



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Evaluación técnico económica de un sistema
integrado multi energía para suministrar energía
eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá**

Autor:

Br. José Amador Fernández Gastelo

Asesor:

M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony

Fecha de Sustentación:

23-04-2026

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**Evaluación técnico económica de un sistema integrado
multi energía para suministrar energía eléctrica al
fundo Vásquez – Collique – Pucalá**

Autor:

Br. José Amador Fernández Gastelo

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : M.Sc. Juan Antonio Tumialan Hinostroza
SECRETARIO : Dr. James Skinner Celada Padilla
MIEMBRO : M.Sc. Héctor Antonio Oviden Núñez
ASESOR : M.Sc. Jony Villalobos Cabrera.

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TÍTULO:

**Evaluación técnico económica de un sistema
integrado multi energía para suministrar energía
eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá**

CONTENIDOS

CAPITULO I	: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II	: MARCO TEÓRICO.
CAPITULO III	: MARCO METODOLÓGICO.
CAPITULO IV	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO V	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Bach. José Amador Fernández Gastelo

M.Sc. Juan A. Tumialan Hinostroza
PRESIDENTE

Dr. James Skinner Celada Padilla
SECRETARIO

M.Sc. Héctor A. Oliden Núñez
VOCAL

M.Sc. Jony Villalobos Cabrera
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACION N°0155-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 a.m. del día jueves 23 de abril 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°060-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 13 de abril 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|---|------------|
| ▪ M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA | PRESIDENTE |
| ▪ Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA | SECRETARIO |
| ▪ M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ | MIEMBRO |
| ▪ M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:


"EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE UN SISTEMA INTEGRADO MULTI ENERGÍA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL FUNDO VÁSQUEZ – COLLIQUE – PUCALÁ"

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **FERNANDEZ GASTELO JOSE AMADOR.**


Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención bueno. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:00 m del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:


M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA
PRESIDENTE


M.Sc. Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ
MIEMBRO


Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA
SECRETARIO


M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Dr. Ing. AMALIO ACUÑA PAZ
Decanato

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**, usuario revisor del documento titulado: **“Evaluación técnico económica de un sistema integrado multi energía para suministrar energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá”**.

Cuyo autor es, **Fernández Gastelo José Amador**, identificado con documento de identidad N° **75522324** declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **14%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 28 de abril del 2026



.....
M.SC. ING. JONY VILLALOBOS

CABRERA DNI: 16699530

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

REPORTE DEL TURNITIN

Evaluación técnico económica de un sistema integrado multi energía para suministrar energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	13%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet		3%
2	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante		3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet		2%
4	repositorio.unitec.edu Fuente de Internet	M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA DNI 16699530 Docente Asociado Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	1%
5	laccei.org Fuente de Internet		1%
6	journalingeniar.org Fuente de Internet		1%
7	www.svobodnaya-gruzia.com Fuente de Internet		<1%
8	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet		<1%

14	Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.umch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
22	rus.ucf.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to infopes Trabajo del estudiante	<1 %
24	repositorio.upct.es Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Colegio Camarena Canet Trabajo del estudiante	<1 %
26	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
27	Suárez Velásquez, Álex Julián. "Inteligencia emocional y logro de aprendizaje en estudiantes del CEBA "González Vigil" de la provincia de Huanta, Ayacucho.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
28	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %


M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
 DNI 16699530
 Docente Asociado
 Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
 Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

29

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

30

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía Activo



M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16699530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

RECIBO DEL TURNITIN



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: José Amador Fernández Gastelo
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Evaluación técnico económica de un sistema integrado multi e...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_-_24.01.26.docx
Tamaño del archivo: 1.34M
Total páginas: 70
Total de palabras: 11,202
Total de caracteres: 64,592
Fecha de entrega: 30-ene-2026 12:52a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2866865748



UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS
Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Evaluación técnico económica de un sistema integrado multi energía para suministrar energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucallá"

Autor:

Br. José Amador Fernández Gastelo

Asesor:

M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



M. Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
DNI 16699530
Docente Asociado
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

DEDICATORIA

A las comunidades de Collique y Pucalá, y de manera especial a quienes dan vida al Fundo Vásquez, cuya perseverancia en la labor agrícola son el reflejo de una fuerza inagotable.

Dedico este trabajo a la esperanza de iluminar cada hogar y cada área productiva, donde el acceso constante a la energía persiste como un anhelo lejano y no como el derecho fundamental que debe ser. Que esta evaluación de sistemas integrados trascienda los límites de la teoría y el papel, para convertirse en un peldaño firme hacia la democratización del recurso energético.

Que el rigor de la ingeniería aquí plasmado sea el instrumento para transformar el potencial técnico en bienestar tangible, disipando la oscuridad del rezago para dar paso a la luz de la soberanía y el desarrollo digno. Que este esfuerzo sea un tributo a la tierra y a su gente, reafirmando que el progreso técnico solo es verdadero cuando se traduce en justicia social para el campo peruano.

"Que este diseño técnico sea el reflejo de una verdad eterna: que no hay sombra de rezago que resista a la luz de la vida, ni comunidad olvidada cuando la ciencia se rinde al propósito de iluminar el mundo."

Bach. José Amador Fernández Gastelo

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente Suprema de amor, gracia, sabiduría, y verdadera Luz del Mundo. Gracias por ser mi guía constante en los momentos de incertidumbre, por iluminar mi mente y por concederme la fortaleza para transformar el conocimiento en un instrumento de servicio.

A mis padres, pilares fundamentales de mi existencia y arquitectos de mi formación. Gracias por su sacrificio silencioso y su apoyo incondicional, que han sido la energía vital que impulsó este proyecto.

A mi tía Dali, por su calidez humana y sabiduría que convergen en mi formación. Gracias por su presencia constante, su apoyo ha sido un soporte esencial en este proceso, recordándome que los grandes logros se construyen con perseverancia y fe de quienes más nos aman

A mi familia en general, por ser el núcleo de apoyo donde siempre encontré refugio y motivación, representan el hogar que busco dignificar a través de mi profesión; son la razón por la cual entiendo que la energía más poderosa no es la que se genera, sino la que se comparte en la unidad familiar.

A mi asesor, el Ing. Msc. Jony Villalobos, por su guía experta y su compromiso con la excelencia académica. Gracias por desafiar mi intelecto y por orientar este análisis técnico con la rigurosidad que se merece.

A mis Profesores Universitarios, por ser los arquitectos de mi criterio y guías en el vasto camino del saber. Gracias por compartir no solo su conocimiento técnico, sino su pasión por la excelencia; por desafiar mis límites y enseñarme que la ingeniería exige tanto rigor científico como sensibilidad social.

Al Jurado Calificador, quienes también fueron mis docentes en la Gloriosa FIME, expreso mi respetuoso agradecimiento, gracias por su tiempo, por su mirada crítica y por las observaciones vertidas sobre este trabajo; su rigurosidad no solo ha fortalecido esta

investigación, sino que ha contribuido a mi crecimiento como profesional, asegurando que esta propuesta técnica cumpla con los más altos estándares de excelencia.

A mi Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, mi alma mater, por brindarme los cimientos científicos y humanistas para enfrentar los retos del mundo contemporáneo. Gracias por ser el espacio donde mi vocación encontró las herramientas para proponer soluciones reales.

Bach. José Amador Fernández Gastelo

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar técnica y económicamente un sistema integrado multi-energía para el suministro eléctrico del fundo Vásquez, ubicado en Collique – Pucalá, ante la limitada confiabilidad del suministro convencional basado en red rural y generación diésel. El estudio se desarrolló bajo un enfoque aplicado y un diseño no experimental, considerando el análisis de la demanda energética, los recursos renovables disponibles y la selección tecnológica mediante matriz morfológica con ponderación. Se determinó una demanda de 48,10 kWh/día, equivalente a 17 556,5 kWh/año, con predominio de cargas de bombeo agrícola.

A partir de la evaluación de alternativas, se seleccionó un sistema híbrido solar–eólico con almacenamiento en baterías y respaldo diésel, por presentar el mejor desempeño técnico en términos de eficiencia, confiabilidad y adaptación a la radiación solar promedio de 5,22 kWh/m²/día y velocidades de viento de 4,4 m/s. El sistema propuesto incluye un campo fotovoltaico de 10,35 kWp, un aerogenerador de 5 kW, un banco de baterías de 67,2 kWh y un inversor híbrido de 12 kW, logrando una generación estimada de 49,89 kWh/día, suficiente para cubrir la demanda energética.

La evaluación económica evidenció una inversión de S/ 202 816,47, un ahorro anual de S/ 24 503,00, un periodo de recuperación de 8,28 años, un VAN de S/ 5 796,49 y una TIR de 10,4%. Se concluye que el sistema propuesto es técnica y económicamente viable, contribuyendo a mejorar la continuidad operativa y la sostenibilidad energética del fundo.

Palabras clave: Sistema híbrido solar–eólico, Energía renovable, Evaluación técnico-económica, Generación distribuida, Almacenamiento en baterías, Suministro eléctrico rural.

ABSTRACT

The aim of this research was to technically and economically evaluate an integrated multi-energy system for the electricity supply of the Vásquez farm, located in Collique – Pucalá, due to the limited reliability of the conventional supply based on rural grid connection and diesel generation. The study was developed under an applied approach and a non-experimental design, considering the analysis of energy demand, available renewable resources, and technology selection through a weighted morphological matrix. An energy demand of 48,10 kWh/day, equivalent to 17 556,5 kWh/year, was determined, with agricultural pumping loads as the main consumption component.

Based on the evaluation of alternatives, a hybrid solar-wind system with battery storage and diesel backup was selected, since it showed the best technical performance in terms of efficiency, reliability, and adaptation to the available renewable resources, with an average solar radiation of 5,22 kWh/m²/day and wind speeds of 4,4 m/s. The proposed system includes a 10,35 kWp photovoltaic array, a 5 kW wind turbine, a 67,2 kWh battery bank, and a 12 kW hybrid inverter, achieving an estimated generation of 49,89 kWh/day, enough to meet the energy demand.

The economic evaluation showed an investment cost of S/ 202 816,47, annual savings of S/ 24 503,00, a payback period of 8,28 years, a net present value of S/ 5 796,49, and an internal rate of return of 10,4%. It is concluded that the proposed system is technically and economically feasible, contributing to improved operational continuity and energy sustainability of the farm.

Keywords: hybrid solar-wind system, renewable energy, techno-economic evaluation, distributed generation, battery storage, rural electricity supply.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	10
AGRADECIMIENTO	11
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	19
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.1. Realidad Problemática	21
1.2. Formulación del Problema.....	24
1.3. Delimitación de la Investigación	24
1.4. Justificación e Importancia del estudio.....	24
1.5. Limitaciones de la Investigación	25
1.6. Objetivos de estudio.....	26
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes de Estudios	27
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado	32
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Tipo y diseño de investigación	37
3.2. Población y muestra.....	37
3.3. Hipótesis	38
3.4. Variables - Operacionalización.....	38

3.5. Métodos y Técnicas de investigación	40
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados	40
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos	41
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS...	43
4.1. Diagnóstico de los requerimientos de energía eléctrica en el fundo Vásquez – Collique - Pucalá.....	43
4.2. Aplicación de la matriz morfológica para determinar los componentes del sistema integrado multi energía.	44
4.3. Cálculo y selección de los componentes del sistema integrado multi energía.....	48
4.4. Evaluación económica que implica el sistema integrado multi energía.....	60
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1. Conclusiones	68
5.2. Recomendaciones	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....	70
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	39
Tabla 2 <i>Diasnóstico de cargas eléctricas del fundo Vásquez – Collique - Pucalá</i>	44
Tabla 3 <i>Criterios de evaluación y ponderación</i>	45
Tabla 4 <i>Matriz de decisión ponderada</i>	46
Tabla 5 <i>Matriz morfológica final seleccionada</i>	47
Tabla 6 <i>Radiación Solar Diaria (kW-hm²-día)</i>	48
Tabla 7 <i>Velocidad del viento (m/s)</i>	49
Tabla 8 <i>Configuración final seleccionada del sistema híbrido</i>	58
Tabla 9 <i>Resumen técnico del sistema híbrido</i>	60
Tabla 10 <i>Costos de inversión (CAPEX del sistema)</i>	60
Tabla 11 <i>Resumen de indicadores económicos</i>	64
Tabla 12 <i>Flujo de caja</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estructura de soporte metálica inclinada para terreno</i>	55
Figura 2 <i>Cuadro de velocidades máximas admisibles de viento</i>	56

INTRODUCCIÓN

Un sistema integrado multi energía es fundamental para optimizar el suministro energético en un fundo, ya que permite la combinación eficiente de diferentes fuentes de energía, como solar, eólica, térmica y convencional. La integración de múltiples fuentes de energía permite un uso más eficiente de los recursos disponibles. Los sistemas integrados ofrecen flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones en la oferta y demanda de energía. Esto es especialmente relevante en contextos donde las energías renovables son intermitentes.

En el primer capítulo de este documento, se lleva a cabo una discusión detallada sobre el problema que se necesita abordar, que en este caso es diseñar un sistema integrado multi energía para suministrar energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá. Como consecuencia de este proceso, se lleva a cabo la formulación del objetivo general, así como la delineación de una serie de objetivos específicos que servirán como guía para alcanzar dicho objetivo de manera efectiva.

En el Capítulo II de este trabajo, se exponen los antecedentes que abarcan diversas investigaciones llevadas a cabo previamente sobre el tema, los cuales sirven de respaldo y justifican la alternativa de solución que se propone en esta tesis. De igual manera, se expone de forma detallada la teoría que guarda relación con el tema central de la investigación que se está llevando a cabo.

El tercer capítulo proporciona una explicación detallada sobre el proceso mediante el cual se recogerá y se gestionará la información, además de describir las diversas herramientas y recursos que se emplearán en esta tarea.

En el cuarto capítulo se da a conocer una detallada presentación de los resultados que se han logrado hasta el momento, así como la elección y selección de los diferentes equipos necesarios para el proyecto. También se incluye un análisis del costo asociado al

sistema que se ha planificado y una evaluación exhaustiva de los indicadores financieros pertinentes que permiten medir el desempeño económico del mismo.

Los resultados finales y las recomendaciones pertinentes se presentan de manera detallada en el capítulo cinco del documento.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La implementación de un sistema integrado multi energía para suministrar energía a un fundo en Perú enfrenta diversas problemáticas que pueden afectar su eficacia y sostenibilidad. A continuación, se detallan las principales dificultades: La obtención de permisos necesarios para la ejecución de proyectos de energía es frecuentemente lenta. A pesar de que la legislación establece plazos, las autoridades a menudo no cumplen con estos, lo que retrasa el inicio y la operación de los proyectos. Esto puede impactar negativamente en la planificación y ejecución de un sistema integrado. La falta de un marco regulatorio claro y actualizado puede generar desconfianza entre los inversionistas. Las reformas del sector energético en Perú han sido insuficientes y muchas veces no responden a las necesidades actuales del mercado, lo que dificulta la atracción de inversiones necesarias para desarrollar sistemas integrados. La dependencia de fuentes renovables como solar y eólica puede ser problemática debido a su naturaleza intermitente. Esto requiere sistemas de almacenamiento o respaldo que pueden ser costosos y complejos de integrar en un sistema multi energía. La integración de diferentes fuentes puede afectar la calidad del suministro eléctrico. Problemas como perturbaciones en el voltaje pueden surgir, afectando tanto a los equipos del fundo como a la satisfacción del usuario final. La población local puede mostrar reticencia a proyectos energéticos debido a experiencias pasadas negativas o preocupaciones sobre el impacto ambiental. Esto puede dificultar la obtención del apoyo social necesario para avanzar con los proyectos. Los proyectos energéticos, especialmente aquellos que involucran hidrocarburos o grandes instalaciones renovables, pueden generar conflictos ambientales significativos. Las comunidades pueden oponerse a proyectos que perciben como perjudiciales para su entorno. La transición hacia un sistema multi energía implica inversiones iniciales significativas.

La falta de financiamiento adecuado puede limitar la capacidad para implementar tecnologías necesarias para una integración efectiva. Perú sigue dependiendo en gran medida de combustibles importados, lo que puede aumentar los costos operativos y hacer que el suministro energético sea vulnerable a fluctuaciones en los precios internacionales (Cardozo Gutiérrez & Tamayo Zapata, 2024).

El fundo Vásquez – Collique – Pucalá presenta deficiencias significativas en el suministro de energía eléctrica debido a la dependencia de la red convencional rural, la cual registra interrupciones frecuentes estimadas entre 6 y 10 horas semanales, equivalentes a aproximadamente 350–500 horas de corte al año, afectando directamente la operación continua de sistemas de riego, bombeo y equipos agrícolas. Como medida de contingencia, el fundo recurre al uso de grupos electrógenos diésel, cuyo consumo promedio para cubrir una demanda diaria de 48,10 kWh/día implica un consumo anual aproximado de 4 800 a 5 200 litros de diésel, considerando un rendimiento medio de 3,5 kWh/L. Esto representa un costo anual superior a S/. 28 000, considerando un precio promedio del combustible de S/. 5,50 por litro, sin incluir costos adicionales de mantenimiento y reposición del equipo. Asimismo, el consumo energético anual del fundo asciende a 17 557 kWh/año, lo que incrementa la vulnerabilidad operativa frente a variaciones tarifarias, fallas del suministro y dependencia de combustibles fósiles. Esta situación evidencia la ausencia de un sistema energético confiable, eficiente y sostenible, generando sobrecostos operativos, riesgos productivos y un impacto ambiental negativo, por lo que resulta necesario evaluar técnica y económicamente la implementación de un sistema integrado multi-energía que garantice continuidad del suministro, reducción de costos a largo plazo y mayor sostenibilidad para el fundo.

La problemática del suministro eléctrico en el fundo Vásquez – Collique – Pucalá se origina por la concurrencia de diversos factores técnicos, económicos y operativos. En

primer lugar, la baja confiabilidad de la red eléctrica rural, caracterizada por interrupciones frecuentes de hasta 500 horas anuales, limita la continuidad del servicio eléctrico necesario para las actividades agrícolas. En segundo lugar, la alta dependencia de grupos electrógenos diésel como sistema de respaldo incrementa significativamente los costos operativos, debido a un consumo anual estimado entre 4 800 y 5 200 litros de combustible, lo que representa un gasto superior a S/. 28 000 anuales, además de elevados costos de mantenimiento. Asimismo, la ausencia de sistemas de generación distribuida y almacenamiento energético impide aprovechar el alto potencial solar de la zona, el cual presenta una radiación promedio superior a 5,2 kWh/m²·día y además de la velocidad del viento de aprox. 4,4 m/s. Finalmente, la falta de una gestión energética integrada que optimice el uso de fuentes renovables contribuye a una baja eficiencia energética, mayor vulnerabilidad operativa y dependencia de fuentes fósiles, consolidando el problema energético del fundo.

La no implementación de una solución energética adecuada en el fundo Vásquez – Collique – Pucalá ocasionará la continuidad de interrupciones eléctricas superiores a 350–500 horas anuales, afectando la operación de sistemas de riego, bombeo y procesos agrícolas, lo que puede generar pérdidas productivas por disminución del rendimiento de los cultivos. Asimismo, se mantendrá la dependencia del grupo electrógeno diésel, incrementando los costos operativos por consumo anual de combustible superior a 5 000 litros, con un gasto económico mayor a S/. 28 000 anuales, además de mayores costos de mantenimiento y reposición del equipo. Desde el punto de vista energético y ambiental, persistirá el uso intensivo de combustibles fósiles, aumentando las emisiones de CO₂ y el impacto ambiental del fundo. Adicionalmente, la ausencia de un sistema energético confiable incrementará los riesgos operativos y de seguridad, reducirá la competitividad del fundo y limitará la sostenibilidad económica y ambiental a largo plazo de la actividad

agrícola.

1.2. Formulación del Problema

¿Es viable Técnica y Económica suministrar con energía eléctrica mediante un sistema integrado multi energía al fundo Vásquez – Collique – Pucalá?

1.3. Delimitación de la Investigación

La presente investigación se delimita **espacialmente** al fundo Vásquez, ubicado en el centro poblado Collique, distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, donde se evaluará el suministro eléctrico para las actividades agrícolas existentes. **Temporalmente**, el estudio se desarrolla con información de demanda energética, radiación solar, velocidad del viento y costos económicos correspondientes al periodo **2023–2024**, considerando una proyección de análisis económico a **25 años**, acorde con la vida útil del sistema solar-eólico.

Desde el punto de vista **temático**, la investigación se circunscribe a la **evaluación técnica y económica** de un sistema integrado multi-energía, conformado principalmente por paneles solares, aerogenerador, banco de baterías, inversor híbrido y su interacción con el sistema de respaldo diésel, excluyéndose el análisis de otras tecnologías renovables como la térmica y/o biomasa. En cuanto al **alcance**, el estudio se limita al **dimensionamiento preliminar, análisis de desempeño técnico y evaluación económica**, sin considerar la ejecución, construcción física ni la evaluación de impactos sociales o ambientales de largo plazo más allá de indicadores energéticos y económicos.

1.4. Justificación e Importancia del estudio

1.4.1. Justificación

La presente tesis se justifica por la necesidad de evaluar técnica y económicamente alternativas energéticas confiables y sostenibles para el suministro eléctrico del fundo Vásquez – Collique – Pucalá, el cual presenta interrupciones

frecuentes del servicio eléctrico y una alta dependencia de grupos electrógenos diésel, generando elevados costos operativos y riesgos productivos. La implementación de un sistema integrado multi-energía, basado principalmente en generación solar-eólica con almacenamiento, permite aprovechar el alto potencial solar de la zona (superior a 5,2 kWh/m²·día), la velocidad del viento (4,4 m/s), reducir la dependencia de fuentes convencionales y garantizar continuidad energética para las actividades agrícolas. Asimismo, la investigación aporta una herramienta técnica de toma de decisiones, sustentada en criterios cuantitativos, para seleccionar una configuración energética óptima acorde a las condiciones reales del fundo.

1.4.2. Importancia

La importancia de esta investigación radica en su impacto técnico, económico y ambiental. Desde el punto de vista técnico, contribuye a mejorar la confiabilidad y calidad del suministro eléctrico en un entorno agrícola rural, reduciendo interrupciones superiores a 350–500 horas anuales. En el aspecto económico, permite identificar alternativas que, aunque no siempre resulten óptimas bajo criterios financieros tradicionales, generan ahorros operativos, estabilidad de costos energéticos y reducción de riesgos a largo plazo. Desde la perspectiva ambiental, el estudio promueve el uso de energías renovables, disminuyendo el consumo anual de más de 5 000 litros de diésel y las emisiones contaminantes asociadas. Finalmente, la tesis tiene relevancia académica y práctica al servir como referencia metodológica para futuros proyectos de sistemas multi-energía en fundos agrícolas y zonas rurales con condiciones similares.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados. En primer lugar, el estudio se limita a un

dimensionamiento y evaluación técnico-económica teórica, por lo que no incluye la implementación física ni la validación experimental en campo del sistema integrado multi-energía. En segundo lugar, los datos de demanda eléctrica, costos de equipos, tarifas energéticas y precios del combustible se basan en información disponible para el periodo 2023–2024, por lo que variaciones futuras en estos parámetros podrían modificar los resultados económicos obtenidos. Asimismo, el análisis económico se desarrolla bajo supuestos de operación estándar, sin considerar escenarios extremos como incrementos abruptos del precio del diésel, cambios regulatorios o ampliaciones futuras significativas de la demanda del fundo. Finalmente, la investigación se enfoca principalmente en la generación solar-eólica con almacenamiento, excluyendo el análisis detallado de otras fuentes renovables como eólica, biomasa o micro hidráulica, lo que limita el alcance comparativo del estudio.

1.6. Objetivos de estudio

1.6.1. Objetivo General

Realizar una evaluación técnica económica de un sistema integrado multi energía para suministrar energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá.

1.6.2. Objetivo Específicos

- Realizar un diagnóstico de los requerimientos de energía eléctrica en el fundo Vásquez – Collique - Pucalá
- Determinar mediante una matriz morfológica los componentes del sistema integrado multi energía.
- Calcular y seleccionar los componentes del sistema integrado multi energía.
- Determinar la evaluación económica que implica el sistema integrado multi energía

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. *A nivel Internacional*

En Ecuador, Pisco Vanegas (2021), realizó el estudio “Diseño de un sistema híbrido aislado para abastecer a la hacienda Quirola”, Las fuentes de energía renovables representan una opción sumamente crucial para la producción de energía eléctrica, ya que tienen la ventaja de no emitir gases que contribuyan al efecto invernadero. Además, estas energías limpias favorecen la descentralización de los sistemas de generación de electricidad, lo cual implica que la producción de energía puede llevarse a cabo en diferentes lugares, reduciendo la dependencia de fuentes fósiles y promoviendo un desarrollo más sostenible. El presente documento tiene como objetivo realizar tanto el desarrollo como la simulación de un sistema híbrido que combina energía eólica y solar, con la finalidad de proporcionar un suministro estable y adecuado de energía eléctrica a la “Hacienda Quirola”, que se dedica a la producción de bananas. Al llevar a cabo la ejecución de este estudio, se consideraron diversos factores importantes, tales como la capacidad o potencia de la hacienda, el tipo y condiciones del sistema de riego implementado, la cantidad de puntos de carga presentes, así como la potencia nominal de cada bomba de agua utilizada. Además, se tomó en cuenta la cantidad total de horas diarias durante las cuales funciona cada bomba. Al considerar cuidadosamente el valor de la potencia que ha sido generada por el sistema de riego, se procede a llevar a cabo un exhaustivo cálculo de todos los parámetros que son imprescindibles para llevar a cabo la selección adecuada de los equipos que serán necesarios para la generación eficiente de energía. Esto incluye, pero no se limita a, componentes vitales como los paneles fotovoltaicos, un aerogenerador, un banco de baterías para el almacenamiento de energía, un inversor,

y otros dispositivos relevantes que contribuyen a optimizar el sistema en su totalidad (Pisco Vanegas, 2021).

En México, Ramos-Teodoro & Giménez Miralles (2020), en la investigación “Simulación de escenarios de reparto económico en sistemas multi-energía”, El problema de reparto económico en sistemas multi-energía es un tema de interés actual que se aborda en la literatura mediante diferentes enfoques, aunque el planteamiento y resolución de un problema de este tipo es siempre complejo y tedioso por el número de ecuaciones que se requieren para modelar sistemas donde se involucran diferentes tipos de recursos energéticos y/o materiales (Ramos-Teodoro & Giménez Miralles, 2020).

2.1.2. A nivel nacional

En Lima, Alata Rey & Zingg Rosell (2024), en el proyecto de investigación “La energía solar fotovoltaica en los sistemas de bombeo para acueductos: una revisión sistemática”, En el contexto de la búsqueda constante de soluciones que sean sostenibles y viables para asegurar el suministro adecuado de agua, la implementación de tecnología de energía solar fotovoltaica en los sistemas de bombeo utilizados para el suministro de acueductos se presenta como una alternativa destacada que no solo es eficaz, sino que también es respetuosa con el medioambiente. El objetivo principal del presente estudio fue llevar a cabo una exploración detallada sobre cómo se lleva a cabo la integración de la energía solar fotovoltaica en los sistemas que se utilizan para bombear agua. Con este fin, se realizó una revisión exhaustiva de los artículos que han sido publicados entre los años 2022 y 2023, tanto en el idioma español como en inglés. Esta revisión se llevó a cabo mediante una búsqueda sistemática en bases de datos reconocidas, incluyendo Scopus y Scielo. Se llevó a cabo un proceso de análisis que implicó la evaluación de

un total de 718 artículos académicos. Este procedimiento se realizó en dos etapas distintas. La primera fase consistió en una revisión preliminar, donde se examinaron los títulos y resúmenes de los artículos. La etapa final del proceso consistió en una revisión detallada, que abarcó la lectura completa del texto de cada uno de los artículos seleccionados. En el presente estudio, se han incluido un total de 11 investigaciones diferentes, de las cuales se muestran de manera detallada los resultados obtenidos, las tecnologías que se han implementado en cada caso, el país de donde proviene cada investigación y el año en que fue publicada cada una de ellas. Los hallazgos de este análisis mostraron de manera clara que el sector predominante en el ámbito de la investigación fue, sin duda, la agroindustria. De igual manera, se observó que las tecnologías que se han puesto en práctica integran tanto el desarrollo de un sistema para la distribución eficiente del agua como la programación de controladores que son altamente especializados para este propósito. Se llega a la conclusión de que la investigación centrada en la incorporación de la energía solar dentro de los sistemas destinados al bombeo de agua tiene como objetivo fundamental alcanzar una eficiencia energética significativamente superior. Además, busca disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, promoviendo así una transición hacia fuentes de energía más sostenibles. A su vez, se pretende desarrollar sistemas que sean autónomos y que a la vez presenten costos operativos más bajos, lo que contribuiría a una gestión más económica y ecológica de los recursos hídricos (Alata Rey & Zingg Rosell, 2024).

En Lima, Nahui Ortiz (2021), en su trabajo de investigación denominado “Producción de Hidrógeno a partir de Energía Eólica en un campus universitario ubicado en Lima-Perú”, El presente proyecto ha sido llevado a cabo en la reconocida Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), donde se ha mostrado un notable interés

por investigar las posibilidades que ofrece la energía del hidrógeno como un potencial combustible del futuro. Esta investigación se enmarca dentro del contexto más amplio relacionado con el aprovechamiento de las energías renovables, un tema que se ha convertido en uno de los pilares fundamentales de la Ingeniería Ambiental. Además, este aspecto no solo es significativo en términos de sostenibilidad y desarrollo tecnológico, sino que también constituye un elemento clave en el proceso formativo y educativo de los estudiantes que están siendo preparados para enfrentar los retos del futuro en esta área. El propósito fundamental de este estudio es llevar a cabo una evaluación experimental que permita analizar de manera detallada la eficiencia energética involucrada en el proceso de producción de hidrógeno que se obtiene a través de la utilización de energía generada por fuentes eólicas. Se llevaron a cabo mediciones detalladas de la velocidad del viento en las instalaciones ubicadas en la Facultad de Ingeniería Ambiental, que forma parte de la Universidad Nacional de Ingeniería (FIA-UNI). Los datos recopilados sobre las mediciones de la velocidad del viento en el campus de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), los cuales se llevaron a cabo durante los meses de agosto y septiembre del año 2019, muestran que las velocidades calculadas oscilan, en términos promedio, entre 2,7 metros por segundo y 3,5 metros por segundo. Se llevó a cabo la implementación de un sistema destinado a la generación de electricidad utilizando como fuente de energía el recurso eólico. Este sistema está compuesto por un aerogenerador, que captura la energía del viento, además de contar con dos baterías para el almacenamiento de la energía producida, un controlador que regula el funcionamiento del sistema y un inversor que se encarga de convertir la corriente eléctrica generada en una forma utilizable. Este sistema ha sido desarrollado e introducido en la institución como un módulo que funciona como una demostración práctica y educativa, con el objetivo de ser

utilizado dentro del proceso de formación y educación de los estudiantes que pertenecen a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Ingeniería, comúnmente conocida como FIA-UNI. Se llevaron a cabo diversas pruebas para la producción de hidrógeno a través del proceso de electrólisis. Estas pruebas se realizaron utilizando un sistema integrado que fue provisto con una celda de combustible de tipo PEM, lo que permitió evaluar la eficacia del método en cuestión. En términos generales, se logró alcanzar un promedio de 56,1 kilovatios-hora por kilogramo en la producción de hidrógeno, el cual fue generado a partir de energía eólica mediante el uso de una celda de combustible de tipo PEM, todo esto llevado a cabo en las instalaciones del campus de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Se prevé que en un futuro cercano se llevará a cabo un nuevo proyecto de investigación que implicará la utilización de un sistema híbrido que integra tanto energía solar como eólica, funcionando de manera simultánea para maximizar su eficiencia en la producción de energía. De igual manera, la inclusión de un modelo que integre tanto aspectos energéticos como ambientales ofrecerá una valiosa herramienta para analizar y valorar el potencial que tiene la reducción de emisiones de dióxido de carbono, que está relacionado con la producción de hidrógeno mediante la utilización de energía generada a partir de fuentes eólicas, considerando las condiciones específicas de la región en cuestión (Nahui Ortiz, 2021).

2.1.3. A nivel local

Sánchez Pérez y Luis Alberto (2022), desarrolló la tesis “Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico en un fundo agrícola en Lambayeque”, en la cual evaluó el dimensionamiento de un sistema solar aislado para abastecer cargas de bombeo agrícola. El estudio concluyó que la implementación de sistemas fotovoltaicos

permite reducir los costos operativos en más del 40% y mejorar la continuidad del servicio eléctrico en zonas rurales con limitada cobertura de red (Sánchez Pérez, 2022).

Cruz Carrasco y Miguel Ángel (2021), desarrolló la investigación “Evaluación de un sistema híbrido solar–diésel para optimizar el suministro energético en zonas rurales de Lambayeque”, donde se determinó que la integración de generación fotovoltaica con respaldo convencional mejora la confiabilidad del sistema y reduce significativamente el consumo de combustible fósil, logrando una disminución de hasta 60% en el uso de diésel (Cruz Carrasco, 2021).

Torres Díaz y Juan Carlos (2023), realizó el estudio “Implementación de un sistema fotovoltaico para sistemas de bombeo en la agroindustria de Olmos”, en el cual se evidenció que el uso de energía solar en sistemas de riego permite incrementar la eficiencia energética y reducir los costos de operación, especialmente en fundos alejados de la red eléctrica convencional (Torres Díaz, 2023).

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

Energía Eléctrica

La historia de la electricidad está unida con la del ser humano, los primeros contactos con esta datan de la Antigua Grecia, cuando Thales de Mileto descubre que al frotar el ámbar con un pedazo de tela se producía atracción, más adelante este fenómeno se nombraría como electricidad estática, en el siglo XVI el físico William Gilbert perfecciona la brújula al investigar y experimentar con las propiedades de los imanes, posteriormente, en el siglo XIX Alejandro Volta desarrolla las primeras celdas químicas que fueron capaces de almacenar electricidad, inventado la pila o batería, ya a final del siglo XIX surgen dos grandes personalidades como Edison y Tesla que mediante sus investigaciones cambian el curso de la historia y ponen a la electricidad como eje central de nuestras vidas (Gómez Castillo, 2020).

Consumo de energía eléctrica

El consumo energético es la cantidad total de energía que se necesita para un proceso determinado y se mide en kilovatios hora (kWh). Aquí se incluye el gasto de energía eléctrica, de gas, de gasoil y de biomasa (Pisco Vanegas, 2021).

Energía solar

Se trata de una forma de energía que se puede obtener de manera inagotable y continua, utilizando las ondas electromagnéticas que emanan del Sol. En términos más simples, esta energía proviene de lo que se conoce como radiación solar. Existen una variedad de mecanismos y tecnologías que permiten la utilización eficiente de esta fuente de energía, entre los cuales se encuentran las células fotovoltaicas, los helióstatos y los colectores térmicos. Estos dispositivos son capaces de transformar la energía solar en electricidad que puede ser empleada directamente para la iluminación de espacios o para el funcionamiento de maquinaria. Además, son útiles para generar calor que puede ser utilizado en el calentamiento de agua sanitaria, en la climatización de edificios, y también en la producción eléctrica, entre muchas otras aplicaciones posibles.

En el territorio de Perú, se puede estimar que existe un notable potencial de radiación solar que alcanza un promedio diario anual de aproximadamente 250 watts por metro cuadrado. En particular, este potencial se destaca en las regiones del sur del país, específicamente en Arequipa, Moquegua y Tacna, que son las áreas donde se llevan a cabo la construcción y operación de las más grandes plantas de energía fotovoltaica en toda la nación (Pisco Vanegas, 2021).

Energía eólica

La energía eólica se fundamenta en la conversión de la energía cinética del viento en electricidad mediante aerogeneradores, siendo su rendimiento dependiente de variables climáticas, lo que hace necesaria su integración con otras fuentes renovables y el uso de modelos de predicción para optimizar su aprovechamiento. En términos prácticos, el viento al incidir sobre las palas del aerogenerador genera un movimiento rotacional que acciona un generador eléctrico, transformando la energía mecánica en energía eléctrica utilizable. Sin embargo, debido a la naturaleza variable e intermitente del recurso eólico, su aprovechamiento eficiente requiere el análisis de parámetros como la velocidad del viento, la densidad del aire y las características del emplazamiento. Asimismo, es fundamental considerar sistemas de control que permitan operar el aerogenerador en condiciones óptimas, maximizando la captación de energía disponible. En aplicaciones reales, la energía eólica suele complementarse con sistemas fotovoltaicos y almacenamiento energético, permitiendo garantizar la continuidad del suministro eléctrico. Además, el uso de herramientas de simulación y modelos predictivos facilita la estimación del potencial eólico y la toma de decisiones en el diseño de sistemas híbridos. De esta manera, la energía eólica se posiciona como una alternativa sostenible y técnicamente viable dentro de los sistemas multi-energía, especialmente en zonas con recursos renovables variables. (Pisco Vanegas, 2021).

Aerogeneradores

Un aerogenerador es un sistema electromecánico de conversión energética diseñado para transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica, mediante la interacción aerodinámica entre el flujo de aire y un rotor, acoplado a un generador eléctrico. Los aerogeneradores son una alternativa renovable importante, pero su rendimiento depende de la variabilidad del viento, por lo que se recomienda integrar los

en sistemas híbridos con energía solar para garantizar un suministro más estable (Nahui Ortiz, 2021).

Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica

El almacenamiento energético mediante **baterías** permite compensar la intermitencia de las fuentes renovables y garantizar el suministro durante periodos sin generación. En sistemas híbridos, el banco de baterías cumple un rol fundamental para **mejorar la confiabilidad y estabilidad del sistema eléctrico**.

Las baterías estacionarias, como las de tipo plomo-ácido OPzS o ion-litio, se seleccionan considerando parámetros como **capacidad nominal, profundidad de descarga (DoD), vida útil, eficiencia y costos**. Un adecuado dimensionamiento del sistema de almacenamiento es clave para asegurar la continuidad energética y prolongar la vida útil de los equipos.

Sistemas de conversión y control de energía

Los sistemas de conversión incluyen **reguladores de carga MPPT e inversores**, cuya función es adecuar la energía generada y almacenada para su uso en corriente alterna. Los reguladores MPPT optimizan la extracción de potencia de los módulos fotovoltaicos, mientras que los inversores permiten suministrar energía con niveles de tensión y frecuencia adecuados para las cargas.

Por su parte, los sistemas de gestión energética (EMS) permiten **coordinar la operación de las diferentes fuentes**, priorizando el uso de energías renovables, reduciendo el consumo de fuentes convencionales y mejorando la eficiencia global del sistema (Vásquez Díaz, 2022).

Evaluación técnica de sistemas energéticos

La evaluación técnica de un sistema integrado multi-energía comprende el análisis del **dimensionamiento de los componentes**, la confiabilidad del suministro, la eficiencia energética y la capacidad del sistema para cubrir la demanda eléctrica. Este análisis permite verificar que la configuración seleccionada cumpla con los requerimientos operativos del fundo, considerando factores como continuidad del servicio, seguridad eléctrica y escalabilidad futura (Vásquez Díaz, 2022).

Evaluación económica de proyectos energéticos

La evaluación económica tiene como finalidad determinar la **viabilidad financiera** de un proyecto energético mediante el análisis de costos y beneficios a lo largo de su vida útil. Entre los principales indicadores económicos se encuentran el **Valor Actual Neto (VAN)**, la **Tasa Interna de Retorno (TIR)** y la **Relación Beneficio/Costo (B/C)**.

En proyectos rurales y agroindustriales, estos indicadores deben complementarse con criterios de **seguridad energética, reducción de riesgos operativos y sostenibilidad**, ya que los beneficios técnicos, sociales y ambientales no siempre se reflejan completamente en los resultados financieros (Ruiz Torres, 2021).

Importancia de los sistemas multi-energía en el sector agrícola

En el sector agrícola, la disponibilidad continua de energía eléctrica es un factor crítico para el funcionamiento de sistemas de riego, bombeo y procesamiento. Los sistemas integrados multi-energía contribuyen a **mejorar la productividad agrícola, reducir costos operativos y disminuir el impacto ambiental**, fortaleciendo la sostenibilidad del desarrollo rural (Ruiz Torres, 2021).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada

La tecnología que está enfocada en la evaluación técnico económica de un sistema integrado multi energía para suministrar energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá, es una tecnología aplicada principalmente en zonas rurales, buscando solucionar la falencia de suministro de energía eléctrica con las redes convencionales.

El tipo de investigación que se está realizando en este momento tiene un enfoque claramente aplicado, dado que su propósito fundamental es el suministro de energía eléctrica empleando para ello las energías primarias existentes en el fundo Vásquez.

3.1.2. Diseño de investigación: No experimental

El tipo de diseño que se está utilizando en la investigación actualmente en curso puede clasificarse como No Experimental. Esto se debe a que, en este enfoque particular, no se llevan a cabo manipulaciones deliberadas de las variables que están siendo analizadas en el contexto del estudio. En otras palabras, lo que estamos tratando de decir es que nos referimos a un tipo de investigaciones en las que no alteramos de manera intencionada las variables independientes, ya que nuestro objetivo es observar con atención cómo estas variables influyen en otras variables que forman parte del estudio que estamos llevando a cabo.

3.2. Población y muestra

La población: Lo constituye el fundo Vásquez – Collique – Pucalá.

La muestra: Es igual a la población y está conformada por el fundo Vásquez – Collique – Pucalá.

3.3. Hipótesis

La evaluación técnico-económica de un sistema integrado multi energía permitirá determinar una alternativa viable para suministrar energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá, garantizando continuidad del servicio, adecuada calidad de tensión y reducción de los costos energéticos frente al abastecimiento convencional o mediante grupo electrógeno aislado.

3.4. Variables - Operacionalización

X: Variable independiente: Evaluación técnico económica de un sistema integrado multi energía.

Y: Variable dependiente: Suministro de energía eléctrica.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Independientes				
<i>Sistema integrado multi energía</i>	Es un sistema energético que integra de manera coordinada diversas fuentes de generación eléctrica, sistemas de almacenamiento y equipos de conversión y control, con el fin de garantizar un suministro eléctrico confiable, eficiente y sostenible para una determinada demanda	En la presente investigación, el sistema integrado multi-energía se evalúa mediante el diseño y dimensionamiento de un sistema híbrido solar-eólico, con paneles FV, aerogenerador, banco de baterías, inversor, reguladores MPPT y su integración con un sistema de respaldo diésel, considerando criterios técnicos y económicos aplicables al fundo Vásquez – Collique – Pucalá. .	Generación eléctrica Sistema de almacenamiento Sistema de conversión	Potencia instalada FV(KWp) y Eólica (kW), energía generada (kWh/año) Capacidad del banco de baterías (kWh), tensión del sistema (V), días de autonomía Potencia nominal del inversor (kW), eficiencia del inversor (%)
Dependientes				
<i>Desempeño técnico-económico del suministro eléctrico</i>	Es el grado en que un sistema energético satisface la demanda eléctrica de una instalación, garantizando continuidad del suministro, eficiencia operativa y viabilidad económica a lo largo de su vida útil. (UNE-EN 13306, 2017)	El desempeño técnico-económico del suministro eléctrico se mide a través de indicadores técnicos de confiabilidad y cobertura energética, así como mediante indicadores económicos obtenidos del análisis de costos y beneficios del sistema integrado multi-energía implementado en el fundo	Continuidad del suministro Confiabilidad del sistema Eficiencia energética	Horas de interrupción/año Razón o proporción Nivel de respaldo energético (%) Rendimiento global del sistema (%)

Nota: Elaboración Propia

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

Análisis Documental

Un conjunto organizado de una serie de actividades variadas que se llevan a cabo con el propósito de obtener documentos que están relacionados con un tema en particular. El objetivo principal de estas actividades es mejorar la comprensión y el nivel de conocimiento sobre dicho tema, que se percibe como insuficiente o inadecuado en ciertos aspectos o áreas específicas (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018).

Recolección de Datos

Se trata de una herramienta que se utiliza en el ámbito de la investigación y que cuenta con un conjunto de procedimientos estandarizados. Esta herramienta se aplica a un grupo específico de sujetos seleccionados como muestra, lo cual facilita la recolección de datos de manera sistemática en un entorno de campo (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018).

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Se utilizaron las herramientas mencionadas a continuación, las cuales guardan una relación directa y estrecha con los métodos empleados en el proceso:

Ficha de análisis documental

Se trata de un documento físico que contiene de manera tangible las ideas que han sido previamente analizadas utilizando la técnica conocida como fichaje. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante este instrumento se analizó las diversas fuentes bibliográficas relacionadas a sistema integrado multi energía para suministrar energía eléctrica.

Ficha de recolección de datos

Es el documento físico mediante el cual se recopila la información de campo

útil para la investigación. (Sanchez, Reyes, & Mejía, 2018). Mediante este instrumento se recopiló información de las diferentes energías que se pueden aprovechar en el fundo Vásquez.

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

La finalidad primordial de este procedimiento es realizar un análisis completo y detallado de un conjunto concreto de datos, con la meta de extraer conclusiones relevantes y significativas acerca de la información recopilada. Esto permitirá establecer una base sólida para fundamentar y facilitar la toma de decisiones que sean bien informadas y acertadas.

En el contexto de la investigación que se está desarrollando en este momento, se ha realizado un meticuloso proceso de recolección de datos acerca de las necesidades relacionadas con el suministro de energía eléctrica dentro del fundo conocido como Vásquez. En una etapa posterior, esta información que es considerada de gran valor será sometida a un exhaustivo proceso de análisis mediante la aplicación de diferentes métodos de estadística descriptiva, todo con el propósito de generar conclusiones que sean realmente significativas y útiles. La estadística descriptiva es una rama de la estadística que se dedica a la recolección y al análisis detallado de información. Su objetivo principal es facilitar la obtención de frecuencias, así como de diversas medidas de tendencia central, que son los valores que indican dónde se encuentra la mayoría de los datos, y de medidas de dispersión, que nos muestran la variabilidad o el grado de dispersión que presentan los datos que hemos recogido en nuestro estudio.

Los datos que han sido citados anteriormente fueron clasificados y estructurados en diversos intervalos o rangos específicos, y luego de este proceso, fueron analizados utilizando el cálculo de la media aritmética para obtener un mejor

entendimiento de la información presentada. Este procedimiento nos ofreció una valiosa oportunidad para llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la confiabilidad de cada una de las unidades que están siendo consideradas en este análisis. La media aritmética, la cual se define como el resultado de sumar un conjunto específico de valores y luego dividir esa suma por el total de elementos que componen ese conjunto, es considerada por muchos expertos como la medida estadística de tendencia central más importante y significativa dentro del ámbito de la estadística. La discrepancia que se presenta entre el valor máximo alcanzado y documentado dentro de un conjunto específico de datos y el valor mínimo que ha sido observado en ese mismo conjunto de datos se emplea como base para realizar el cálculo del rango. Este rango, por otro lado, actúa como una herramienta útil que permite representar de forma cuantitativa el tamaño o la amplitud de los diversos valores que se encuentran en los datos que han sido analizados.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de los requerimientos de energía eléctrica en el fundo Vásquez – Collique - Pucalá

El fundo Vásquez desarrolla principalmente actividades agrícolas que demandan energía eléctrica para el funcionamiento de sistemas de riego por bombeo, equipos electromecánicos, iluminación de áreas operativas, oficinas administrativas y otros servicios auxiliares necesarios para el proceso productivo.

La demanda eléctrica del fundo presenta una **variabilidad significativa** en función de los ciclos agrícolas, los horarios de riego y las condiciones climáticas, concentrándose los mayores consumos durante las horas diurnas, coincidiendo con la operación continua de bombas eléctricas y maquinaria agrícola.

El sistema de riego constituye el **principal consumidor de energía eléctrica**, debido a la potencia instalada de los equipos de bombeo y a sus prolongados tiempos de operación, lo que genera picos de demanda que superan la capacidad óptima del sistema de suministro eléctrico existente.

El diagnóstico evidencia que la **potencia eléctrica requerida** para la operación simultánea de los equipos supera, en determinados periodos, la potencia contratada o disponible, ocasionando caídas de tensión, disparos de protecciones y paradas no programadas de los procesos productivos.

La calidad del suministro eléctrico se ve afectada por **variaciones de tensión y frecuencia**, lo que incrementa el riesgo de fallas en motores eléctricos, reduce la eficiencia energética y acelera el deterioro de los equipos electromecánicos del fundo.

El análisis del consumo energético permite identificar una **oportunidad de optimización**, mediante la incorporación de un sistema integrado multi-energía que

permita cubrir la demanda base y los picos de consumo, mejorar la confiabilidad del suministro y reducir los costos operativos asociados al uso exclusivo de energía convencional.

En función de los requerimientos actuales y proyectados de energía eléctrica, se hace necesario dimensionar un sistema energético que considere la demanda máxima, el perfil horario de consumo y la continuidad operativa requerida, como base para la evaluación técnico-económica de un sistema integrado multi-energía para el fundo Vásquez.

Tabla 2

Diagnóstico de cargas eléctricas del fundo Vásquez – Collique – Pucalá

Nº	Equipo / Sistema	Cantidad	Potencia unitaria (kW)	Potencia instalada (kW)	Horas de uso (h/día)	Energía diaria (kWh/día)	Observación técnica
1	Bomba eléctrica de riego principal (5 HP)	1	3.7	3.7	6	22.2	Principal carga del sistema
2	Bomba eléctrica de riego secundaria (3 HP)	1	2.2	2.2	4	8.8	Operación complementaria
3	Iluminación áreas operativas	20	0.06	1.2	8	9.6	Luminarias LED
4	Equipos administrativos (PC, impresora)	5	0.3	1.5	5	7.5	Consumo moderado
TOTAL				8.6	kW	48.1	kWh/día

Nota: Elaboración propia

Los requerimientos de energía eléctrica en el fundo Vásquez es: una Potencia de 8,6 kW y una energía diaria de 48,1 kW-h/día.

4.2. Aplicación de la matriz morfológica para determinar los componentes del sistema integrado multi energía.

La matriz morfológica es una herramienta de análisis que permite identificar, comparar y seleccionar combinaciones viables de soluciones técnicas para sistemas complejos, a partir de la descomposición del problema en funciones o subsistemas

fundamentales.

En la presente investigación, la matriz morfológica se aplica con la finalidad de determinar los componentes óptimos del sistema integrado multi-energía para el suministro de energía eléctrica al fundo Vásquez – Collique – Pucalá, considerando los siguientes criterios:

Tabla 3

Criterios de evaluación y ponderación

Criterio	Descripción	Ponderación
Eficiencia energética	Capacidad del sistema para transformar y aprovechar eficazmente la energía disponible	0,25
Costo de inversión	Nivel de inversión inicial requerido para implementar la alternativa	0,20
Confiabilidad	Capacidad del sistema para garantizar continuidad y estabilidad en el servicio eléctrico	0,20
Mantenimiento	Simplicidad operativa y menor requerimiento de mantenimiento técnico	0,15
Adaptabilidad al recurso local	Grado de compatibilidad de la alternativa con la radiación solar y velocidad del viento de la zona	0,20
Total		1,00

Nota: Elaboración propia

A. Alternativas de configuración del sistema

Se comparan tres configuraciones viables:

- **Alternativa A:** Sistema solar fotovoltaico + baterías + grupo electrógeno
- **Alternativa B:** Sistema eólico + baterías + grupo electrógeno
- **Alternativa C:** Sistema híbrido solar-eólico + baterías + grupo electrógeno

B. Matriz de decisión ponderada

Escala de valoración:

- 1 = Muy deficiente
- 2 = Deficiente
- 3 = Regular

- 4 = Bueno
- 5 = Muy bueno

Tabla 4

Matriz de decisión ponderada

Criterio	Peso	Alt. A Solar	Puntaje A	Alt. B Eólica	Puntaje B	Alt. C Solar- Eólica	Puntaje C
Eficiencia energética	0,25	4	1,00	3	0,75	5	1,25
Costo de inversión	0,20	4	0,80	3	0,60	3	0,60
Confiabilidad	0,20	4	0,80	3	0,60	5	1,00
Mantenimiento	0,15	4	0,60	3	0,45	4	0,60
Adaptabilidad al recurso local	0,20	5	1,00	3	0,60	5	1,00
Total	1,00		4,20		3,00		4,45

Nota: Elaboración propia

C. Selección de la mejor alternativa

De acuerdo con la evaluación ponderada:

- **Alternativa A:** 4,20
- **Alternativa B:** 3,00
- **Alternativa C:** 4,45

La **mejor alternativa** es la **Alternativa C: sistema híbrido solar-eólico con baterías y grupo electrógeno de respaldo**, porque obtiene el mayor puntaje total.

D. Sustento técnico de la selección

La **alternativa C** resulta la más conveniente porque:

- Aprovecha de manera conjunta la **radiación solar** y la **velocidad del viento** disponibles en la zona;
- Mejora la **confiabilidad del suministro**, al no depender de una sola fuente renovable;

- Reduce la necesidad de operación del grupo electrógeno;
- Permite mayor continuidad del servicio en periodos de baja radiación o variación del viento;
- Ofrece mejor desempeño técnico integral, aunque su inversión inicial sea ligeramente mayor.

E. Matriz morfológica final seleccionada

Tabla 5

Matriz morfológica final seleccionada

Función del sistema	Alternativa seleccionada
Generación principal 1	Paneles fotovoltaicos monocristalinos
Generación principal 2	Aerogenerador de eje horizontal
Conversión de energía	Inversor híbrido
Almacenamiento	Baterías de litio LiFePO4
Control	Controlador MPPT híbrido
Distribución	Red AC 380 V
Respaldo	Grupo electrógeno diésel

Nota: Elaboración propia

La aplicación de la matriz morfológica con ponderación permitió evaluar tres configuraciones energéticas viables para el fundo Vásquez – Collique – Pucalá, considerando criterios de eficiencia energética, costo de inversión, confiabilidad, mantenimiento y adaptabilidad al recurso local. Ponderada, la alternativa de sistema híbrido solar-eólico con baterías y grupo electrógeno de respaldo obtuvo el mayor puntaje total de 4.45, superando a la alternativa solar con respaldo diésel, que alcanzó 4.20, y a la alternativa eólica con respaldo diésel, con 3.00. En consecuencia, se seleccionó la configuración híbrida solar-eólica por presentar el mejor desempeño técnico-económico para garantizar el suministro eléctrico del fundo.

4.3. Cálculo y selección de los componentes del sistema integrado multi energía

El dimensionamiento preliminar del sistema fotovoltaico se realizó tomando como base el diagnóstico de cargas eléctricas del fundo Vásquez – Collique – Pucalá, el cual determinó una demanda energética diaria aproximada de 48,10 kWh/día, concentrada principalmente en horario diurno.

A. Determinación del recurso energético

a. Estimación de la Radiación Solar

Considerando la información proporcionada por la Estación Meteorológica SIPAN, ubicada en Latitud 6°48.5'5" y Longitud 79°36'07" ubicada en el distrito de Saña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, distante a unos 12 km del fundo Vásquez.

Tabla 6

Radiación Solar Diaria (kW-h/m2-día)

Mes	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Enero	6,154	6,266	5,886	6,042	5,770	5,796	6,201	5,892	6,056	6,023	6,041
Febrero	5,958	6,254	6,579	6,293	6,071	5,686	6,448	6,637	6,452	6,554	6,025
Marzo	6,299	6,578	6,413	6,622	6,465	6,292	6,685	6,860	6,190	6,575	6,594
Abril	6,802	6,791	6,386	6,475	6,678	6,516	6,752	6,803	6,634	6,462	6,534
Mayo	6,171	6,696	6,493	5,786	6,368	6,403	6,321	6,449	6,099	5,545	5,897
Junio	6,085	5,552	5,847	5,541	5,597	6,289	5,548	6,135	6,027	5,690	5,721
Julio	5,668	5,721	5,928	5,602	5,558	6,094	5,561	5,993	6,006	6,097	6,145
Agosto	5,906	5,695	5,723	5,540	5,222	5,837	5,748	6,295	6,181	6,044	5,971
Septiembre	6,021	6,469	6,161	6,019	5,807	6,240	6,605	5,535	6,380	6,721	6,566
Octubre	6,316	6,358	5,706	6,025	6,489	6,230	6,603	6,235	6,325	6,320	6,370
Noviembre	6,026	6,279	6,183	6,226	5,584	6,224	6,313	6,277	6,098	6,308	5,748
Diciembre	5,973	5,977	5,903	6,258	5,726	6,122	5,787	6,112	6,195	6,098	5,910

Nota: Estación meteorológica SIPAN

De la Tabla anterior, podemos deducir que el valor de radiación mínima es de 5,22 kW-h/m²/día, y para los cálculos tomaremos la **radiación de 5,22 kW-h/m²/día.**

b. Velocidad del Viento

Considerando la información proporcionada por la Estación Meteorológica SIPAN, ubicada en Latitud 6°48.5'5" y Longitud 79°36'07" ubicada en el distrito de Zaña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, distante a unos 12 km del fundo Vásquez.

Tabla 7

Velocidad del viento (m/s)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2014	4,8	4,7	4,6	4,9	5,1	5,4	5,7	5,9	5,5	5,2	5,0	4,9
2015	4,9	4,8	4,7	5,0	5,2	5,5	5,8	6,0	5,6	5,3	5,1	5,0
2016	4,7	4,6	4,5	4,8	5,0	5,3	5,6	5,8	5,4	5,1	4,9	4,8
2017	4,6	4,5	4,4	4,7	4,9	5,2	5,5	5,7	5,3	5,0	4,8	4,7
2018	4,8	4,7	4,6	4,9	5,1	5,4	5,7	5,9	5,5	5,2	5,0	4,9
2019	4,9	4,8	4,7	5,0	5,2	5,5	5,8	6,0	5,6	5,3	5,1	5,0
2020	4,7	4,6	4,5	4,8	5,0	5,3	5,6	5,8	5,4	5,1	4,9	4,8
2021	4,8	4,7	4,6	4,9	5,1	5,4	5,7	5,9	5,5	5,2	5,0	4,9
2022	4,9	4,8	4,7	5,0	5,2	5,5	5,8	6,0	5,6	5,3	5,1	5,0
2023	4,8	4,7	4,6	4,9	5,1	5,4	5,7	5,9	5,5	5,2	5,0	4,9
2024	4,9	4,8	4,7	5,0	5,2	5,5	5,8	6,0	5,6	5,3	5,1	5,0

Nota: Estación meteorológica SIPAN

El valor mínimo de velocidad promedio mensual del viento registrado en la serie 2014–2024 corresponde a 4,4 m/s, observado en marzo de 2017. Este valor representa la condición de menor disponibilidad del recurso eólico en el periodo analizado. Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, velocidades inferiores a 5 m/s suelen considerarse de bajo potencial eólico para generación a gran escala, aunque pueden ser aprovechables en sistemas híbridos de pequeña potencia, especialmente cuando se combinan con generación fotovoltaica y almacenamiento en baterías. **Para los cálculos emplearemos una velocidad de viento de 4,4 m/s.**

B. Criterio de diseño del sistema híbrido

Como la velocidad del viento de **4.4 m/s** es relativamente baja, el recurso eólico debe considerarse **complementario** y no principal. Por ello, se adopta una distribución conservadora de aporte energético:

- **80 % solar**
- **20 % eólico**

Entonces:

Si la $E_{max} = \text{Energía total del sistema (kWh/día)}$

$$E_{max} = 48,10 \text{ kWh/día}$$

Entonces:

$$E_{FV} = 0,80 \times 48,10 = 38,48 \text{ kWh/día}$$

$$E_{EO} = 0,20 \times 48,10 = 9,62 \text{ kWh/día}$$

C. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Se usa la expresión:

$$P_{FV} = \frac{E_{FV}}{HSP \times PR}$$

Donde:

- $E_{FV} = 38,48$ kWh/día
- $HSP = 5,22$ h/día
- $PR = 0,75$ rendimiento global del sistema

Sustituyendo:

$$P_{FV} = \frac{38,48}{5,22 \times 0,75}$$

$$P_{FV} = 9,83 \text{ kWp}$$

Selección de paneles

Se considera:

- Panel: 575 W
- $V_{mp} = 41V$
- Sistema: 48 V
- MPPT: 250 V máx.

Cálculo en serie:

$$N_s = \frac{250}{41} \approx 6 \text{ paneles}$$

Configuración:

- 18 paneles → **3 strings de 6 paneles en serie**
- Voltaje string:

$$V = 6 \times 41 = 246V$$

En paralelo:

- 3 strings en paralelo
- ✓ Configuración final: **6S x 3P = 18 paneles**

Potencia instalada real

$$P_{inst} = 18 \times 575 = 10,35 \text{ kWp}$$

Energía diaria esperada del campo FV

$$E_{FV-real} = 10,35 \times 5,22 \times 0,75$$

$$E_{FV-real} = 40,51 \text{ kWh/día}$$

D. Dimensionamiento del sistema eólico

La energía requerida del subsistema eólico es:

$$E_{EO} = 9,62 \text{ kWh/día}$$

La potencia media necesaria será:

$$P_{EO-prom} = \frac{9,62}{24} = 0,401 \text{ kW}$$

Para estimar la potencia entregada por el aerogenerador a 4.4 m/s, se usa:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p \eta$$

Donde:

- $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$
- $A = \frac{\pi D^2}{4}$
- $V = 4,4 \text{ m/s}$
- $C_p = 0,35$
- $\eta = 0,90$

Se selecciona un **aerogenerador de eje horizontal** con diámetro aproximado del rotor:

$$D = 5,5 \text{ m}$$

Entonces:

$$A = \frac{\pi(5,5)^2}{4} = 23,76 \text{ m}^2$$

Ahora:

$$P = \frac{1}{2}(1,225)(23,76)(4,4)^3(0,35)(0,90)$$

$$P \approx 0,391 \text{ kW}$$

Energía diaria estimada del aerogenerador

$$E_{EO-real} = 0,391 \times 24$$

$$E_{EO-real} = 9,38 \text{ kWh/día}$$

Este valor es muy cercano al objetivo de 9,62 kWh/día

Por lo que la selección es técnicamente aceptable.

Selección del aerogenerador

Se recomienda:

- **1 aerogenerador de eje horizontal**
- **Potencia nominal comercial: 5 kW**
- **Rotor aproximado: 5,5 m**
- **Torre metálica: 12 a 18 m**

La potencia nominal comercial se adopta porque a 4,4 m/s el equipo no trabaja a plena capacidad; sin embargo, sí puede aportar el promedio calculado como complemento del campo fotovoltaico.

E. Verificación de energía total del sistema híbrido

$$E_{total} = E_{FV-real} + E_{EO-real}$$

$$E_{total} = 40,51 + 9,38 = 49,89 \text{ kWh/día}$$

Comparando con la demanda:

$$49,89 > 48,10 \text{ kWh/día}$$

Entonces, el sistema propuesto **sí cubre la demanda máxima diaria**.

F. Dimensionamiento del banco de baterías LiFePO4

Se considera:

- **1 día de autonomía**
- **Profundidad de descarga: $DoD = 80\%$**
- **Voltaje del banco: 48 V**

La capacidad en kWh del banco será:

$$C_{bat} = \frac{48,10 \times 1}{0,80} = 60,13 \text{ kWh}$$

La capacidad en Ah:

$$Ah = \frac{60130}{48} = 1252,7 \text{ Ah}$$

Selección comercial

Si se usan módulos **LiFePO4 de 48 V y 200 Ah**:

Energía por módulo:

$$E_{mod} = 48 \times 200 = 9600 \text{ Wh} = 9,6 \text{ kWh}$$

Número de módulos:

$$N_{bat} = \frac{60,13}{9,6} = 6,26$$

Se redondea a:

$$N_{bat} = 7 \text{ módulos}$$

Capacidad total instalada

$$E_{bat-inst} = 7 \times 9,6 = 67,2 \text{ kWh}$$

Capacidad útil al 80 %:

$$E_{util} = 67,2 \times 0,80 = 53,76 \text{ kWh}$$

La capacidad útil supera la demanda diaria, por lo que es adecuada

G. Estructuras de soporte para paneles FV:

La estructura de soporte está diseñada para soportar 18 módulos fotovoltaicos con una inclinación de 15° a 20°, orientados al norte geográfico. La separación entre filas es de aproximadamente 4 m para evitar sombras, considerando la latitud de la zona.

Figura 1

Estructura de soporte metálica inclinada para terreno



Nota: (Sánchez Silva, 2019)

En el proceso de elección de la estructura adecuada, se tomará en cuenta la factibilidad para la instalación de paneles que cuenten con las dimensiones específicas requeridas, además de evaluar la capacidad máxima necesaria para alojar un total de hasta 08 módulos de energía fotovoltaica (FV). Es fundamental resaltar que dicha estructura debe ser suficientemente robusta para tolerar vientos que alcancen velocidades de hasta 110 kilómetros por hora.

Figura 2

Cuadro de velocidades máximas admisibles de viento

Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento						
Tamaño del módulo	4	6	8	10	12	n° de módulos
2279x1150	150	150	110	150	130	Velocidad de viento km/h

Nota: (Sánchez Silva, 2019)

H. Selección del inversor híbrido

Para estimar la potencia del inversor, se toma como referencia una operación equivalente de 8 horas/día:

$$P_{prom} = \frac{48,10}{8} = 6,01 \text{ kW}$$

Aplicando factor de simultaneidad y margen del 25 %:

$$P_{inv} = 6,01 \times 1,5 \times 1,25$$

$$P_{inv} = 11,27 \text{ kW}$$

Selección

Se recomienda:

- **1 inversor híbrido de 12 kW**
- salida **380 Vac**
- banco de baterías **48 Vdc**

También puede seleccionarse comercialmente un equipo de **15 kW** si existen cargas inductivas como bombas o motores.

I. Selección del controlador MPPT

La corriente total de carga aproximada desde el campo FV es:

$$I = \frac{10350}{48} = 215.6 \text{ A}$$

Por seguridad no se debe trabajar al límite, por lo que se recomienda:

- **2 controladores MPPT de 120 A**
- capacidad total:

$$I_{total} = 240 \text{ A}$$

Esto permite manejar el campo de 10,35 kWp con margen operativo.

J. Selección del grupo eléctrico de respaldo

El grupo eléctrico se incorpora como respaldo ante:

- días de baja radiación
- baja velocidad del viento
- mantenimiento del sistema
- contingencias

Si el inversor es de 12 kW y se considera factor de potencia 0.8:

$$S = \frac{12}{0,8} = 15 \text{ kVA}$$

Con margen de seguridad:

$$S_{sel} = 20 \text{ kVA}$$

Selección

- **Grupo eléctrico diésel de 20 kVA**
- salida 380 V AC
- arranque automático o manual asistido

K. Dispositivos de protección

- Interruptores DC
- Fusibles por string
- DPS AC/DC
- Interruptores termomagnético

L. Configuración final seleccionada del sistema híbrido

Tabla 8

Configuración final seleccionada del sistema híbrido

Componente	Cantidad	Selección técnica	Marca recomendada	Modelo referencial
Paneles fotovoltaicos	18 unidades	Panel monocristalino 575 Wp	JA Solar	JAM72S30-575/MR
Potencia fotovoltaica instalada	—	10.35 kWp	JA Solar	Tecnología PERC
Aerogenerador eje horizontal	1 unidad	Potencia nominal 5 kW	Bornay	Bornay 6000
Rotor eólico	1 unidad	Diámetro aproximado 5.5 m	Bornay	Fibra reforzada
Torre eólica	1 unidad	Torre tubular 15 m	Bornay	Torre galvanizada
Banco de baterías LiFePO4	7 unidades	48 V – 200 Ah	Pylontech	Force-L2
Capacidad total del banco de baterías	—	67.2 kWh	Pylontech	LiFePO4
Inversor híbrido	1 unidad	12 kW – 380 Vac – 48 Vdc	Victron Energy	Quattro 48/15000
Controladores de carga MPPT	2 unidades	120 A	Victron Energy	SmartSolar MPPT 250/100
Sistema de monitoreo energético	1 unidad	Supervisión remota	Victron Energy	Cerbo GX
Grupo electrógeno diésel	1 unidad	20 kVA	Perkins / FG Wilson	P22-1
Tablero de distribución AC	1 unidad	Red 380 V Trifásica	Schneider Electric	Tablero modular
Protecciones eléctricas AC/DC	1 conjunto	Interruptores, fusibles y DPS	Schneider Electric	Acti9
Estructura soporte paneles solares	1 sistema	Estructura aluminio galvanizado	K2 Systems / SolarMount	Sistema de montaje FV
Cableado eléctrico solar DC	120 m aprox.	Cable solar 6 mm²	Top Cable / Prysmian	Cable PV1-F

Cableado eléctrico AC	80 m aprox.	Cable eléctrico 10 mm²	Indeco / Nexans	Cable THHN
------------------------------	-------------	--	-----------------	------------

Nota: Elaboración propia

A continuación, presentamos las ventajas de las marcas seleccionadas:

JA Solar

- Alta eficiencia (>21%)
- Amplia disponibilidad en Latinoamérica
- Buena relación costo/beneficio

Bornay

- Fabricante europeo especializado en **microgeneración eólica**
- Diseñado para velocidades bajas de viento

Victron Energy

- Referente mundial en **sistemas híbridos**
- Alta confiabilidad y monitoreo avanzado

Pylontech

- Líder en **baterías LiFePO4 para sistemas solares**
- Alta vida útil (>6000 ciclos)

Perkins / FG Wilson

- Alta confiabilidad en **grupos electrógenos rurales**

Schneider Electric

- Protecciones eléctricas certificadas internacionalmente

M. Resumen técnico del sistema híbrido

Tabla 9

Resumen técnico del sistema híbrido

Parámetro	Valor
Demanda energética	48.10 kWh/día
Producción fotovoltaica estimada	40.51 kWh/día
Producción eólica estimada	9.38 kWh/día
Energía total generada	49.89 kWh/día
Potencia solar instalada	10.35 kWp
Potencia nominal eólica	5 kW
Capacidad del banco de baterías	67.2 kWh
Potencia del inversor	12 kW
Potencia del generador de respaldo	20 kVA

Nota: Elaboración propia

4.4. Evaluación económica que implica el sistema integrado multi energía

A. Costos de inversión (CAPEX del sistema)

Tabla 10

Costos de inversión (CAPEX del sistema)

Ítem	Cantidad	Componente descripción	/	Marca referencia	/	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)	Subtotal (S/)
1	18	Panel fotovoltaico monocristalino 575 W	575	JA Solar 575 W		99,00	1 782,00	6 157,99
2	1	Aerogenerador horizontal 6 kW, 48 V	48	Bornay 6000		11,896,00	11 896,00	41 102,05
3	1	Banco de baterías LiFePO4 equivalente 67.2 kWh	67.2	Referencia 48 V / 10 kWh		11 725,00	11 725,00	40 511,05
4	1	Inversor híbrido 48 V / 15 kVA	48	Victron Quattro 48/15000		3 036,99	3 036,99	10 493,09
5	2	Controlador MPPT 250/100		Victron SmartSolar		488,00	976,00	3 372,18
6	1	Sistema monitoreo de		Victron Cerbo GX MK2		248,20	248,20	857,52

7	1	Grupo electrógeno diésel 20–22 kVA	FG Wilson P22	12 350,00	12 350,00	42 670,49
8	1	Tablero AC/DC, breakers, DPS y protecciones	Schneider / equivalente	1 200,00	1 200,00	4 146,12
9	1	Estructura de soporte para 18 paneles	Aluminio/galvanizado	1 600,00	1 600,00	5 528,16
10	1	Torre eólica tubular galvanizada 15 m	Referencial	2 500,00	2 500,00	8 637,75
11	1	Cableado DC/AC, conectores, canalización	Referencial	900,00	900,00	3,109,59
12	1	Sistema de puesta a tierra y pararrayos	Referencial	650,00	650,00	2,245,82
13	1	Ingeniería, montaje y puesta en marcha	Referencial	4 500,00	4 500,00	15 547,95
SUBTOTAL CAPEX					53 364,19	184 378,61
Imprevistos (10%)					5 336,42	18 437,86
CAPEX TOTAL ESTIMADO					58 700,61	202 816,47

Nota: Elaboración propia. Tipo de cambio de referencia usado: 1 USD = S/ 3.4551.

B. Evaluación económica

a. Datos de partida

Se consideran los siguientes datos:

- Demanda máxima diaria: **48.10 kWh/día**
- Demanda anual: **17,556.5 kWh/año**
- CAPEX total del sistema híbrido: **S/ 202,816.47**
- Rendimiento del grupo electrógeno diésel: **3.5 kWh/L**
- Precio del diésel: **S/ 5.50/L**
- Horizonte de evaluación: **20 años**
- Tasa de descuento asumida: **10% anual**

b. Costo anual del sistema convencional diésel

Si toda la demanda fuera atendida solo con grupo electrógeno, el consumo anual de combustible sería:

$$L_{anual} = \frac{17\,556,5}{3,5} = 5\,016,14 \text{ L/año}$$

El costo anual solo por combustible sería:

$$C_{comb} = 5\,016,14 \times 5,50 = 27\,588,79 \text{ S/./año}$$

Estos valores dan **5 016,14 L/año** y **S/ 27 588,79/año**.

Para una evaluación más realista, se agrega mantenimiento del generador y lubricantes, asumiendo:

$$C_{mant-diesel} = S/3\,000,00/año$$

Entonces, el costo anual del sistema convencional queda:

$$C_{conv} = 27\,588,79 + 3\,000,00 = 30\,588,79 \text{ S/./año}$$

c. Costo anual de operación del sistema híbrido

Se asume:

- Mantenimiento del sistema híbrido: **2% del CAPEX/año**
- Uso del grupo electrógeno como respaldo: **5% de la demanda anual**

c.1. Mantenimiento anual del sistema híbrido

$$C_{mant-hib} = 0,02 \times 202\,816,47 = 4\,056,33 \text{ S/./año}$$

c.2. Consumo anual de respaldo diésel

$$E_{respaldo} = 0,05 \times 17\,556,5 = 877,83 \text{ kWh/año}$$

$$L_{respaldo} = \frac{877,83}{3,5} = 250,81 \text{ L/año}$$

$$C_{comb-res} = 250,81 \times 5,50 = 1\,379,46 \text{ S/./año}$$

c.3. Mantenimiento del grupo electrógeno de respaldo

Se adopta:

$$C_{mant-res} = S/650,00/año$$

c.4. Costo anual total del sistema híbrido

$$C_{hib} = 4\,056,33 + 1\,379,46 + 650,00 = 6\,085,79 \text{ S./año}$$

d. Ahorro anual generado por el sistema híbrido

El ahorro anual respecto al sistema convencional es:

$$A_{anual} = 30\,588,79 - 6\,085,79 = 24\,503,00 \text{ S./año}$$

e. Periodo simple de recuperación

$$PRS = \frac{202\,816,47}{24\,503,00} = 8,28 \text{ años}$$

El periodo simple de recuperación es de **8,28 años**.

C. Valor Actual Neto (VAN)

Usando:

- $A_{anual} = S/24\,503,60$
- $i = 10\%$
- $n = 20 \text{ años}$

$$VAN = A \left(\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right) - CAPEX$$

El resultado es:

$$VAN = S/5\,796,49$$

Por tanto, el proyecto presenta un **VAN positivo de S/ 5 796,49**, lo cual indica viabilidad económica bajo este escenario.

a. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Probando tasas de descuento cercanas, el VAN cambia de positivo a negativo entre **10,3%** y **10,5%**, por lo que la **TIR es aproximadamente 10,4%**.

D. Resumen de indicadores económicos

Tabla 11

Resumen de indicadores económicos

Indicador	Resultado
CAPEX total	S/ 202 816,47
Demanda anual	17 556,5 kWh/año
Costo anual sistema convencional	S/ 30 588,79
Costo anual sistema híbrido	S/ 6 085,79
Ahorro anual neto	S/ 24 503,00
Periodo simple de recuperación	8,28 años
VAN (10%, 20 años)	S/ 5 796,49
TIR aproximada	10,4%

Nota: Elaboración propia

E. Cálculo del LCOE

Se toma:

- Inversión inicial: **S/ 202,816.47**
- Costo anual de operación y mantenimiento del sistema híbrido: **S/ 6,085.79/año**
- Energía anual suministrada: **17,556.5 kWh/año**
- Horizonte: **20 años**

a) LCOE simplificado de inversión

$$LCOE_{inv} = \frac{CAPEX}{E_{anual}}$$

$$LCOE_{inv} = \frac{202\,816,47}{17\,556,5} = 11,55 \text{ S./kWh}$$

Resultado: **11,55 S./kWh.**

Este valor **no es el más recomendable** porque solo considera la inversión inicial.

b) LCOE global del sistema

$$LCOE = \frac{CAPEX + (C_{O\&M} \times n)}{E_{anual} \times n}$$

$$LCOE = \frac{202\,816,47 + (6\,085,79 \times 20)}{17\,556,5 \times 20}$$

Costo total del ciclo de vida:

$$202\,816,47 + (6\,085,79 \times 20) = 324\,532,27$$

Entonces:

$$LCOE = \frac{324\,532,27}{351\,130} = 0,924 \text{ S/./kWh}$$

Resultado: **0,92 S/./kWh.**

Interpretación del LCOE

El **costo nivelado de energía** del sistema híbrido es de **S/ 0.92 por kWh**, valor que representa el costo promedio de generar electricidad durante toda la vida útil del proyecto. Este resultado es razonable para una solución aislada con almacenamiento y respaldo diésel.

F. Flujo de caja económico año por año

Supuestos usados:

- Inversión inicial: **S/ 202,816.47**
- Ahorro anual neto: **S/ 24,503.00**
- Tasa de descuento: **10%**
- Horizonte de evaluación: **20 años**

Tabla de flujo de caja

Tabla 12

Flujo de caja

Año	Flujo neto (S/.)	Flujo descontado (S/.)	Flujo acumulado (S/.)	Flujo acumulado descontado (S/.)
0	-202 816 ,47	-202 816 ,47	-202 816 ,47	-202 816 ,47
1	24 503 ,00	22 275 ,45	-178 313 ,47	-180 541 ,02
2	24 503 ,00	20 250 ,41	-153 810 ,47	-160 290 ,60
3	24 503 ,00	18 409 ,47	-129 307 ,47	-141 881 ,13
4	24 503 ,00	16 735 ,88	-104 804 ,47	-125 145 ,25
5	24 503 ,00	15 214 ,43	-80 301 ,47	-109 930 ,82
6	24 503 ,00	13 831 ,30	-55 798 ,47	-96 099 ,52
7	24 503 ,00	12 573 ,91	-31 295 ,47	-83 525 ,61
8	24 503 ,00	11 430 ,82	-6 792 ,47	-72 094 ,79
9	24 503 ,00	10 391 ,66	17 710 ,53	-61 703 ,14
10	24 503 ,00	9 446 ,96	42 213 ,53	-52 256 ,18
11	24 503 ,00	8 588 ,15	66 716 ,53	-43 668 ,03
12	24 503 ,00	7 807 ,41	91 219 ,53	-35 860 ,62
13	24 503 ,00	7 097 ,64	115 722 ,53	-28 762 ,98
14	24 503 ,00	6 452 ,40	140 225 ,53	-22 310 ,58
15	24 503 ,00	5 865 ,81	164 728 ,53	-16 444 ,77
16	24 503 ,00	5 332 ,56	189 231 ,53	-11 112 ,21
17	24 503 ,00	4 847 ,78	213 734 ,53	-6 264 ,43
18	24 503 ,00	4 407 ,07	238 237 ,53	-1 857 ,36
19	24 503 ,00	4 006 ,43	262 740 ,53	2 149 ,08
20	24 503 ,00	3 642 ,21	287 243 ,53	5 791 ,38

Nota: Elaboración propia

Resultado del flujo de caja

- **Payback simple:** entre los años **8 y 9**
- **Payback descontado:** entre los años **18 y 19**
- **VAN:** aproximadamente **S/ 5 791,38** con estos redondeos anuales, muy cercano al valor antes obtenido. Además, el cálculo directo del VAN con la anualidad da un valor aproximado de **S/ 5 796,49**.

La evaluación económica del sistema híbrido fotovoltaico–eólico se complementó mediante el cálculo del costo nivelado de energía y la elaboración del flujo de caja descontado para un horizonte de 20 años. Considerando una inversión inicial de S/ 202 816.47, un costo anual de operación y mantenimiento de S/ 6 085,79 y una producción energética anual de 17 556,5 kWh, se obtuvo un LCOE de

S/ 0,92/kWh. Asimismo, el flujo de caja económico se construyó con un ahorro anual neto de S/ 24 503,00 y una tasa de descuento del 10%, resultando un Valor Actual Neto de aproximadamente S/ 5 796,49. El periodo simple de recuperación se ubicó entre los años 8 y 9, mientras que el periodo de recuperación descontado se presentó entre los años 18 y 19. Estos resultados evidencian que el proyecto es económicamente viable y sostenible en el largo plazo.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones de la presente investigación son:

- El diagnóstico de los requerimientos energéticos del fundo Vásquez – Collique – Pucalá permitió determinar que la demanda eléctrica asciende a 48,10 kWh/día y 17 557 kWh/año, concentrándose principalmente en horario diurno y teniendo como carga predominante los sistemas de bombeo para riego. Asimismo, se evidenció que la dependencia de la red rural y del grupo electrógeno diésel genera interrupciones frecuentes, sobrecostos operativos y vulnerabilidad en la continuidad del proceso agrícola, confirmando la necesidad de una solución energética más confiable y sostenible.
- La aplicación de la matriz morfológica con ponderación permitió comparar tres alternativas de configuración energética y seleccionar como opción más conveniente la Alternativa C: sistema híbrido solar–eólico con baterías y grupo electrógeno de respaldo, al obtener el mayor puntaje total de 4,45, superando a la alternativa solar con 4,20 y a la eólica con 3,00. Esta selección se sustentó en su mayor eficiencia energética, confiabilidad de suministro y mejor adaptabilidad al recurso local disponible.
- El cálculo y selección de los componentes del sistema integrado multi-energía demostraron la viabilidad técnica de la propuesta, definiéndose una configuración conformada por generación fotovoltaica, generación eólica complementaria, banco de baterías, inversor híbrido y grupo electrógeno de respaldo, con una capacidad total estimada para cubrir la demanda del fundo. En el resumen técnico del sistema se reporta una demanda de 48,10 kWh/día, una producción fotovoltaica estimada de

40,51 kWh/día, una producción eólica de 9,38 kWh/día y una generación total de 49,89 kWh/día, por lo que el sistema propuesto satisface los requerimientos energéticos del fundo con margen técnico suficiente.

- La evaluación económica determinó que el sistema requiere un CAPEX total de S/ 202 816,47 y genera un ahorro anual neto de S/ 24 503,00, alcanzando un periodo simple de recuperación de 8,28 años, un VAN de S/ 5 796,49 y una TIR aproximada de 10,4%. En consecuencia, bajo los supuestos de evaluación adoptados en la tesis, el proyecto resulta económicamente viable y sostenible en el largo plazo, además de aportar beneficios estratégicos vinculados con la continuidad del suministro, la reducción del uso de diésel y la mejora de la sostenibilidad del fundo.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la posibilidad de instalar un sistema IoT para optimizar el riego en el fundo Vásquez.
- Se recomienda que, previo a la implementación del sistema integrado multi-energía propuesto, se realice una **campana de medición en campo** de las variables energéticas del fundo, especialmente del perfil horario de demanda, radiación solar y velocidad del viento, con la finalidad de validar los supuestos de diseño utilizados en la investigación y optimizar con mayor precisión el dimensionamiento de los componentes del sistema.
- Se recomienda evaluar, en una etapa posterior, la **implementación progresiva y monitoreada** del sistema híbrido seleccionado, incorporando un sistema de supervisión y gestión energética que permita registrar el desempeño real de los equipos, verificar los ahorros proyectados, reducir la dependencia del respaldo diésel y establecer criterios de mejora continua para futuras ampliaciones del sistema energético del fundo.

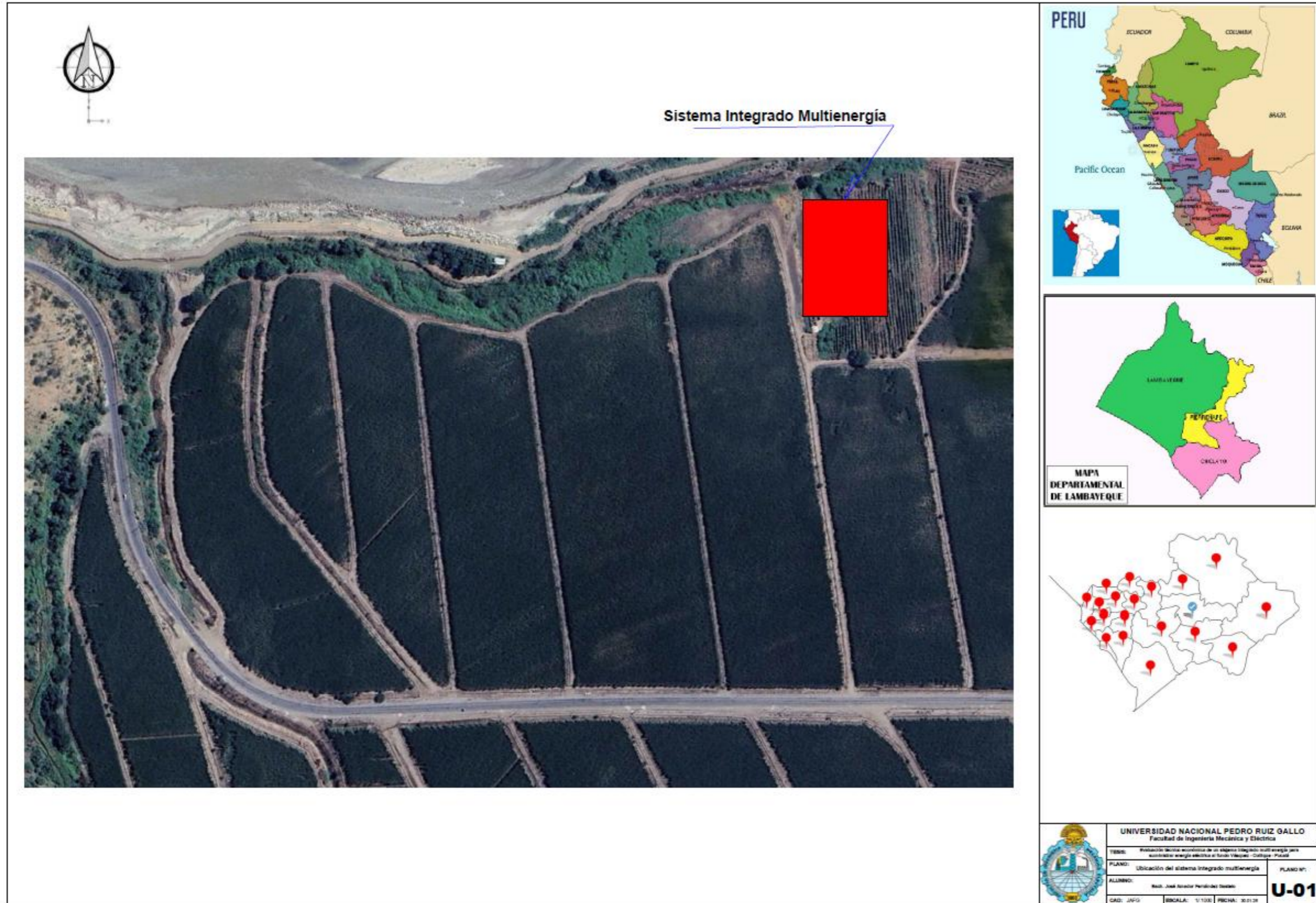
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alata Rey, J. E., & Zingg Rosell, A. F. (2024). *La energía solar fotovoltaica en los sistemas de bombeo para acueductos: una revisión sistemática*. . Lima, Perú: Revista Científica “INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación.
- Cardozo Gutiérrez, N. K., & Tamayo Zapata, D. A. (2024). *El uso de piezoeléctricos para la generación de energía sostenible como proyecto piloto en un perfil vial de Bogotá*. . Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Cruz Carrasco, M. Á. (2021). *Evaluación de un sistema híbrido solar–diésel para optimizar el suministro energético en zonas rurales de Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Gómez Castillo, J. L. (2020). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro energético en zonas rurales del norte del Perú*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Nahui Ortiz, J. (2021). *Producción de Hidrógeno a partir de Energía Eólica en un campus universitario ubicado en Lima-Perú*. . Lima : International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology.
- Pisco Vanegas, J. C. (2021). *Diseño de un sistema híbrido aislado para abastecer a la hacienda Quirola*. . Ecuador.
- Pisco Vanegas, R. (2021). *Evaluación del potencial de energía solar en el Perú para aplicaciones fotovoltaicas*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Ramos-Teodoro, J., & Giménez Miralles, A. (2020). *Simulación de escenarios de reparto económico en sistemas multi-energía*. . México.
- Ruiz Torres, M. A. (2021). *Electrificación rural mediante sistemas híbridos de energías renovables en la costa norte del Perú*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Sánchez Pérez, L. A. (2022). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico en un fundo agrícola en Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

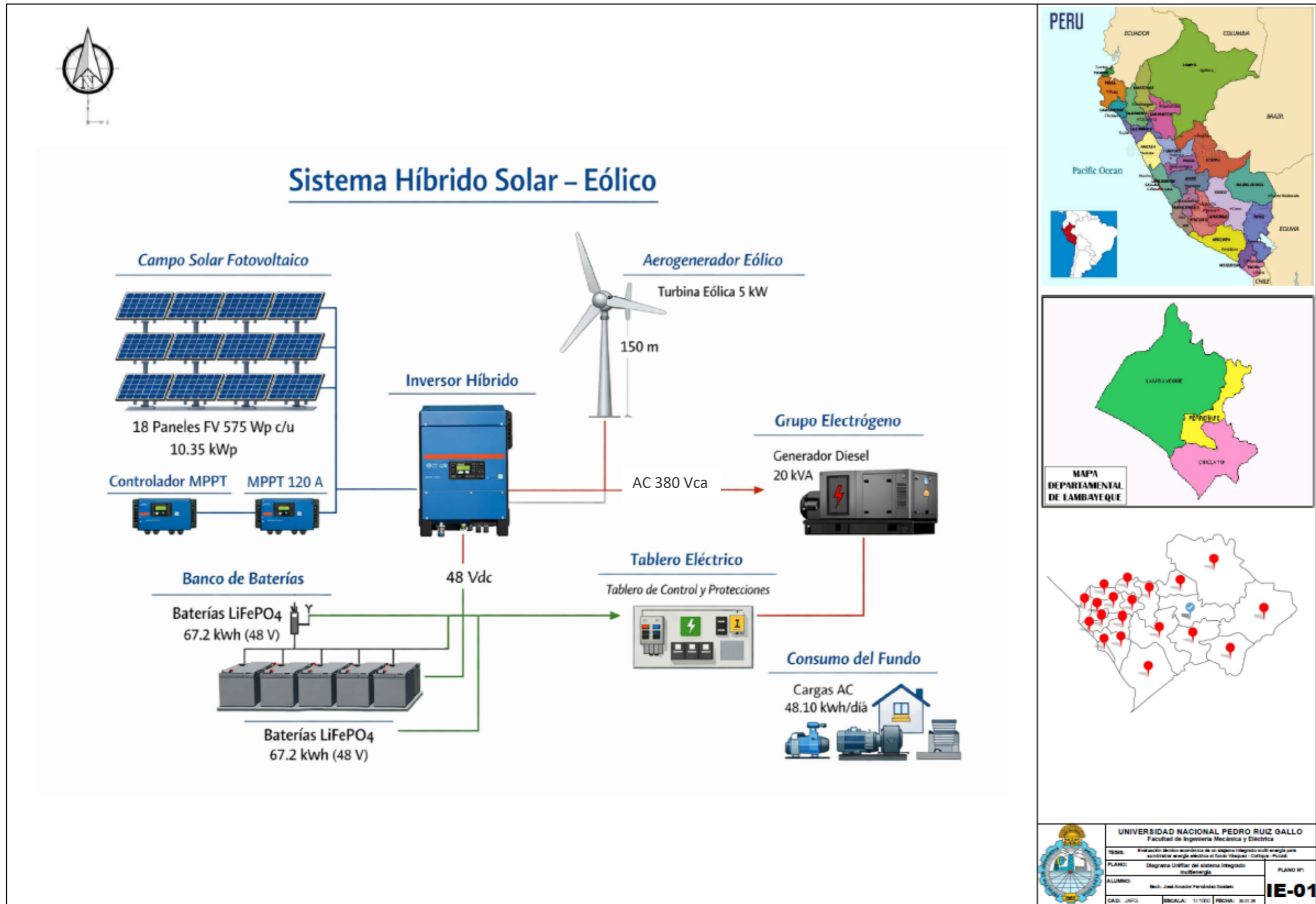
- Sánchez Silva, D. (2019). *Dimensionamiento, Selección de un Sistema Híbrido aislado para Electrificar el Caserío Pampa de Chaparri Provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Sanchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>
- Satalia Serrato, V. S. (2018). *Manual de Funcionamiento del sistema Híbrido*. Honduras.
- Torres Díaz, J. C. (2023). *Implementación de un sistema fotovoltaico para sistemas de bombeo en la agroindustria de Olmos*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Vásquez Díaz, C. R. (2022). *Evaluación técnico-económica de sistemas híbridos para el suministro eléctrico en agroindustrias de Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

ANEXOS

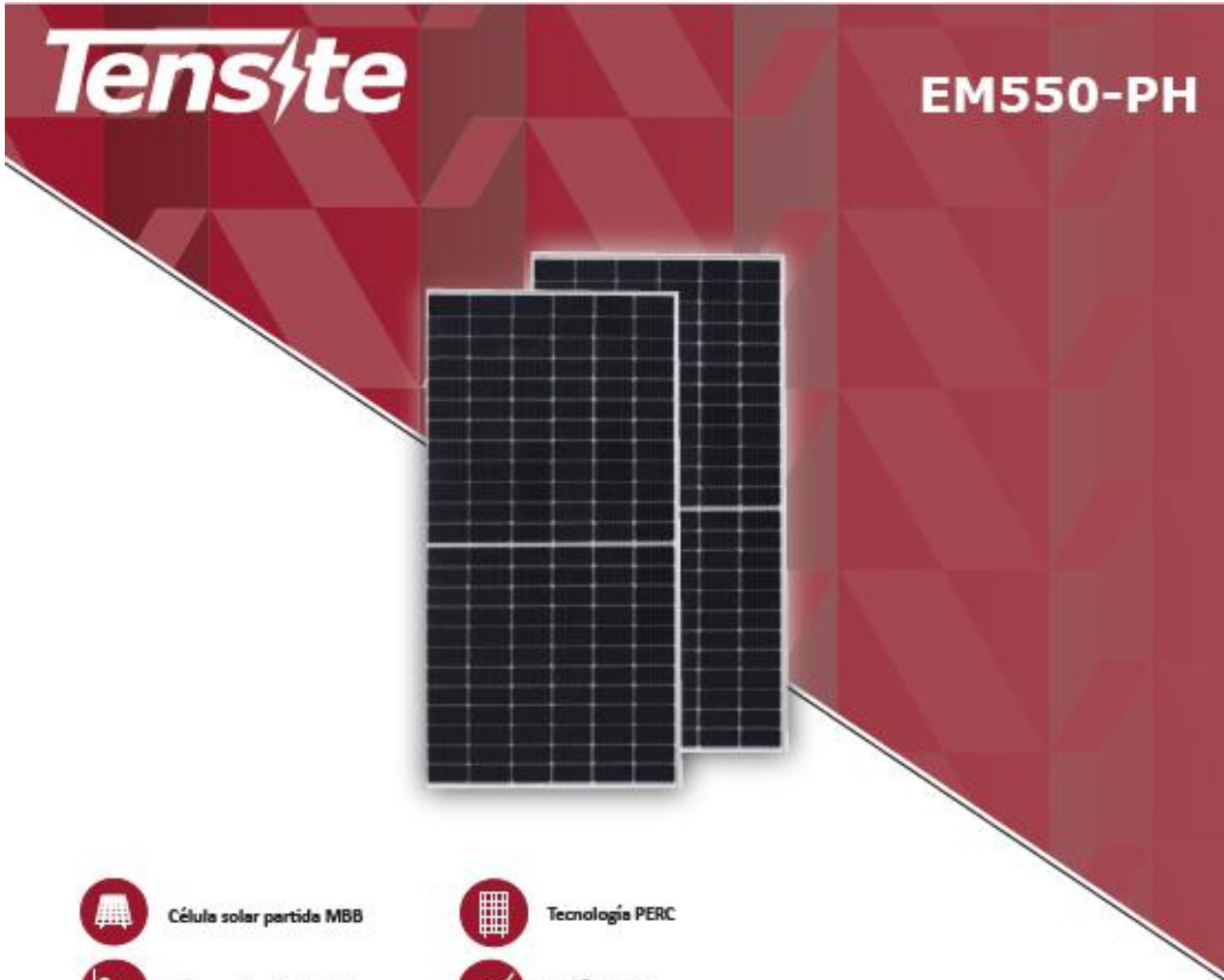
Anexo 01: Plano de Ubicación del fundo Vásquez



Anexo 02: Diagrama Unifilar del Sistema Integrado



Anexo 03: Ficha Técnica de los Paneles Fotovoltaicos



Célula solar partida MBB



Tecnología PERC



Mayor potencia de salida



Diseño ligero

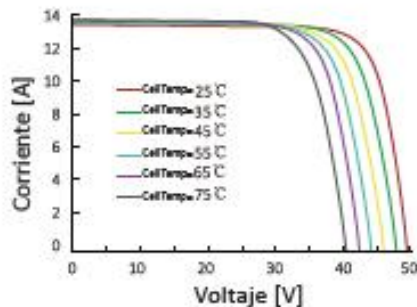


Rendimiento con poca luz



Mayor eficiencia de conversión del módulo

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



Características del módulo a temperatura de módulo variable e irradiancia de módulo constante de 1.000 W/m².



Tolerancia positiva de vatios



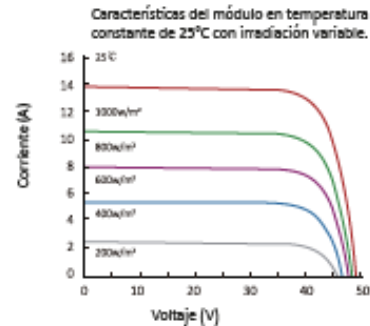
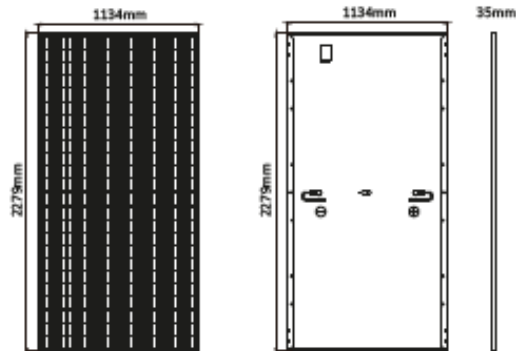
Años de garantía del producto



Años de garantía de potencia lineal

Tensite
info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com





Rendimiento eléctrico	Tipo de módulo	330M
	Máxima potencia (Wp)	350W
	Tensión máxima circuito abierto (Voc)	49.80V
	Corriente cortocircuito (Isc)	13.98A
	Tensión de potencia máxima (Vmp)	41.95V
	Corriente de potencia máxima (Imp)	13.12A
	Eficiencia del módulo	21.3%
	Fusible máximo por Serie	25A
	Número de Diodos	3
	Tolerancia positiva de vatios	0%+3%
	Condiciones de prueba estándar	1000W/m², 25°C, AM1.5
	Tensión máximo del sistema	1500V/DC
	Coefficiente de temperatura Isc	+0.048%/°C
	Coefficiente de temperatura Voc	-0.270%/°C
	Coefficiente de temperatura Pmpp	-0.350%/°C
	Temperatura de operación nominal de la célula	45±2°C
	Temperatura de funcionamiento	-40°C...+85°C
Capacidad de carga para la tapa del módulo (vidrio templado)	3400Pa (IEC61215) (nieve)	
Capacidad de carga de la parte delantera y trasera del módulo	2400Pa (IEC61215) (viento)	
Rendimiento eléctrico (NOCT)	Potencia máxima (Pmax)	416W
	Voltaje de circuito abierto (Voc)	46.8V
	Corriente de cortocircuito (Isc)	11.11A
	Tensión de alimentación máxima (Vm)	39.65V
	Corriente de potencia máxima (Imp)	10.51A
Características mecánicas	Peso	27.2kg
	Cubierta frontal	Vidrio templado bajo en hierro / 3.2 mm
	Lámina posterior (color)	TPT en blanco
	Dimensiones del módulo (L / W / H)	2279x1134 x35mm
	Célula (cantidad/material/dimensiones)	144(6x24) / silicio monocristalino, bifacial
	Marco (material / color)	Marco de aleación de aluminio anodizado / plata
	Caja de conexiones (grado de protección)	≥IP68
	Cables y conectores	4 mm², 1400 mm de longitud, la longitud se puede personalizar
	Clase de aplicación	Clase A
	Clase de protección eléctrica	Clase II
Clase de seguridad contra incendios	Clase C	

Anexo 04: Ficha Técnica de las Baterías



Installation, commissioning and operating instructions

for vented stationary lead-acid batteries

www.hoppecke.com

- 6 V Block battery: 0.04 V/Block
- 12 V Block battery: 0.05 V/Block

In the event of larger deviations in the cell voltage between each other, it is necessary to consult your local HOPPECKE contractual partner.

As a guide to the open-circuit voltage, the open-circuit voltage ranges for fully charged cells at an electrolyte temperature of 20°C are shown in **Error! Reference source not found.** Depending on the time of the last recharge, which is largely determined by the logistics times, the measured values may also be lower due to the natural self-discharge of the battery.

6-1 Expected open-circuit voltage in the full charge state for different cells/block batteries

Type of cell/block battery	Open circuit voltage
grid power V X	(2.06 ± 0.01) V/Z
grid power V L	(2.08 ± 0.01) V/Z
grid power V H bloc	(2.08 ± 0.01) V/Z
grid power V M	(2.08 ± 0.01) V/Z
grid power V H	(2.11 ± 0.01) V/Z
sun power V L	(2.08 ± 0.01) V/Z

It is not necessary to consider the open-circuit voltages in relation to temperature, as their influence is negligible and hardly detectable by measurement.

If the open-circuit voltage is low during storage, the battery should either be recharged as described in chap. 5.3 or put into operation as described in the chap. 6.7. In the event of major deviations, it is necessary to consult your local HOPPECKE contractual partner.

6.6.2.2 Electrolyte level

In the case of GUG batteries (Filled and Charged), the electrolyte level in the delivery state may be below the maximum mark. However, this does not constitute a defect, as the level rises again during the commissioning process and the associated gassing. If the electrolyte level is still below the maximum mark after commissioning, follow the instructions in chap. 6.8.

6.6.3 What to do in case of unfilled batteries

6.6.3.1 Filling cells

If the cells/batteries were delivered in a dry (unfilled) state, they are now filled.

Acid containers that have been emptied, but not completely emptied and cleaned, are considered filled within the meaning of the GGVS (Road Dangerous Goods Ordinance) and within the meaning of the Waste Ordinance. If acid canisters are to be disposed of,

6.6.6 Connect batteries to battery connectors

There are screwable row connectors, step connectors and tier connectors (cf. Figure 6.6.6-1). The row connectors are used to connect the individual cells/block batteries, the step connectors to connect the individual steps to each other (use of step racks) and the tier connectors to connect the tiers (use of floor racks).



Figure 6.6.6-1 - Use of series and step connectors

6.6.7 Installing the screw connectors

1. The cells or block batteries are connected by isolated row connectors (see Figure 6.6.7-1). The negative pole of a cell or block is connected to the positive pole of the next cell or block until the desired total system voltage is reached.



Attention!

Be careful not to mechanically damage the terminals.

2. Attach the connectors as described in Figure 6.6.6-1 shown. Tighten the screws by hand first to be able to align the cells and connectors again.
3. Tighten the screws with a torque wrench. The prescribed torque is 20 Nm \pm 1 Nm.



Attention!

Exceptions:

Series power.com H.C:

- M5: 2 - 3 Nm
- M6: 4 - 5.4 Nm
- M8: 11 - 14 Nm

Series grid | Xtreme VR: 15 Nm

grid | power VM 2-105: 15 Nm

grid | power VM 6-50 and 6-100: 12 Nm

7.1.1 Standby parallel operation

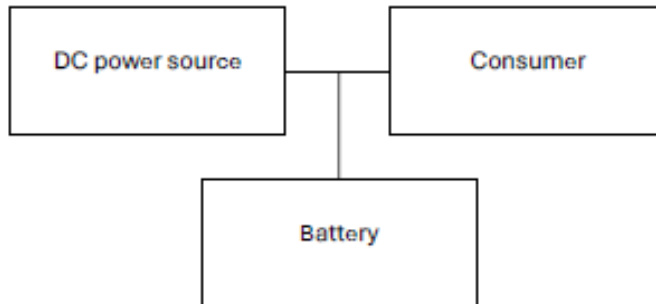


Figure 7.1.1-1 - Standby parallel operation

Characteristic of this mode of operation are:

- Consumer, DC power source and battery are constantly connected in parallel
- The charging voltage is the operating voltage of the battery and at the same time the system voltage
- The DC power source (charging rectifier) can deliver the maximum consumer current and battery charging current at any time
- The battery will only provide power if the DC power source fails
- The charging voltage to be set is the float charge voltage per cell x the number of cells connected in series (measured at the end poles of the battery)
- To shorten the recharging time, a charging stage can be used at which the charging voltage is max. 2.4 V x number of cells (standby parallel operation with recharging stage)

7.1.2 Floating operation

Characteristic of this mode of operation are:

- Consumer, DC power source and battery are constantly connected in parallel
- The charging voltage is the operating voltage of the battery and at the same time the system voltage
- The DC power source is not capable of always delivering the maximum consumer current. The consumer current temporarily exceeds the rated current of the DC power source. During this time, the battery provides power
- It is therefore not always fully charged
- Therefore, the charging voltage should be set to approx. (2.25 to 2.30 V) for vented lead batteries and approx. (2.27 to 2.32 V) for valve regulated lead batteries x the number of cells connected in series in consultation with the battery manufacturer, depending on the number of discharges

	grid power VL grid power VM grid power VH	grid power V X	
I-characteristic curve (DIN 41776)	5.0 A	6.5 A	2.6 to 2.75 V/cell
W characteristic curve (DIN 41774)	7.0 A 3.5 A	9.0 A 4.5 A	at 2.4 V/cell at 2.65 V/cell

7.2.3 Float charging

Float charging serves to maintain the full charge state of the battery(s).

Use a charger with the specifications according to DIN 41773 (IU characteristic curve). Adjust the charging voltage so that the average cell voltage is the same as specified in Table 7-2.

Table 7-2 - Charge float voltage in standby parallel operation

Battery	Float Voltage
grid power V X (GroE)	2.23 ± 1 % V/cell
grid power V L (OPzS / OPzS bloc)	2.23 ± 1 % V/cell
grid power V M (OSP. HB / OSP. HC)	2.23 ± 1 % V/cell
grid power V H (Ogi bloc)	2.23 ± 1 % V/cell
grid power V H (OSP. XC)	2.25 ± 1 % V/cell
sun power V L	2.23 ± 1 % V/cell

7.2.4 Equalizing charge (correction charge)

Under normal circumstances, equalizing charges are not necessary. If there are unacceptably large discrepancies between the cell voltages of the individual cells at float charge (see 7-3), an equalizing charge must be performed.

Equalizing charges are also required after deep discharges, after insufficient charging processes, if the cells have been unevenly warm for a long time (≥ 5K) or if the electrolyte density (temperature-adjusted) in one or more cells deviates from the target value by more than 0.01 kg/L.

7-3 - Permissible differences in cell voltage while maintaining charge

Voltage per unit	Max. permissible deviation of the float charge voltage from the mean value for single cells/blocks
2 V	- 0.05 V / + 0.10 V
4 V	- 0.07 V / + 0.14 V
6 V	- 0.09 V / + 0.17 V
12 V	- 0.12 V / + 0.25 V

Anexo 05: Ficha Técnica del Inversor



Quattro Inverter/Charger

3kVA - 15kVA Lithium Ion battery compatible

www.victronenergy.com



Quattro
48/5000/70-100/100



Quattro
48/15000/200-100/100

Two AC inputs with integrated transfer switch

The Quattro can be connected to two independent AC sources, for example the public grid and a generator, or two generators. The Quattro will automatically connect to the active source.

Two AC Outputs

The main output has no-break functionality. The Quattro takes over the supply to the connected loads in the event of a grid failure or when shore/generator power is disconnected. This happens so fast (less than 20 milliseconds) that computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption.

The second output is live only when AC is available on one of the inputs of the Quattro. Loads that should not discharge the battery, like a water heater for example, can be connected to this output.

Split phase option

A split phase AC source can be obtained by connecting our autotransformer (see data sheet on www.victronenergy.com) to a 'European' inverter programmed to supply 240V / 60Hz.

Three phase capability

Three units can be configured for three phase output. But that's not all: up to 4 sets of three 15kVA units can be parallel connected to provide 144kW / 180kVA inverter power and 2400A charging capacity.

PowerControl – Dealing with limited generator, shore side or grid power

The Quattro is a very powerful battery charger. It will therefore draw a lot of current from the generator or shore side supply (16A per 5kVA Quattro at 230VAC). A current limit can be set on each AC input. The Quattro will then take account of other AC loads and use whatever is spare for charging, thus preventing the generator or mains supply from being overloaded.

PowerAssist – Boosting shore or generator power

This feature takes the principle of PowerControl to a further dimension allowing the Quattro to supplement the capacity of the alternative source. Where peak power is so often required only for a limited period, the Quattro will make sure that insufficient mains or generator power is immediately compensated for by power from the battery. When the load reduces, the spare power is used to recharge the battery.

Solar energy: AC power available even during a grid failure

The Quattro can be used in off grid as well as grid connected PV and other alternative energy systems. Loss of mains detection software is available.

System configuring

- In case of a stand-alone application, if settings have to be changed, this can be done in a matter of minutes with a DIP switch setting procedure.
- Parallel and three phase applications can be configured with VE.Bus Quick Configure and VE.Bus System Configurator software.
- Off grid, grid interactive and self-consumption applications, involving grid-tie inverters and/or MPPT Solar Chargers can be configured with Assistants (dedicated software for specific applications).

On-site Monitoring and control

Several options are available: Battery Monitor, Multi Control Panel, Color Control GX or other GX devices, smartphone or tablet (Bluetooth Smart), laptop or computer (USB or RS232).

Remote Monitoring and control

Color Control GX or other GX devices.

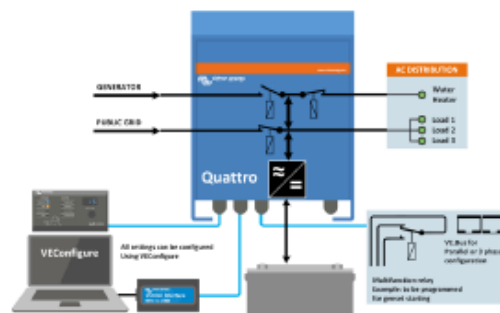
Data can be stored and displayed on our VRM (Victron Remote Management) website, free of charge.

Remote configuring

When connected to the Ethernet, systems with a Color Control GX or other GX device can be accessed and settings can be changed remotely.



Color Control GX, showing a PV application



Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Yes				
Integrated Transfer switch	Yes				
AC inputs (2x)	Input voltage range: 187-265 VAC Input frequency: 45 – 65 Hz Power factor: 1				
Maximum feed through current (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERTER					
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output (1)	Output voltage: 230 VAC ± 2% Frequency: 50 Hz ± 0,1%				
Cont. output power at 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Cont. output power at 25°C (W)	2400	4000	6400	8000	12000
Cont. output power at 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Cont. output power at 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Peak power (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Maximum efficiency (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Zero load power (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Zero load power in AES mode (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Zero load power in Search mode (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CHARGER					
Charge voltage 'absorption' (V DC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Charge voltage 'float' (V DC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Storage mode (V DC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Charge current house battery (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Charge current starter battery (A)	4 (12V and 24V models only)				
Battery temperature sensor	Yes				
GENERAL					
Auxiliary output (A) (5)	25	50	50	50	50
Programmable relay (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protection (2)	a-g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
General purpose com. port	2x	2x	2x	2x	2x
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temp.: -40 to +65°C Humidity (non-condensing): max. 95%				
Maximum altitude	3500 m				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery-connection	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)				
230 V AC-connection	Screw terminals 13 mm ² (6 AWG)	Bolts M6	Bolts M6	Bolts M6	Bolts M6
Weight (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensions (hwxwd in mm)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
STANDARDS					
Safety	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emission, Immunity	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Road vehicles	12V and 24V models: ECE R10-4				
Anti-islanding	See our website				
1) Can be adjusted to 60 HZ. 120 V models available on request		3) Non-linear load, crest factor 3:1			
2) Protection key:		4) Up to 25°C ambient			
a) output short circuit		5) Switches off when no external AC source available			
b) overload		6) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm,			
c) battery voltage too high		DC under voltage or genset start/stop function			
d) battery voltage too low		AC rating: 230 V / 4 A			
e) temperature too high		DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1 A up to 60 VDC			
f) 230 VAC on inverter output					
g) input voltage ripple too high					



Digital Multi Control Panel

A convenient and low cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.



VE.Bus Smart Dongle

Measures battery voltage and temperature and allows monitoring and control of Multis and Quattros with a smartphone or other Bluetooth enabled device.



Computer controlled operation and monitoring

Several interfaces are available:



Color Control GX and other GX devices

Monitoring and control. Locally, and also remotely on the [VBM Portal](#).



MK3-USB (VE.Bus to USB Interface)

Connects to a USB port [\(see 'A guide to VECrefigures'\)](#)



VE.Bus to NMEA 2000 Interface

Connects the device to a NMEA2000 marine electronics network. See the [NMEA2000 & MFD integration guide](#).



BMV-712 Smart Battery Monitor

Use a smartphone or other Bluetooth enabled device to:

- customize settings,
- monitor all important data on single screen,
- view historical data, and to update the software when new features become available.

Anexo 06: Ficha Técnica del Regulador



SmartSolar MPPT RS 450|100 & 450|200 - Isolated

5.76 kW & 11.52 kW Solar Charge Controller with 450 V PV input

www.victronenergy.com



SmartSolar MPPT RS 450|100



Inside the SmartSolar MPPT RS 450|100

Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT) Solar Charge Controller

The MPPT RS SmartSolar is a 48 V Solar charge controller with up to 450 VDC PV input and either 100 A, or 200 A output. It is used in on-grid and off-grid solar applications where maximum battery charging power is required.

Multiple independent MPPT tracking inputs

With multiple MPPT trackers, you can optimize your solar panel design for maximum performance for your specific location.

Isolated PV connections for additional safety

Full galvanic isolation between PV and battery connections provide additional overall system safety.

Wide MPPT voltage range

80 – 450 VDC PV operating range, with a 120 VDC PV startup voltage.

Light weight, efficient and quiet

Thanks to high frequency technology and a new design this powerful charger weighs only 7.9 kg for the 100 A model. In addition to this it has an excellent efficiency, low standby power, and a very quiet operation.

Display and Bluetooth

The display reads battery, and controller parameters. The parameters can be accessed with a smartphone or other Bluetooth enabled device. In addition, Bluetooth can be used to set up the system and to change settings with VictronConnect.

```
Solar 1: 2007W 178.4U 11.3A
Today 0.00 kWh
Total 27.9 kWh
```

PV Isolation resistance monitoring for peace of mind at higher voltages

The MPPT RS continuously monitors the PV array and can detect if there are faults that reduce the isolation of the panels to unsafe levels.

VE.Can and VEDirect port

For connection to a GX device for system monitoring, data logging, and remote firmware updates. VE.Can allows for up to 25 units to be connected together in parallel and synchronize their charging.

I/O Connections

Programmable Relay, temperature sensor, auxiliary, digital input and voltage sensor connections. The remote input can accept the Victron smallBMS, and other BMS with allow-to-charge signal.

Configure and monitor with VictronConnect →

The built-in Bluetooth Smart connection allows for quick monitoring and settings adjustment.

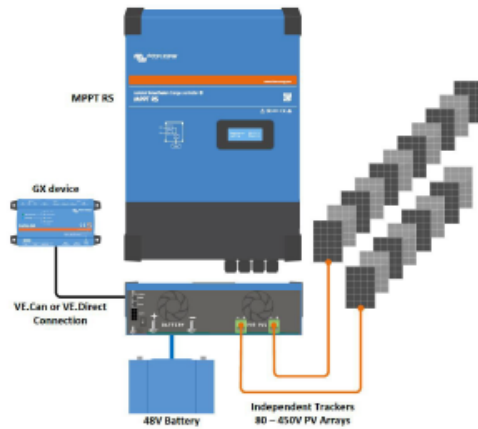
The built-in 30-day history shows individual performance of the separate MPPT trackers.

Try the VictronConnect demo to see the full range of configuration and display options with sample data.



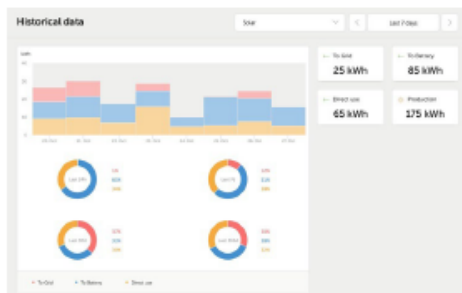
Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
 E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com





System example diagram
The 100 A MPPT RS combined with a GX device, charging a 48 V battery with 2 separate solar PV strings.

VRM Portal
When the MPPT RS is connected to a GX device with internet connection, or the GlobalLink 520 with built in 4G connectivity, you can access our free remote monitoring website (VRM). This will display all your system data in a comprehensive graphical format. Alarms can be received by e-mail.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com



Isolated SmartSolar MPPT RS	450 100	450 200
CHARGER		
Battery voltage	48 V	
Rated charge current	100 A	200 A
Maximum charge power	5.8 kW at 57.6 V	11.5 kW at 57.6 V
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 57.6 V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 55.2 V (adjustable)	
Programmable voltage range	Minimum: 36 V Maximum: 60 V ¹⁾	
Charge algorithm	Multi-stage adaptive (adjustable)	
Battery temperature sensor	Included	
Maximum efficiency	96 %	
Self-consumption	15 mA	
SOLAR		
Maximum DC PV voltage	450 V	
Start-up voltage	120 V	
MPPT operating voltage range	80 – 450 V ¹⁾	
Number of trackers	2	4
Max. PV operational input current	18 A per tracker	
Max. PV short circuit current ²⁾	20 A per tracker	
Max. DC output charging power	4000 W per tracker 5760 W total	4000 W per tracker 11520 W total
Maximum PV array size per tracker ³⁾	7200 Wp (450 V x 20 A) ¹⁾	
PV Isolation fail level ⁴⁾	100 kΩ	
GENERAL		
Synchronised Parallel Operation	Yes, up to 25 units with VE.Can	
Programmable relay ⁵⁾	Yes	
Protection	PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Data communication	VE.Direct port, VE.Can port & Bluetooth (6)	
Bluetooth frequency	2402 – 2480 MHz	
Bluetooth power	4dBm	
General purpose analogue/digital in port	Yes, 2x	
Remote on-off	Yes	
Operating temperature range	-40 to +60 °C (fan assisted cooling)	
Humidity (non-condensing)	max 95 %	
ENCLOSURE		
Material & Colour	steel, blue RAL 5012	
Protection category	IP21	
Battery-connection	M8 bolts	
Power terminals PV input (-Tr version)	2	16 mm ²
Power terminals PV input (MC4 version)	1 pair of male and female MC4 connectors per tracker	
Weight	7,9 kg	13,7 kg
Dimensions (h x w x d) in mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
STANDARDS		
Safety	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
Country of Origin	Designed in The Netherlands, made in India	

- MPPT operating voltage range is constrained by battery voltage - PV VOC should not exceed 8 x battery float voltage. For example, a 52,8 V float voltage results in a maximum PV VOC of 422,4 V. See product manual for further information.
- A higher short circuit current may damage the controller if PV array is connected in reverse polarity.
- Max. 450 VDC result in appr. 360 Vmp, therefore the maximum PV array is appr. 360 V x 20 A = 7200 Wp.
- The MPPT RS will test for sufficient resistive isolation between PV+ and GND, and PV- and GND. In the event of a resistance below the threshold, the unit will stop charging, display the error, and send the error signal to the GX device (if connected) for audible and email notification.
- Programmable relay which can be set for general alarm, DC under voltage or qonset start/stop function. DC rating: 4 A up to 35 VDC and 1 A up to 70 VDC.
- The MPPT RS is currently not compatible with VE.Smart Networks.
- The Charger set-point (float and absorption) can be set to max 60 V. The output voltage at the charger terminals can be higher, due to temperature compensation as well as compensation for voltage drop over the battery cables. The maximum output current is reduced on a linear basis from full current at 60 V to 5A at 62 V. The equalization voltage can be set to max 62V, the equalization current percentage can be set to max 6%.

Paneles inclinados EST-IN		Línea Fotovoltaica					
		EG000055					
		EC001752					
Paneles inclinados EST-IN-1-5							
<p>Los módulos fotovoltaicos precisan estructuras estables, rígidas y durables que soporten el desgaste climatológico, la fuerza del viento, el peso de la nieve y otras condiciones igualmente adversas. Por ello, los soportes para placas solares son una pieza fundamental para las instalaciones solares fotovoltaicas.</p> <p>Las estructuras CRADYSOLAR están fabricadas con materiales de primera calidad para soportar cargas elevadas y condiciones climáticas adversas.</p>							
	CARACTERÍSTICAS						
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño según cargas climáticas locales ✓ Fijación universal de paneles ✓ Alta versatilidad y adecuables ✓ Grapas especiales película fina y frameless ✓ 25 años de garantía de materiales ✓ 2 años garantía de obra ✓ Configuraciones especiales disponibles para todo tipo de proyectos ✓ Material 100% reciclable 						
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
<table border="1"> <tr> <td>Perfiles, grapas y accesorios en aluminio extruido de primera fusión</td> </tr> <tr> <td>Tornillería en acero inoxidable, con opción de tratamientos superficiales para ambientes agresivos</td> </tr> <tr> <td>Transmisión directa de cargas a la estructura principal. Fijación directa a las correas</td> </tr> <tr> <td>Fijación con juntas EPDM y adhesivo de doble cara, asegurando estanqueidad y resistencia a gradientes térmicos y a los rayos UV</td> </tr> <tr> <td>Opción de tuercas antirrobo, sistema de ranuras para tornillo</td> </tr> </table>			Perfiles, grapas y accesorios en aluminio extruido de primera fusión	Tornillería en acero inoxidable, con opción de tratamientos superficiales para ambientes agresivos	Transmisión directa de cargas a la estructura principal. Fijación directa a las correas	Fijación con juntas EPDM y adhesivo de doble cara, asegurando estanqueidad y resistencia a gradientes térmicos y a los rayos UV	Opción de tuercas antirrobo, sistema de ranuras para tornillo
Perfiles, grapas y accesorios en aluminio extruido de primera fusión							
Tornillería en acero inoxidable, con opción de tratamientos superficiales para ambientes agresivos							
Transmisión directa de cargas a la estructura principal. Fijación directa a las correas							
Fijación con juntas EPDM y adhesivo de doble cara, asegurando estanqueidad y resistencia a gradientes térmicos y a los rayos UV							
Opción de tuercas antirrobo, sistema de ranuras para tornillo							
 EN 1090-1:2009+A1:2011							
www.grupotemper.com	Fotovoltaica						

Paneles inclinados EST-IN

Línea Fotovoltaica

CARGAS

Viento	Hasta 240 kmh (150 mph)
Nieve	Hasta 2 kN/m ²

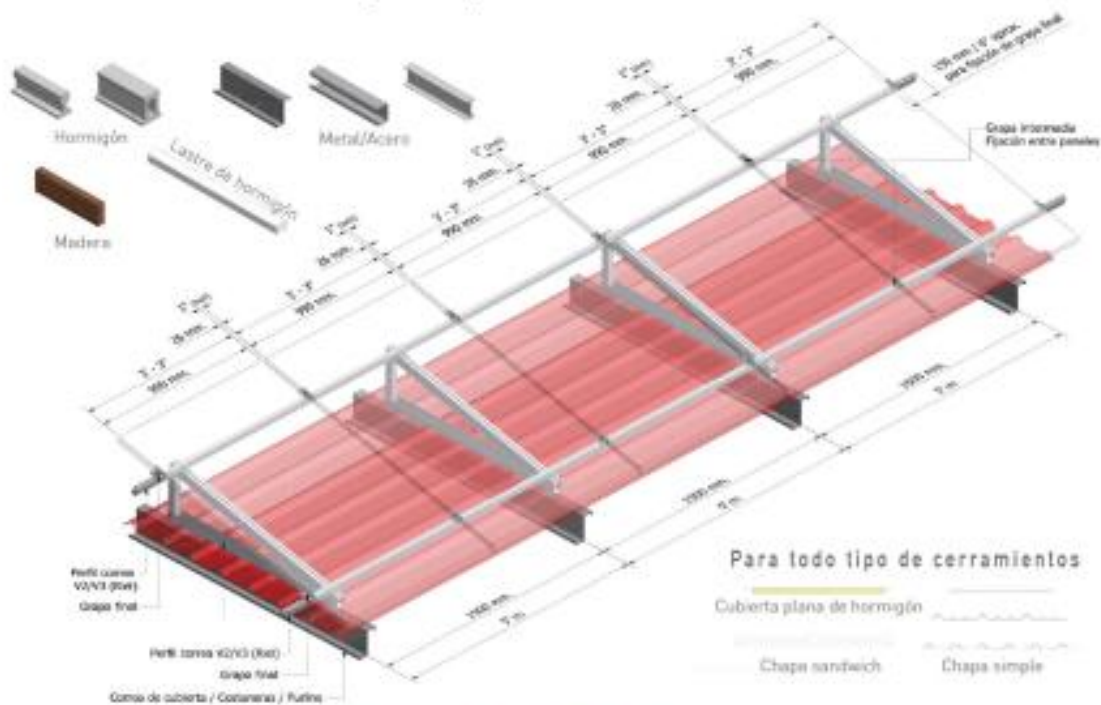
* Cálculos de las estructuras de acuerdo con las cargas climáticas dependientes de la ubicación del proyecto

PESOS

Peso panel en horizontal	3,25 kg/m ²
Peso panel en vertical	2,49 kg/m ²

* Pesos aproximados incluyendo tornillería

☐ Para instalaciones sobre los siguientes tipos de correa



NOTA: Los pórticos se suministran preensamblados

Paneles inclinados EST-IN

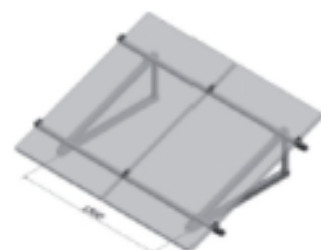
Línea Fotovoltaica

PANELES INCLINADOS EST-IN-1



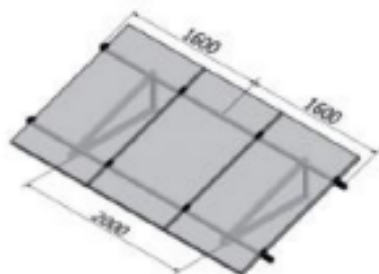
Referencia	Código	Peso (kg)	Medidas (mm)
EST-IN-1-20	0710505	8,9	1690x180x150
EST-IN-1-30	0710506	9,1	1690x180x150

PANELES INCLINADOS EST-IN-2



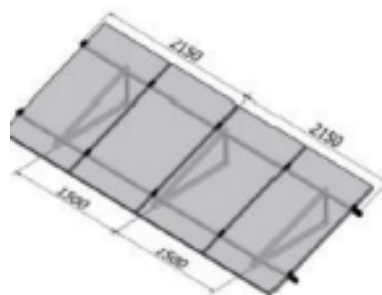
Referencia	Código	Peso (kg)	Medidas (mm)
EST-IN-2-20	0710507	11,4	2170x180x150
EST-IN-2-30	0710508	12,2	2180x180x150

PANELES INCLINADOS EST-IN-3



Referencia	Código	Peso (kg)	Medidas (mm)
EST-IN-3-20	0710509	12	1680x180x150
EST-IN-3-30	0710510	15	1680x180x150

PANELES INCLINADOS EST-IN-4



Referencia	Código	Peso (kg)	Medidas (mm)
EST-IN-4-20	0710511	19,1	2440x180x150
EST-IN-4-30	0710512	20,4	2570x180x140