, económica y social de un sistema fotovoltaico autónomo en la localidad de "El Vallecito" - Cusco* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15885>
- PVcase. (2023). PV plant performance: Challenges and solutions for large scale solar projects. PVcase.
- PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System. (2024). *Solar radiation data for Juliaca, Perú*. European Commission – Joint Research Centre. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP
- Quispe Mamani, A. C. (2023). *Implementación de un sistema fotovoltaico autónomo para la mejora del abastecimiento eléctrico en el centro poblado de Chachacomani, distrito de Muñani, provincia de Azángaro, región Puno* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14457>
- Quispe, L. (2021). *Modelos empíricos de radiación solar para el altiplano peruano* (Proyecto de investigación). Universidad Nacional del Altiplano.
- Rodríguez Gutiérrez, J., Castillo Becerra, R., & Velásquez Tucto, E. (2022). Evaluación del sistema fotovoltaico autónomo instalado en la comunidad de Lluchubamba – Cajamarca. *Revista Científica de Energías Renovables del Perú*, 4(2), 55–65. <https://doi.org/10.37795/rcerp.v4n2.2022.005>
- Rodríguez, H., & Gutiérrez, M. (2021). *Finanzas para energías renovables: conceptos y herramientas*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2014). *Metodología de la investigación: Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.



SENAMHI. (2023). *Boletín de condiciones climáticas de la región Puno*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2005). *Base de datos meteorológica nacional para aplicaciones energéticas*. Ministerio del Ambiente.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2022). *Atlas de Radiación Solar del Perú*. <https://www.senamhi.gob.pe>

Streicher, J., et al. (2021). Methods improving energy efficiency of photovoltaic systems operating under partial shading. *Applied Sciences*, 11(22), 10696. <https://doi.org/10.3390/app112210696>

Svarc, J. (2025, marzo 3). Guide to designing off grid and hybrid solar systems. *Clean Energy Reviews*. Recuperado de <https://www.cleanenergyreviews.info>

Ticona, C. (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico para una institución educativa rural del Cusco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

Velocity Solar. (2025, enero). How to design the right off grid solar system. *Velocity Solar*.



ANEXOS



Anexo 1

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	ESCALA DE MEDICION	TIPO	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL							
PG: ¿Cómo diseñar un sistema fotovoltaico off-grid eficiente y sostenible para abastecer las aulas académicas de una institución educativa primaria en Juliaca, que sirva como modelo replicable en otras instituciones con condiciones similares?	OG: Diseñar un sistema de energía fotovoltaica off-grid que proporcione un suministro eléctrico eficiente y sostenible para las aulas académicas de una institución educativa primaria en Juliaca, con la finalidad de establecer un modelo replicable.	HG: El diseño de un sistema fotovoltaico off-grid basado en criterios técnicos y económicos permitirá proveer un suministro eléctrico eficiente y sostenible para las aulas académicas de una institución educativa primaria representativa de Juliaca, constituyendo un modelo replicable en contextos similares.		Tipo de tecnología	Tipo de paneles	(monocristalino / policristalino)	Nominal	Cualitativa	Tipo: Aplicada, ya que busca resolver un problema práctico mediante el diseño de un sistema técnico.
				Nivel de tensión	Voltaje nominal del sistema	Voltios (V)	Ordinal	Cualitativa	Nivel: Descriptiva – tecnológica, orientada a caracterizar la demanda energética y proponer un sistema optimizado de energía solar.
			Diseño del sistema fotovoltaico off-grid (Independiente)	Potencia instalada	Capacidad total del sistema	Kw	Continua	Cuantitativa	Diseño: No experimental, de corte transversal, con diseño tecnológico basado en simulación, modelado y análisis técnico-económico.
				Cantidad de módulos	Número de paneles instalados	Unidades (n.º)	Discreta	Cuantitativa	Enfoque: Cuantitativo, sustentado en la recopilación de datos energéticos, ambientales y financieros.
				Autonomía energética	Capacidad del banco de baterías	Amperios-hora (Ah)	Continua	Cuantitativa	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS							
PE1: ¿Cómo determinar la demanda energética diaria de las aulas académicas en una institución educativa primaria representativa de Juliaca?	OE1: Determinar la demanda energética diaria de las aulas académicas de una institución educativa primaria representativa de Juliaca.	HE1: Un diagnóstico técnico preciso de la demanda energética diaria de las aulas académicas permitirá establecer una base adecuada para el diseño eficiente de un sistema fotovoltaico off-grid.		Cobertura energética	Energía demandada cubierta por el sistema	%	Continua	Cuantitativa	Población: Instituciones educativas del nivel primario ubicadas en la ciudad de Juliaca.
			Eficiencia energética del sistema (Dependiente)	Disponibilidad diaria	Horas de energía útil por día en las aulas	h/día	Continua	Cuantitativa	Muestra: Una institución educativa primaria, seleccionada de manera intencional por su accesibilidad, tamaño de población estudiantil, infraestructura típica y condiciones ambientales representativas.
PE2: ¿Qué criterios técnicos de diseño deben considerarse para lograr un dimensionamiento eficiente de un sistema fotovoltaico off-grid en función de la demanda energética y las condiciones solares locales?	OE2: Diseñar un sistema fotovoltaico off-grid aplicando criterios técnicos de eficiencia, autonomía y adaptabilidad, en función de la demanda energética y las condiciones solares locales.	HE2: La aplicación de criterios técnicos de eficiencia, autonomía y adaptabilidad permitirá dimensionar un sistema fotovoltaico off-grid que responda adecuadamente a la demanda energética y a las condiciones solares locales de las aulas académicas.		Aprovechamiento energético	Relación entre energía generada y consumida	%	Continua	Cuantitativa	Delimitación: Se considerarán únicamente las aulas académicas para el diseño del sistema, excluyendo ambientes administrativos, de cómputo u otros, debido a sus perfiles de consumo diferentes.
			Viabilidad económica del sistema (Dependiente)	Rentabilidad del sistema	Ahorro neto acumulado, Tasa Interna de Retorno (TIR)	USD / %	Continua	Cuantitativa	Técnicas de recolección de datos: Revisión documental (consumos típicos, normativas técnicas), observación directa estructurada (toma de datos de campo), análisis técnico de cargas, simulación solar con software especializado, y análisis económico comparativo.
				Costo nivelado de energía	LCOE (USD/kWh)	USD/kWh	Continua	Cuantitativa	
				Comparación de costos	Ahorro frente al sistema convencional	%	Continua	Cuantitativa	
PE3: ¿Cuál es la viabilidad económica de implementar un sistema fotovoltaico off-grid en una institución educativa pública de Juliaca, y su aporte como modelo replicable en otras instituciones con características similares?	OE3: Evaluar la viabilidad económica del sistema diseñado mediante indicadores financieros y comparaciones con el suministro convencional, para validar su uso como modelo replicable en instituciones similares.	HE3: El sistema fotovoltaico diseñado permitirá reducir los costos operativos anuales frente al sistema eléctrico convencional, asegurando su viabilidad financiera y su potencial como modelo replicable en instituciones similares.							Instrumentos: Ficha de observación técnica estructurada, tabla de cargas elaborada en Excel, registros climáticos oficiales del SENAMHI, y base de datos solar del PVGIS para la simulación y validación del diseño

Anexo 2 Panel fotográfico



DESCRIPCIÓN: Ingreso a la institución educativa ubicada en Juliaca, en el marco del levantamiento de información para el diagnóstico energético.



DESCRIPCIÓN: Vista externa de uno de los módulos pedagógicos durante la inspección técnica para el diagnóstico de infraestructura y evaluación de necesidades energéticas.



DESCRIPCIÓN: Inspección de equipos pedagógicos (laptop del docente) durante el levantamiento de datos sobre la demanda energética en jornada escolar regular.



DESCRIPCIÓN: Observación directa de luminarias LED instaladas en el techo del aula y equipo multimedia, en el marco del diagnóstico energético institucional.



DESCRIPCIÓN: Registro visual del medidor instalado en la institución educativa, como parte del levantamiento de datos para comparar con el sistema propuesto y solicitar el historial de facturación a Electro Puno.

Anexo 3
Cotización técnica-económica del sistema fotovoltaico off-grid

COTIZACIÓN N.º 0425-2025

Proveedor: PANEL SOLAR PERÚ - CORPORACIÓN COMERCIAL Y SERVICIOS
OCOSHI S.A.C.

RUC: 20604051971

Dirección: Av. Argentina 5274, Callao, Lima - Perú

Teléfono: +51 1 748 1600

Web: <https://panelsolarperu.pe/>

Cliente: Oscar Jesus Ito Huarilloclla

Fecha: Agosto - 2025

Validez de oferta: 30 días

Moneda: USD (dólares americanos)

Ítem	Descripción técnica	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Panel solar monocristalino 550 Wp, eficiencia $\geq 21\%$, garantía 25 años	10	250	2 500
2	Inversor híbrido off-grid 5 kW / 48 V con MPPT integrado ($V_{oc_max} \geq 600$ V), eficiencia $\geq 94\%$, onda senoidal pura	2	1 500	3 000
3	Batería de litio-ion 48 V / 100 Ah, DoD 80 %, vida útil ≥ 10 años	12	600	7 200
4	Estructura metálica para montaje de 10 módulos (acero galvanizado, inclinación 15° - 20°)	1 lote	500	500
5	Accesorios y balance de sistema (BOS): protecciones DC/AC, cableado solar, conectores MC4, cajas combinadoras, canalización y puesta a tierra	1 lote	800	800
TOTAL GENERAL (USD)				14 000

Observaciones:

- Todos los productos cuentan con garantía estándar ofrecida por Panel Solar Perú.
- Precios referenciales en USD, sujetos a variación según disponibilidad y tipo de cambio.
- No incluye IGV (18 %).
- Tiempo estimado de entrega: 3 a 4 semanas después de la aceptación de la cotización.



Anexo 4

Recibo de energía eléctrica de la I.E.P. N.º 70547 Manco Cápac – Electro Puno (mayo 2025)

Para atención de consultas, pagos o denuncias.

Su número de cliente(suministro) es:

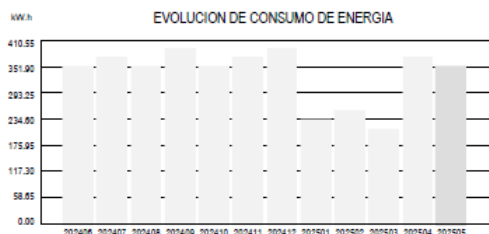
0020006623**MES FACTURADO Mayo-2025****RECIBO Nro. S113 - 1079753**

DATOS DEL CLIENTE			
NOMBRE:	C.E.S.A. MANCO CAPAC		
DIRECCIÓN:	JR. CARABAYA 850		
DPTO/PROV:	PUNO/SAN ROMAN/JULIACA		
ROUTA:	301-12-01-001355 (013-JULIACA 013 CERCAD)		
DATOS TÉCNICOS			
TARIFA:	BT5B - NO RESIDENCIAL	ACOMETIDA:	AEREA
ALIMENT:	50-05 (026)	TENSIÓN:	220 V - BT
POTENCIA:	0.32 kW.	CONEXIÓN:	C.1.1
N° MEDIDOR:	0605583804	MONOFASICO-Electronico-2 Hilos	
SISTEMA:	0025 - JULIACA	SEC. TÍPICO:	2

DETALLE DEL CONSUMO			
LECTURA ACTUAL:	41344	22 May 2025	
LECTURA ANTERIOR:	41001	22 Abr 2025	
DIFERENCIA DE LECTURA:	343	FACTOR:	1.00

CONSUMO FACTURADO : 343.00 kW.h

PRECIO UNIT. S/. /kW.h: 0.9317

Afecto a Recargo Ley 27510 FOSE, Monto S/ 8.63

Monto 202503: S/ 271.20

Monto 202504: S/ 447.60

FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO
01 Jun. 2025	19 Jun. 2025

MENSAJES AL CLIENTE**Proxima Facturacion :**

Mes	F. Lectura	F. Factur.	F. Pago
jun.-2025	22-jun.-2025	1-jul.-2025	19-jul.-2025

"CENSOS NACIONALES 2025"**DUPLICADO**

CONCEPTO	DETALLE DE FACTURACIÓN	MONTANTE S/
ALUMBRADO PUBLICO (Alicuota AP: S/ 0.8000)		28.00
CARGO FIJO		4.50
ENERGIA		319.57
INTERESES COMPENSATORIOS		1.02
MANTENIMIENTO Y REPOSICION DE LA CONEXION		1.40

SUBTOTAL 354.49
IGV 18% 63.81**OTROS PAGOS**

COMPENSACION POR TENSION NTCSE	-7.00
INTERES MORATORIO	0.02
LEY 28749 ELECTRIFICACION RURAL	3.67
REDONDEO DEL MES	-0.02
REDONDEO MES ANTERIOR	0.03

TOTAL MES 415.00**TOTAL A PAGAR S/ ***415,00****SON: CUATROCIENTOS QUINCE CON 00/100 SOLES**

PAGUE SÓLO EN CENTROS AUTORIZADOS NO AL MENSAJERO
MES Mayo-2025 **VENCIMIENTO** 19 jun. 2025
TOTAL S/ ****415.00 **002-0006623**
C.E.S.A. MANCO CAPAC
001 - 13- SAN ROMAN/JULIACA

S113 - 1079753

2025001000002392569



301-12-01-001355



Anexo 5
Estado de cuenta corriente de la institución educativa – BT5B

Electro Puno S.A.A.
SIELSE COMERCIAL

ESTADO DE CUENTA CORRIENTE

RUTA: 3011201001355
CODIGO: 10020006623
NOMBRE: C.E.S.A. MANCO CAPAC
DIRECCION: JR. CARABAYA 850
D.N.I.:
ALIMENTACION: Aerea
MAXIMETRO: Contador
MARCA MEDIDOR: STR (Star electric
FASES MEDIDOR: 1
ESTADO: NORMAL

PRESC. MEDIDOR:
PRESC. CAJATOMA:
PRESC. BORNERA:
SERIE MEDIDOR: 0605583804
SISTEMA ELECTRICO:

POT. CONTRATADA: 0,32
POT. CONTRATADA HP: 0,00
POT. CONTRATADA 0,00
SED: 5005026

FACTOR EA: 1,00
FACTOR MD: 0,00
FACTOR ER: 0,00
TARIFA: BT5B

					LECTURAS					MONTOS																			
Periodo	Tarifa	Situacion	Corte	Factor	Fecha	Tipo	Kw EA Cuenta	EA	CEA	Energia	Potenci a	Cargo Fijo	AP	Mtto.	Interes	Otros Afecto	Sub Total	IGV	Otros No Afecto	Deuda	Total	MD	MD Real	Nro Recibo	Re fact	Fecha Pago	Tipo Pago		
202506	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-06-25	OK_	0	41,742	398.00	368.51	0.00	4.50	28.00	1.40	1.05	0.00	403.46	72.62	-2.08	0.00	474.00	0	0	S113-	0				
202505	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-05-25	OK_	0	41,344	343.00	319.57	0.00	4.50	28.00	1.40	1.02	0.00	354.49	63.81	-3.30	0.00	415.00	0	0	S113-	0	30/06/2025	EFFECTIVO		
202504	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-04-25	OK_	0	41,001	365.00	344.78	0.00	4.51	28.00	1.40	0.69	0.00	379.38	68.29	-0.07	0.00	447.60	0	0	S113-	0	29/05/2025	EFFECTIVO		
202503	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-03-25	OK_	0	40,636	218.00	205.90	0.00	4.51	20.00	1.40	0.58	0.00	232.39	41.83	-3.02	0.00	271.20	0	0	S113-	0	30/04/2025	EFFECTIVO		
202502	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-02-25	OK_	0	40,418	261.00	247.90	0.00	4.51	20.00	1.40	0.58	0.00	274.39	49.39	-1.48	0.00	322.30	0	0	S113-	0	27/03/2025	EFFECTIVO		
202501	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-01-25	OK_	0	40,157	227.00	217.28	0.00	4.52	20.00	1.40	1.10	0.00	244.30	43.97	-4.97	0.00	283.30	0	0	S113-	0	28/02/2025	EFFECTIVO		
202412	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-12-24	OK_	0	39,930	390.00	373.31	0.00	4.52	28.00	1.40	1.12	0.00	408.35	73.50	-3.05	0.00	478.80	0	0	3113-992392	0	29/01/2025	EFFECTIVO		
202411	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-11-24	OK_	0	39,540	363.00	345.94	0.00	4.54	28.00	1.40	1.26	0.00	381.14	68.61	-10.75	448.60	887.60	1	1	3113-974987	0	26/12/2024	EFFECTIVO		
202410	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-10-24	OK_	0	39,177	361.00	341.94	0.00	4.57	28.00	1.41	1.09	0.00	377.01	67.86	3.73	0.00	448.60	0	0	3113-957595	0	05/12/2024	EFFECTIVO		
202409	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-09-24	OK_	0	38,816	391.00	370.28	0.00	4.57	28.00	1.41	0.57	0.00	404.83	72.87	-2.50	0.00	475.20	0	0	3113-940213	0	29/10/2024	EFFECTIVO		
202408	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-08-24	OK_	0	38,425	347.00	327.60	0.00	4.56	28.00	1.41	1.03	0.00	362.60	65.27	-11.17	0.00	416.70	0	0	3113-922844	0	25/09/2024	EFFECTIVO		
202407	BT5	NORMAL	SIN CORTE	1.00	22-07-24	VC_	0	38,078	366.00	344.15	0.00	4.55	28.00	1.41	1.08	0.00	379.19	68.25	-3.04	0.00	444.40	0	0	3113-905495	0	29/08/2024	EFFECTIVO		



Anexo 6

Detalle del cálculo de cargas eléctricas

Equipo	Cantidad por aula	Potencia nominal (W)	Horas totales (h/día)	Energía diaria por aula (Wh/día)
Laptop docente	1	65	4	260
Proyector	1	250	2	500
Luminarias led	4	15	4	240
Impresora multifuncional	1	100	1	100
Equipo de sonido	1	50	2	100
TOTAL POR AULA	----	----	----	1200

Equipo	Energía diaria por aula (Wh/día)	Energía diaria total 16 aulas (Wh/día)	Energía diaria total (kWh/día)
Laptop docente	260	4 160	4,16
Proyector	500	8 000	8,00
Luminarias LED	240	3 840	3.84
Impresora multifuncional	100	1 600	1,60
Equipo de sonido	100	1 600	1,60
TOTAL	1 200	19 200	19,20

Anexo 7 Ubicación geográfica y características del entorno



Anexo 8 Parámetros de irradiación y producción fotovoltaica (PVGIS)



PVGIS.COM proporciona información sobre la radiación solar y el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos para cualquier lugar del mundo, excepto los polos norte y sur.

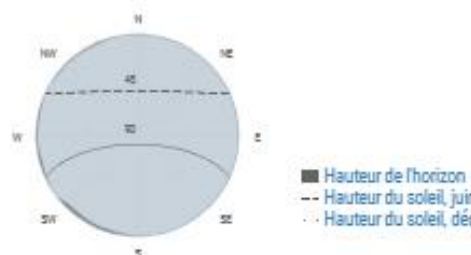
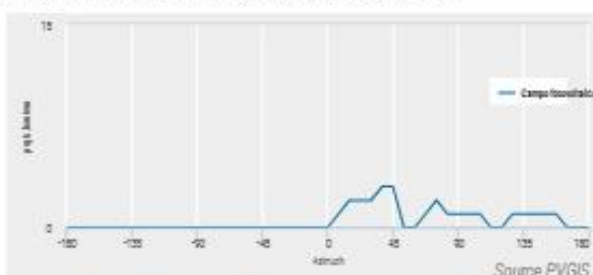
PVGIS Estimaciones de producción de electricidad solar: Información proporcionada

Geolocalización de fotovoltaica conectada a la red



PV instalado: 5.5 KWp
País : Perú
Ciudad : Juliaca
DIRECCIÓN: jiron carabaya-850
Latitud: -15.485
Longitud : -70.128
Horizonte : Calculado PVGIS24

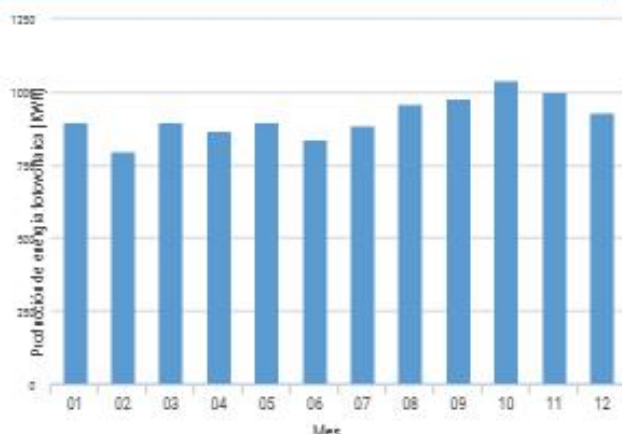
Línea del horizonte en la ubicación seleccionada



Producción energética mensual del sistema fotovoltaico fijo

Producción anual de energía fotovoltaica : **10,977.94 kWh**

Variabilidad año tras año : 1.39% (153.08kWh)



Mes	kWh	%
01 - Enero	895.51	8.16%
02 - Febrero	797.43	7.26%
03 - Marzo	894.62	8.15%
04 - Abril	866.43	7.89%
05 - Mayo	895.31	8.16%
06 - Junio	838.21	7.64%
07 - Julio	886.21	8.07%
08 - Agosto	960.22	8.75%
09 - Septiembre	978.07	8.91%
10 - Octubre	1,039.51	9.47%
11 - Noviembre	997.59	9.09%
12 - Diciembre	928.82	8.46%

Producción eléctrica mensual media del sistema definido [kWh]

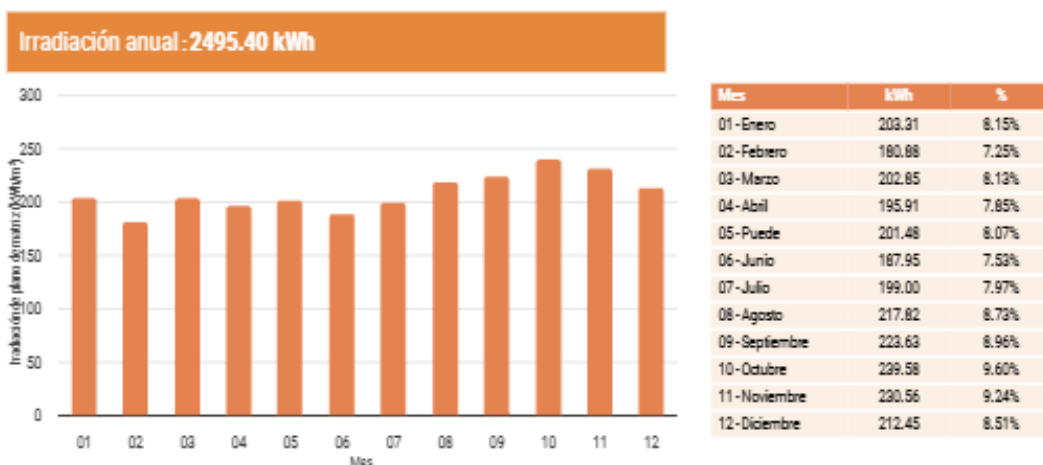
El resultado del cálculo de la energía fotovoltaica, es la producción promedio mensual de energía y la producción promedio anual de la instalación fotovoltaica con las propiedades elegidas. La variabilidad interanual es la desviación estándar de los valores anuales calculados sobre el periodo cubierto por la base de datos de radiación solar seleccionada.

Fuente: PVGIS © Unión Europea, 2001-2024. Se permite la reproducción de estos datos, siempre que se cite la fuente, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 9 Irradiación solar y producción estimada del sistema fotovoltaico (PVGIS)



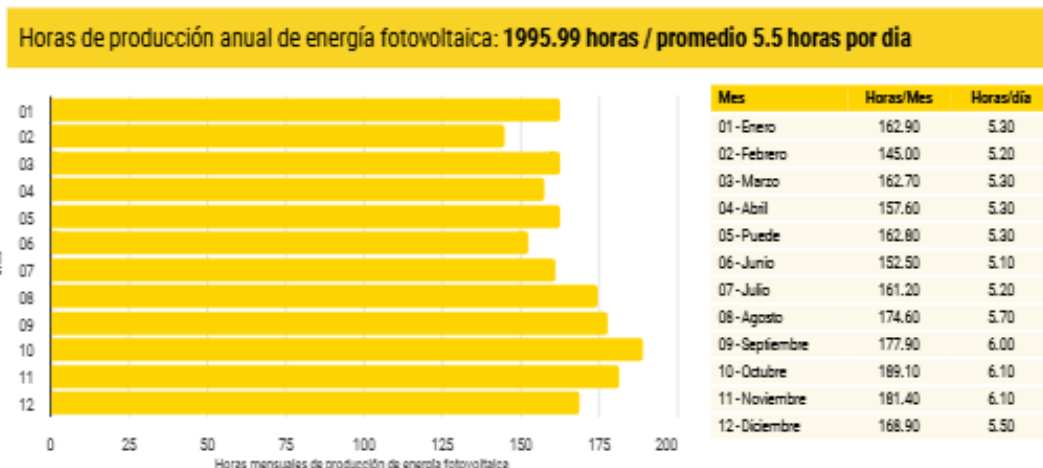
Irradiación mensual en un plano fijo.



Total medio mensual de irradiación global recibida por metro cuadrado en los paneles del sistema definido [kWh/m²]

Irradiación solar mensual se determina para cada hora del día de un mes elegido, tomándose el promedio cada día de este mes durante el período plurianual para el cual PVGIS tiene datos. Además de promediar la radiación Solar, la aplicación de radiación diaria también calcula la variación diaria de la radiación del cielo despejado.

Horas de producción mensuales energía fotovoltaica



Horas mensuales de producción de energía fotovoltaica representan el tiempo total durante un mes que produce una instalación solar electricidad, influenciada por la luz solar, la eficiencia del sistema y las condiciones de operación. Es un indicador clave para evaluar rendimiento y autosuficiencia energética.

Fuente: PVGIS © Unión Europea, 2001-2024. Se permite la reproducción de estos datos, siempre que se cite la fuente, salvo que se indique lo contrario.

Anexo 10

Normas y políticas que respaldan la implementación de sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas

Norma / Política	Ámbito	Contenido principal	Relevancia para la investigación
Ley N.º 28832 – Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica	Nacional (Perú)	Establece la modernización del sistema eléctrico y promueve la diversificación de fuentes, incluyendo renovables.	Sustenta el uso de energía solar como parte de la política energética nacional y la generación distribuida.
D.S. N.º 012-2011-EM – Reglamento de Generación con Recursos Energéticos Renovables (RE R)	Nacional (Perú)	Fomenta la inversión en sistemas de energía renovable, especialmente en zonas con limitaciones de abastecimiento.	Justifica la instalación de sistemas FV en instituciones educativas de zonas altoandinas con baja confiabilidad eléctrica.
Ley N.º 27345 – Ley de Promoción de la Eficiencia Energética	Nacional (Perú)	Obliga al sector público a adoptar medidas de eficiencia energética y tecnologías de bajo consumo.	Respaldar que las escuelas deben reducir su gasto energético y adoptar tecnologías limpias como los sistemas fotovoltaicos.
Ley N.º 30754 – Ley Marco sobre Cambio Climático	Nacional (Perú)	Promueve tecnologías sostenibles y energías no convencionales para reducir impactos ambientales.	Apoya el uso de energía solar como medida de adaptación en infraestructura educativa.
Política Energética Nacional del Perú 2010–2040 (D.S. N.º 064-2010-EM)	Nacional (Perú)	Propone ampliar el uso de renovables, asegurar accesibilidad energética y promover la eficiencia energética.	Justifica que las instituciones educativas adopten tecnologías solares para garantizar suministro estable.
Lineamientos del MINEDU para Infraestructura Educativa (R.M. 571-2015-MINEDU)	Nacional (Perú)	Exige criterios de sostenibilidad, eficiencia y autonomía energética en infraestructura educativa.	Avala el uso de paneles solares como parte de la infraestructura escolar moderna.
Código Técnico del Diseño de Infraestructura Educativa – CNE (MINEDU/PRONIED)	Nacional (Perú)	Define requerimientos mínimos de servicios básicos, incluyendo provisión eléctrica eficiente.	Permite justificar que un sistema FV es coherente con los estándares educativos actuales.
ISO 50001 – Sistema de Gestión de Energía	Internacional	Establece directrices para el uso eficiente de la energía y la integración de renovables.	Proporciona un marco global que valida la eficiencia del sistema fotovoltaico propuesto.
UNESCO – Estrategia de Escuelas Sostenibles	Internacional	Plantea el uso de tecnologías limpias y energías renovables en instituciones educativas.	Respaldar que el sistema FV contribuye a la sostenibilidad educativa.
IRENA (2020) – Solar for Education	Internacional	Recomienda el uso de sistemas fotovoltaicos para mejorar el acceso energético en escuelas rurales.	Sustenta que la energía solar es una solución probada y replicable para el sector educativo.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 28 - 11- 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: OSCAR JESUS ITO HUARILLOCLA
Dirección: JR. CABANILLAS 626
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76182163
Teléfono: 914299995 email: yisusito2001@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA INSTITUCIONES
EDUCATIVAS DEL NIVEL PRIMARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Sistema fotovoltaico off-grid, eficiencia energética.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA P18


Firma de Autor



huella digital

28 - 11 - 2025
Fecha