



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para
el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en
Mayocc

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Chinga Maxi, Angel Joel (orcid.org/0000-0002-8484-2584)

Toscano Contreras, Handhel Meilhan (orcid.org/0000-0002-1955-0227)

ASESORA:

Dr. Tello Mendivil, Veronica (orcid.org/0000-0002-1986-2553)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ
2023



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, TELLO MENDIVIL VERONICA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc", cuyos autores son CHINGA MAXI ANGEL JOEL, TOSCANO CONTRERAS HANDHEL MEILHAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 24 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
TELLO MENDIVIL VERONICA DNI: 08449536 ORCID: 0000-0002-1896-2553	Firmado electrónicamente por: VETELLOMEN el 24- 12-2023 13:02:18

Código documento Trilce: TRI - 0708008



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CHINGA MAXI ANGEL JOEL, TOSCANO CONTRERAS HANDHEL MEILHAN estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CHINGA MAXI ANGEL JOEL DNI: 71560061 ORCID: 0000-0002-8484-2584	Firmado electrónicamente por: ACHINGAMA25 el 03-01-2024 15:26:29
TOSCANO CONTRERAS HANDHEL MEILHAN DNI: 72452893 ORCID: 0000-0002-1955-0227	Firmado electrónicamente por: HTOSCANO el 03-01-2024 16:12:40

Código documento Trilce: INV - 1596556

Dedicatoria

A todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

A nuestros padres, por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día. Por sus sacrificios y su apoyo constante que han sido la clave de nuestro éxito.

A nuestros profesores y mentores, por su dedicación y pasión por la enseñanza y por guiarme en mi camino.

Agradecimiento

Le agradecemos muy profundamente a nuestra tutora por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de Autenticad del Asesor	ii
Declaratoria de Originalidad de los Autores	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de figuras	ix
Abstract.....	xi
I.INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	12
III.RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN.....	72
VI. CONCLUSIONES	78
VII. RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS	79

Índice de tablas

Tabla 1. Precipitación (mm/día) durante el año 2021 y 2022	6
Tabla 4. Altitud en el distrito de San Miguel de Mayocc	25
Tabla 5. Altitud promedio en el distrito de San Miguel de Mayocc	26
Tabla 6. Altitud promedio del área de estudio	27
Tabla 7. Velocidad promedio del viento a 10 metros 2021 y 2022	28
Tabla 8. Velocidad promedio del viento a 10 metros septiembre 2023	28
Tabla 9. Velocidad promedio del viento septiembre 2023	30
Tabla 10. Velocidad promedio máxima septiembre 2023.....	30
Tabla 11. Velocidades y ángulo del viento a 10 metros mayo 2022.....	31
Tabla 12. Velocidades y ángulo del viento a 10 metros setiembre 2022.....	32
Tabla 13. Velocidad máxima del viento mayo 2022	34
Tabla 14. Velocidad promedio máxima del viento septiembre 2022	34
Tabla 15. Dirección promedio del viento mayo 2022.....	35
Tabla 16. Diferencias de medias dirección promedio del viento mayo 2022	35
Tabla 17. Dirección promedio del viento septiembre 2022.....	36
Tabla 18. Diferencias de medias para la dirección viento septiembre 2022.....	36
Tabla 19. Niveles de irradiación UVA y UVB durante el año 2021 y 2022	40
Tabla 20. Radiación promedio UVA 2021	40
Tabla 21. Radiación promedio UVB 2022	41
Tabla 22. Radiación promedio UVB 2021	41
Tabla 23. Radiación promedio UVB 2022	42
Tabla 24. Temperatura máxima, mínima y radiación 2021 y 2022.....	44
Tabla 25. Cuadro de resumen 2021 y 2022	56
Tabla 26. Eto, mm/día mediante el método de Hargreaves 2021 y 2022.....	57
Tabla 27. Valores de coeficientes (Kc) para distintos cultivos.....	58
Tabla 28. Fase del cultivo de la palta	59
Tabla 29. Fase del cultivo de la palta por etapas	59
Tabla 30. Factor después de días de siembra del coeficiente para la palta.....	59

Tabla 31. Evapotranspiración Real	60
Tabla 32. Demanda hídrica de la palta.....	61

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de síntesis del sistema	14
Figura 2. Identificación de la sequía en el distrito de San Miguel de Mayocc	15
Figura 3. Delimitación del área de estudio.	15
Figura 4. Caracterización del área de estudio.	16
Figura 5. Proceso de mezcla de materiales	16
Figura 6. Acabados del pozo de almacenamiento de agua.....	17
Figura 7. Adaptación del pozo para el sistema de bombeo.....	17
Figura 8. Instalación de la bomba sumergible	18
Figura 9. Instalación de los paneles solares	18
Figura 10. Montaje del aerogenerador	19
Figura 11. Instalación del controlador fotovoltaico	19
Figura 12. Instalación del controlador eólico	20
Figura 13. Conexión del sistema híbrido con la bomba sumergible	21
Figura 14. Funcionamiento del sistema integrado.....	21
Figura 15. Reaprovechamiento de tierras agrícolas en Mayocc.....	22
Figura 16. Recuperación del área de estudio.....	22
Figura 17. Índice de radiación ultravioleta por hora en Mayocc	38
Figura 18. Coeficiente (Kc) de la palta	60

Resumen

En la actualidad la deficiencia del agua es una problemática en crecimiento, donde el Perú esta en un rango de escasas hídrico entre 40 % y 80 %, mostrando así una vulnerabilidad ante una crisis de agua, por lo que la presente investigación propone el diseño de un sistema híbrido de bombeo de agua mediante energía eólica y fotovoltaica para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en el distrito de Mayocc, utilizando un enfoque cuantitativo aplicado y un diseño cuasiexperimental. La muestra vendría a ser la parcela de 2 hectáreas ubicada en la Av. la cultura en San Miguel de Mayocc, en la cual se tomaría como cultivo a la palta por su producción en el distrito. Siendo de esta manera y a través de los instrumentos como técnicas de investigación, se pudo determinar que el diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc vendría a ser posible, debido que la geografía, velocidad y dirección del viento, radiación y bomba sumergible contemplados permitían el diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico, además de tener una rentabilidad a largo plazo por el uso de energía renovables y una adaptabilidad a situaciones futuras.

Palabras Clave: Sistema de bombeo, energía renovable, reaprovechamiento agrícola, sequía, sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

Abstract

Currently, water deficiency is a growing problem, where Peru is in a range of water shortages between 40% and 80%, thus showing a vulnerability to a water crisis, so this research proposes the design of a hybrid water pumping system using wind and photovoltaic energy for the reuse of agricultural land affected by drought in the Mayocc district, using an applied quantitative approach and a quasi-experimental design. The sample would be the 2 hectare plot located on Av. la cultura in San Miguel de Mayocc, in which avocado would be taken as a crop due to its production in the district. In this way and through the instruments as research techniques, it was determined that the design of a photovoltaic wind water pumping system for the reuse of agricultural land affected by drought in Mayocc would be possible, due to the geography, Wind speed and direction, radiation and submersible pump contemplated allowed the design of the hybrid wind photovoltaic system, in addition to having long-term profitability due to the use of renewable energy and adaptability to future situations.

Keywords: Pumping system, renewable energy, agricultural reuse, drought, hybrid wind-photovoltaic system.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la problemática del déficit hídrico en el Perú y en el resto del mundo ha ido incrementando en diferentes intensidades, dependiendo del lugar donde se presente. Según estudios previos realizados por la Universidad de Texas, Perú ocupa el 66° puesto en el ranking global de carencia hídrica, lo que lo sitúa en una situación crítica. Investigaciones recientes determinan que Perú se encuentra en un rango de escasez hídrica entre el 40 % y el 80 %, evidenciando la vulnerabilidad del país ante una potencial crisis de agua, exacerbada por los efectos del cambio climático (CEPLAN, 2023).

En la región de Huancavelica, el déficit hídrico de años anteriores debido a la falta de precipitaciones ha impactado significativamente en los medios de vida de aproximadamente 28,196 personas, afectando 12,259.18 hectáreas de cultivos y 482,325 cabezas de ganado (INDECI, 2022). La deficiencia del agua presenta impactos ambientales y económicos que afectan directamente la producción agrícola, incrementando el riesgo de deterioro de los suelos agrícolas y alterando la disponibilidad de agua para el riego de cultivos (UNESCO, 2020).

La falta de infraestructura tecnológica adecuada para el abastecimiento de agua, en conjunto con el crecimiento poblacional, agravan aún más la situación. Según OLUMUYIWA (2023), tanto el suministro como la demanda de agua se ven limitados por factores como el cambio climático y los cambios en los patrones de temperatura estacionales y regionales. Las zonas áridas han incrementado, perdiendo su capacidad de regenerarse, lo que dificulta la actividad agrícola en varias regiones del país (MINAM, 2021).

En el distrito de San Miguel de Mayocc, ubicado en la región de Huancavelica, esta problemática se intensifica con la disminución en las tasas de crecimiento poblacional y el deterioro de las tierras agrícolas. La población, además, seguirá aumentando, lo que dificultará aún más el abastecimiento de agua (INEI, 2020).

Por todo lo expuesto anteriormente, el consumo de agua en la sierra es elevado y deficiente en varias regiones del país. La implementación de generadores

fotovoltaicos y eólicos, que aprovechan los rayos ultravioletas y la velocidad del viento, podría reducir la emisión de gases de efecto invernadero y disminuir la tasa de enfermedades respiratorias. Además, proporcionaría una opción viable para el desarrollo rural mediante el suministro de energía para acciones como el bombeo y tratamiento de agua, promoviendo el desarrollo socioeconómico de áreas rurales alejadas.

El aumento en el consumo de agua en la sierra del Perú y la deficiente infraestructura hídrica han llevado a un desgaste significativo de los recursos. En este contexto, se plantea la siguiente pregunta general: ¿De qué manera el diseño de un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico permitiría el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en Mayocc?

Y como problemas específicos: (PE1) ¿Qué parámetros se determinan, según la geografía del lugar, para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?, (PE2) ¿Cómo se determinan la dirección y la velocidad promedio del viento para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?, (PE3) ¿Cómo se calcula la radiación solar requerida para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?, (PE4) ¿Cómo se determina el tamaño del pozo de agua para diseñar un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc? (PE5) ¿Cómo se determina la bomba sumergible para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?, (PE6) ¿Cómo se determina la rentabilidad del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?

Considerando ante esta problemática, en respuesta el déficit de agua en el periodo de sequía en el distrito debido al no poseer un diseño de bombeo adecuado, el presente trabajo de investigación busca diseñar de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc con la finalidad de no solo poder brindar una opción eco amigable, sino también rentable a largo plazo. Ante ello, el trabajo se justifica desde una un punto de vista ambiental, debido a que se hace uso de energías renovables. Referente a lo social, se realizaría la concientización sobre un adecuado manejo del agua, así como de los beneficios del uso de energías limpias. En lo económico, la aplicación del sistema de bombeo fotovoltaico y eólico vendría a ser viable para su respectiva implementación en el distrito con el apoyo de la municipalidad como comuneros del distrito, mientras que en cuanto al enfoque tecnológico el sistema de bombeo fotovoltaico y eólico es usada para zonas alejadas donde la energía eléctrica no convencional no es usada.

Teniendo así en cuenta, se tuvo como objetivo general: Diseñar un sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en el distrito de Mayocc, Huancavelica. Los objetivos específicos son los siguientes (OE1) Establecer los parámetros que se requiere de acuerdo a la geografía del lugar en el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc. (OE2) Determinar la dirección y velocidad promedio del viento en la zona para optimizar el uso del aerogenerador para el sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc. (OE3) Determinar la radiación solar que se requiere para el uso de paneles solares en el sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc. (OE4) Determinar el tamaño del pozo de agua para diseñar un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc. (OE5) Determinar la bomba sumergible adecuada para el sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas

por sequía en Mayocc. (OE6) Determinar la rentabilidad del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc en comparación con el uso de electricidad convencional del sistema.

La hipótesis general de la presente investigación quedo planteada de la siguiente manera: El diseño de un sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico permitirá el reaprovechamiento eficiente de tierras agrícolas afectadas por la sequía en Mayocc, mejorando la disponibilidad de agua a largo plazo y reduciendo la dependencia de fuentes de energía convencionales.

Mientras como hipótesis específicas: Los parámetros geográficos, como la altitud y la topografía de Mayocc, permitirán optimizar el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico, lo cual, junto con la velocidad y dirección promedio del viento en la zona, garantizará un funcionamiento eficiente del aerogenerador. Además, la radiación solar disponible en el área permitirá dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico, asegurando el suministro continuo de energía para el bombeo de agua. Asimismo, el tamaño del pozo de agua será el adecuado para satisfacer la demanda hídrica de las tierras agrícolas, lo que, en combinación con la selección de una bomba sumergible compatible con las condiciones hidráulicas, permitirá el transporte eficiente de agua. Finalmente, el sistema híbrido eólico-fotovoltaico será rentable a largo plazo, debido a la reducción de los costos operativos y la menor dependencia de energía eléctrica convencional, promoviendo el desarrollo sostenible de las actividades agrícolas en Mayocc.

A nivel internacional, diversos estudios han demostrado el potencial aplicativo de la energía fotovoltaica en diferentes sectores. En áreas mediterráneas, por ejemplo, la implementación de sistemas de batería fotovoltaica y bomba de calor aire-agua ha demostrado ser eficaz en la reducción del impacto ambiental causado por el consumo de energía eléctrica en los hogares. Según NICOLETTI, CUCUMO Y ARCURI (2022), estos sistemas no solo ofrecen soluciones sostenibles a corto plazo, sino que también presentan un alto potencial de implementación en el futuro, siendo factores como el costo de inversión y las condiciones climáticas los principales elementos a considerar en su expansión.

En cuanto al riego agrícola, los sistemas de bombeo de agua fotovoltaicos (PVWPSI) han permitido una fuente de energía más limpia y eficiente. Según CHILUNDO, MAURE Y MAHANJANE (2019), además de reducir el uso de energía eléctrica convencional, estos sistemas permiten aprovechar el excedente de energía generada para otros usos dentro de la misma unidad agrícola.

En México, la implementación de sistemas fotovoltaicos ha mostrado su capacidad para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. Según LIZ (2020), se estima que, con la implementación de aproximadamente 568,892 módulos fotovoltaicos bifaciales en un área de 119.173 hectáreas, se podría lograr la mitigación del 100% de las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica en diversas alcaldías, las cuales ascienden a aproximadamente 188,694.61 tCO₂eq/año. Este proyecto a gran escala resultó no solo en beneficios ambientales, sino también en un significativo apoyo económico a largo plazo.

La implementación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico también presenta importantes ventajas en la reducción de costos energéticos. Según ARIAS, OLAYA Y ARDILA (2020), en Colombia, la implementación de un sistema de bombeo para cultivos acuícolas generó un ahorro significativo, con un costo anual adicional de 110'072,500 COP por energía eléctrica, mostrando así la viabilidad de esta tecnología para el desarrollo sostenible.

En el contexto nacional, el déficit hídrico ha sido un tema de constante preocupación. En el distrito de Izcuchaca, el proyecto de mejora del servicio de abastecimiento de agua potable, gestionado por el gobierno regional, fue un fracaso debido a una mala gestión. Esto derivó en conflictos sociales entre los comuneros y el gobierno, ya que el proyecto no cumplió con los objetivos propuestos, quedando incompleto y abandonado (ALIAGA, 2020). Por otra parte, y de acuerdo a CHANCASANAMPA (2019), evaluó las condiciones de captación y distribución de agua. Aunque se determinó que el caudal del manantial era suficiente para cubrir las necesidades de la población, el sistema de conducción y almacenamiento presentaba importantes fallas técnicas, como la ausencia de válvulas de aire y purga, incumpliendo las normas OS.010 y OS.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, lo que afectaba la calidad del agua.

En la localidad de Ccollpa, región de Huancavelica, las infraestructuras de abastecimiento de agua presentaban un estado de deterioro significativo, superando los 20 años de antigüedad, y carecían de un diseño adecuado. Según PALACIOS (2021), estas condiciones llevaron a los pobladores a tomar medidas improvisadas para captar agua, lo que agravó la crisis hídrica local.

Desde el punto de vista económico, la implementación de sistemas de bombeo de agua convencionales ha generado altos costos operativos. En la empresa Minera Kolpa S.A., la implementación de un sistema de bombeo integral para la evacuación de aguas subterráneas tuvo un coste de inversión total de 1,204,960.82 USD, con un costo anual de energía eléctrica de 93,214.58 USD y un gasto máximo de 119,785.69 USD en operación, mantenimiento y repuestos (RAFAEL, 2019).

Mientras que en cuanto a un acercamiento más cercano a la realidad problemática con respecto a la sequía en San Miguel de Mayocc, se obtuvo la disminución en las precipitaciones durante el período 2021-2022 ha exacerbado la crisis hídrica en la zona, como se observa en la Tabla 1, donde se detalla la reducción de las lluvias en mm/día para los años indicados.

Donde:

PRECTOTCORR: hace referencia a la precipitación total corregida, representa la cantidad total de precipitación diaria que se acumuló en la región en los meses señalados. La Tabla 1 compara los valores obtenidos mes a mes, permitiendo identificar patrones de reducción en las lluvias a lo largo de los dos años observados.

Tabla 1. Precipitación (mm/día) durante el año 2021 y 2022

PARAMETRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
PRECTOTCORR	2021	3.4	2.26	3.91	3.38	0.39	0.14
PRECTOTCORR	2022	4.38	5	3.82	1.4	0.29	0.23
PARAMETRO	AÑO	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PRECTOTCORR	2021	0	0.08	0.51	0.89	2.25	1.93
PRECTOTCORR	2022	0.05	0.07	0.05	0.07	0.15	2.06

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 1, se visualiza una disminución clara en la precipitación promedio diaria (mm/día) durante la mayor parte del año 2022 en comparación con el año 2021. Esta disminución es más evidente en los meses de marzo, abril, mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre, lo que evidencia un patrón de reducción en las lluvias durante los meses más críticos para la actividad agrícola en la región. Este descenso en la precipitación podría tener un impacto negativo en la disponibilidad de agua para riego y otras actividades agrícolas, agravando la crisis hídrica ya existente en San Miguel de Mayoc.

La sequía es una anomalía climática caracterizada por la deficiencia temporal de precipitaciones, lo que resulta en una escasez hídrica que impacta de manera significativa a la sociedad, la economía y el ambiente. La magnitud de sus efectos puede variar, desde la alteración de los ciclos climáticos hasta la intensificación de fenómenos como El Niño (VASQUEZ,2022).

En este contexto, la aplicación de energías renovables se posiciona como una de las soluciones más sostenibles para alimentar sistemas de bombeo de agua, permitiendo satisfacer la demanda hídrica en regiones rurales con acceso limitado o nulo a redes eléctricas convencionales (NYENSHU, 2023).

El diseño de un sistema de bombeo debe considerar varios aspectos técnicos relevantes. En primer lugar, el límite del sistema, que determina la eficiencia del mismo en función de los límites de diseño establecidos. Asimismo, la demanda del proceso debe entenderse para dimensionar adecuadamente el sistema, evitando un sobredimensionamiento que conlleve pérdidas excesivas de energía y un mayor consumo eléctrico. Los sistemas de bombeo pueden clasificarse según su capacidad para entregar caudales constantes o variables, dependiendo de los requerimientos del sistema. En el caso de caudales variables, se requiere de sistemas de bombeo más complejos, adecuados para la gestión de cargas estacionales o aplicaciones como sistemas de agua potable y residuales. Finalmente, el uso de diagramas de duración permite visualizar la demanda del sistema en términos de caudal máximo o promedio, facilitando un diseño más eficiente (EEI, 2018).

El sistema fotovoltaico tiene como principal objetivo convertir la energía solar en energía eléctrica, utilizando componentes como módulos fotovoltaicos, células y cadenas, además de sistemas electrónicos de potencia y almacenamiento de energía (BAHAREH, 2023).

En los sistemas de bombeo de agua fotovoltaicos, la energía se genera a través de paneles solares que alimentan un motor eléctrico, lo cual requiere un convertidor de corriente continua cuando el motor opera con corriente alterna (POOMPAVAI, 2019) estos sistemas son eficientes para el abastecimiento de agua en áreas rurales.

Las bombas de agua son un componente crucial en el rendimiento del sistema de bombeo, clasificándose en función de la fuente de energía utilizada: energía eléctrica o energía calorífica. Además, según la altura de bombeo y el tipo de descarga, las bombas pueden ser sumergibles, flotantes o superficiales (MANSUR *et al.*, 2018; SHREY, 2021).

El transformador es fundamental para equilibrar el suministro de energía en sistemas solares, regulando la potencia de salida cuando la generación de energía es variable (SENTHIL, 2020).

La demanda hídrica se refiere a la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de un sistema específico, como el riego de cultivos. Por ejemplo, el cultivo de palta en el distrito de Guadalupito, La Libertad, requiere aproximadamente 1,481,760 litros/día para siete hectáreas (JARA, 2021).

En el presente estudio, se utilizará una bomba de agua sumergible, que extraerá el agua de un pozo profundo y la transportará a un área con mayor altitud o presión. Este sistema será alimentado por un generador fotovoltaico como fuente primaria de energía, lo que permitirá el funcionamiento continuo del sistema con la instalación de un inversor DC/AC que convertirá la corriente generada por los paneles solares para su uso en el bombeo de agua. Este sistema es ideal para zonas donde la presión hídrica es mínima, asegurando un riego eficiente.

El volumen de agua se calcula en función de las dimensiones planas (largo, ancho y altura), resultando en la medida del volumen tridimensional. En otros casos, el volumen se puede calcular multiplicando el área por la altura del contenedor (QUISPE, 2021).

La velocidad del viento es uno de los parámetros esenciales para el funcionamiento adecuado de los sistemas eólicos. Este factor varía según la altitud, condiciones meteorológicas y topografía, con una mayor intensidad entre las 12 y 16 horas solares. El rendimiento de un aerogenerador está limitado por las velocidades de corte, lo que asegura su protección cuando se exceden los límites operativos (VARGAS, 2021).

La velocidad del viento es uno de los parámetros esenciales para el funcionamiento adecuado de los sistemas eólicos. Este factor varía según la altitud, condiciones meteorológicas y topografía, con una mayor intensidad entre las 12 y 16 horas solares. El rendimiento de un aerogenerador está limitado por las velocidades de corte, lo que asegura su protección cuando se exceden los límites operativos (ARRUNATEQUI, 2019; RAMÍREZ, 2020).

Se ha demostrado que la implementación de sistemas eólicos a grandes altitudes es posible y viable, según evidencias actuales. Ejemplos de proyectos como los parques eólicos en Yuracruz y Chimborazo en Ecuador, situados a más de 2700 msnm, confirman la efectividad de estos sistemas en entornos de altitud extrema (AYALA, 2023; ENRÍQUEZ, 2019).

Con respecto a los softwares de diseño utilizados en el proyecto, AutoCAD es una herramienta de escritorio ampliamente empleada para el diseño preciso de componentes, creación de tablas, visualización tridimensional, y exportación e importación de archivos. Además, es frecuentemente utilizado para la elaboración de diseños arquitectónicos y eléctricos (KUMAR,2022).

El software ArcGIS permite el mapeo y el análisis espacial de áreas específicas. Sus aplicaciones incluyen la estimación del porcentaje de cobertura vegetal, el cálculo del área de techos para la evaluación del potencial de generación de energía eléctrica, y la batimetría georreferenciada en estudios hidrológicos (AWAD, 2023; YAO, 2023; AREVALO, CANO Y JURADO, 2023).

Los estudios de suelo son fundamentales para determinar parámetros como el grado de erosión, la caracterización de las propiedades mecánicas del terreno, y el riesgo de erosión mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo combinada con datos del Sistema de Información Geográfica (SIG) (MEDJANI, 2023). Además, pueden incluir la detección de micro plásticos en suelos agrícolas mediante imágenes hiperespectrales (XU, 2023).

El reaprovechamiento de tierras se refiere a la recuperación de propiedades abandonadas, infrautilizadas o anteriormente destinadas a usos industriales, comerciales o residenciales. Este proceso genera oportunidades económicas, sociales y recreativas para el desarrollo de nuevas actividades (BERMAN, 2020).

La radiación solar es un indicador clave en la planificación de sistemas energéticos y en la exposición a la salud, según el INEI (LAVADO, 2023). La irradiación solar se utiliza para medir la cantidad de energía solar que incide sobre una superficie en un período determinado (VARGAS, 2021).

A pesar de sus ventajas, el uso de la energía solar enfrenta desafíos como el alto costo de los equipos y la dependencia de condiciones climáticas, lo que puede limitar su implementación como fuente de energía única (TURGEON Y MORSE, 2021).

Las medidas de radiación solar directa se realizan con pirheliómetros, mientras que la radiación global y difusa se mide con piranómetros, dispositivos diseñados para cuantificar la radiación semiesférica (JARA, 2021).

La energía fotovoltaica se genera a partir de la captación de radiación solar y su conversión en energía eléctrica mediante celdas solares. Este proceso permite aprovechar el principal recurso energético de la Tierra: el sol (CHOQUE, 2022).

La energía solar térmica utiliza colectores solares para transformar la radiación solar en energía térmica, almacenada en tanques acumuladores para aplicaciones como climatización y procesos industriales (NAVNTOFT, 2019).

Las celdas fotovoltaicas son la unidad básica de generación de energía eléctrica mediante radiación solar. Cada celda tiene características modulares de potencia, corriente y tensión, lo que permite su combinación para generar mayores volúmenes de energía eléctrica. En la implementación de un sistema de bombeo

fotovoltaico, la radiación solar requerida dependerá del área cubierta por los paneles solares. En el caserío de San Lorenzo, por ejemplo, el sistema de bombeo requiere aproximadamente 3.77 kWh/m² para funcionar (DÁVILA, 2022).

En la región de Huancavelica, los niveles de radiación solar registrados entre 2018 y 2019 oscilaron entre 7.45 IUV y 8.95 IUV, clasificados como niveles altos de radiación solar según los estándares de la OMS (YAULILAHUA, 2021).

Los sistemas de riego optimizan las prácticas tradicionales mediante la automatización y el uso de tecnologías avanzadas, lo que reduce el uso de agua y mejora la productividad de los cultivos (WANYAMA, 2023).

II. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se enmarcó dentro de un enfoque cuantitativo, ya que se centró en un estudio delimitado y concreto, utilizando la recolección de datos y el análisis estadístico para comprobar los resultados obtenidos en la muestra seleccionada y la población estudiada. En cuanto al tipo de investigación, se clasificó como aplicada, puesto que buscó poner en práctica la hipótesis propuesta, respaldada por el análisis de diversas alternativas de solución ante la problemática de la sequía en la región de Mayocc. El estudio se enfocó en el diseño de un sistema de bombeo de agua híbrido eólico-fotovoltaico, con el objetivo de reaprovechar tierras agrícolas afectadas por la sequía.

El diseño de investigación fue de tipo cuasiexperimental, orientado a comprobar la viabilidad del sistema de bombeo de agua propuesto. En este contexto, la variable independiente se consideró como modificable para optimizar el diseño y funcionamiento del sistema de bombeo, adaptándolo a las condiciones específicas de las tierras agrícolas afectadas en Mayocc (MARTINEZ, 2018).

Con respecto a las variables establecidas para este estudio, se identificaron dos variables principales, basadas en investigaciones previas:

Variable independiente: Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico.

Variable dependiente: Reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en Mayocc, Huancavelica.

De este modo, las variables establecidas para el presente trabajo de investigación se encontraron en el ANEXO 1.

En cuanto a la población, se consideraron todas las zonas del distrito de San Miguel de Mayocc que requerían recuperar o aumentar su vegetación debido a la sequía. La muestra fue seleccionada de manera probabilística y aleatoria simple, y consistió en una parcela de 2 hectáreas ubicada en la Av. La Cultura, dentro del mismo distrito. La unidad de análisis se definió como una porción de 5000 m² de terreno perteneciente a dicha parcela.

Según GARCÍA Y LÓPEZ (2021), las técnicas de recolección de datos fueron herramientas esenciales en el desarrollo de una investigación científica, adaptándose al tipo de estudio y a los objetivos planteados. Estas técnicas permiten obtener información confiable y válida a lo largo de todas las fases del proceso investigativo, desde la formulación del problema hasta la comprobación de hipótesis. En el presente estudio, se emplearon las técnicas de observación directa y análisis documental, las cuales permitieron recopilar datos relevantes sobre el sistema de bombeo eólico-fotovoltaico y su impacto en el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en Mayocc, Huancavelica.

De acuerdo con MENDOZA Y FERNÁNDEZ (2020), los instrumentos de recolección de datos fueron diseñados para garantizar la precisión en la medición de las variables del estudio, ya sea de forma directa o indirecta. En este trabajo, los instrumentos utilizados (detallados en el Anexo 2) incluyeron los siguientes formatos de registro:

1. Ficha 1: Registro de parámetros para el diseño del sistema eólico de bombeo de agua.
2. Ficha 2: Registro de parámetros para el diseño del sistema fotovoltaico de bombeo de agua.
3. Ficha 3: Registro de parámetros para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía.

El proyecto de investigación se desarrolló en cinco etapas principales: observación, construcción, operación, acabado, e identificación de resultados. A continuación, se detalla cada una de estas fases.

Etapas 1 (Observación): En la primera etapa, se realizó la identificación del área de estudio. Durante esta fase, se recopilaron los parámetros específicos necesarios para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico destinado a la recuperación de tierras agrícolas afectadas por la sequía en Mayocc. El diagrama que resume el procedimiento completo para el diseño del sistema híbrido eólico-fotovoltaico se presenta a continuación en la Figura 1.

Este diagrama ilustra de manera detallada las etapas clave del proceso, desde la identificación de los parámetros técnicos hasta la implementación y evaluación del sistema.

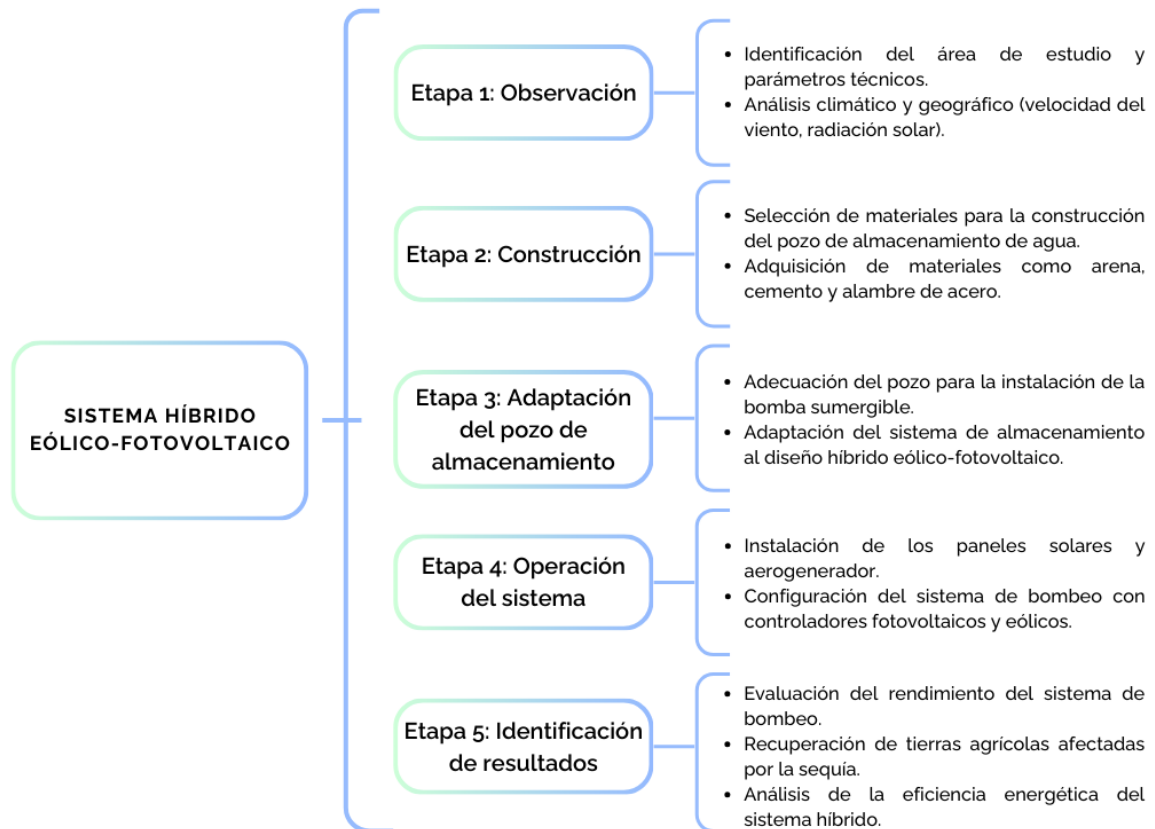


Figura 1. Diagrama de síntesis del sistema

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran el proceso de identificación del área y los parámetros clave que sirvieron como base para el diseño del sistema.



Figura 2. Identificación de la sequía en el distrito de San Miguel de Mayocc



Figura 3. Delimitación del área de estudio.



Figura 4. Caracterización del área de estudio.

Etapa 2 (Construcción): La segunda etapa consistió en la identificación y recolección de los materiales necesarios para la construcción del pozo de almacenamiento de agua que integrará el sistema de bombeo eólico-fotovoltaico. Entre los materiales seleccionados se incluyeron arena gruesa, cemento y alambre de acero negro, además de la mano de obra especializada en albañilería. Las Figuras 5 y 6 ilustran los procesos involucrados en esta fase.



Figura 5. Proceso de mezcla de materiales



Figura 6. Acabados del pozo de almacenamiento de agua

Etapa 3 (Adaptación del pozo de almacenamiento): En esta etapa, se realizó la adaptación del pozo de almacenamiento para integrarlo al sistema de bombeo eólico-fotovoltaico. Durante este proceso, se consideraron factores como la profundidad del pozo y las condiciones geográficas. Las Figuras 7 y 8 muestran el desarrollo de esta etapa.



Figura 7. Adaptación del pozo para el sistema de bombeo



Figura 8. Instalación de la bomba sumergible

Etapa 4 (Acabado del sistema): La cuarta etapa se centró en la implementación de los componentes finales del sistema de bombeo. Esto incluyó la instalación de los paneles solares, el aerogenerador, y los controladores necesarios para regular el flujo de energía. Las Figuras 9 a 12 ilustran este proceso.



Figura 9. Instalación de los paneles solares



Figura 10. Montaje del aerogenerador



Figura 11. Instalación del controlador fotovoltaico



Figura 12. Instalación del controlador eólico

Etapa 5: Finalmente, en la última etapa, se evaluaron los resultados del sistema de bombeo híbrido eólico-fotovoltaico. Se analizó el funcionamiento del sistema y su capacidad para recuperar tierras agrícolas afectadas por la sequía. Las Figuras 13 a 16 muestran el proceso de implementación y los resultados obtenidos.



Figura 13. Conexión del sistema híbrido con la bomba sumergible



Figura 14. Funcionamiento del sistema integrado



Figura 15. Reaprovechamiento de tierras agrícolas en Mayocc



Figura 16. Recuperación del área de estudio

Para el análisis de datos, se emplearon diversas herramientas de software para garantizar la validez y precisión de la información recolectada. Se utilizó Google Earth Pro versión 9.1 para validar la ubicación geográfica óptima del sistema de bombeo fotovoltaico (FV). Adicionalmente, se recurrió a la herramienta Power Data Access Viewer de la NASA para verificar la disponibilidad de energía solar en el área del distrito de Mayocc, lo que permitió determinar si el uso de paneles solares monocristalinos o policristalinos sería el más adecuado. Asimismo, esta herramienta facilitó la recolección de datos relacionados con la velocidad y dirección del viento.

El software Microsoft Excel 2022 fue empleado para la organización y análisis preliminar de los datos recopilados, mientras que ArcGIS se utilizó para validar la ubicación y altitud de la zona de estudio, proporcionando información geoespacial clave para el diseño del sistema. Para el análisis estadístico y la corroboración de los datos, se empleó el software IBM SPSS, garantizando una evaluación rigurosa de los resultados. Finalmente, se utilizó AutoCAD para determinar las dimensiones y delimitaciones precisas del sistema de bombeo fotovoltaico, asegurando un diseño técnico eficiente.

Dado el enfoque en el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas en Mayocc-Huancavelica, se siguieron estrictamente los lineamientos éticos establecidos en la Guía para Proyectos de Investigación N°062-2023-VI-UCV. Se garantizó el acceso total a los datos empleados durante el desarrollo del proyecto, promoviendo la transparencia tanto en el informe de investigación como en la simulación del sistema de bombeo fotovoltaico.

Además, se mantuvo una claridad analítica durante el desarrollo de los resultados, basada en muestras y muestreos rigurosamente seleccionados. El marco teórico se sustentó en fuentes documentales confiables, con el uso de un lenguaje claro y cuidadoso, según lo establecido en el Código de Ética N° 0470-2022-UCV. Se siguieron también los principios éticos en la redacción del informe y en la utilización del formato de referencia ISO 690 y 690-2.

A lo largo de todo el proyecto, se priorizó la protección y conservación del medio ambiente, asegurando el respeto a la diversidad ecológica y los recursos naturales. Se cuidó el impacto ecológico tanto durante el desarrollo como en la fase de implementación del sistema.

Finalmente, se aseguró la originalidad del trabajo mediante el uso adecuado de parafraseo y citación de todas las fuentes consultadas. La autenticidad del contenido fue validada a través de la plataforma Turnitin, garantizando que el trabajo cumpliera con los estándares de integridad académica.

III.RESULTADOS

4.1 Definir parámetros geográficos óptimos para un sistema de bombeo eólico-fotovoltaico en Mayocc.

En relación con el primer objetivo específico, que consiste en establecer los parámetros geográficos necesarios para el diseño del sistema híbrido eólico-fotovoltaico destinado al reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en Mayocc, se identificaron características geográficas clave de la zona de estudio.

El distrito de San Miguel de Mayocc se encuentra ubicado en una región montañosa, con características que la clasifican como una meseta. Esta zona, libre de grandes estructuras, es adecuada para la implementación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico debido a su topografía plana, que minimiza interferencias físicas y facilita la captación de energía tanto solar como eólica. La ubicación exacta del área de estudio se puede visualizar en el Anexo 8.

Uno de los parámetros más importantes evaluados fue la altitud, que es un factor crucial para la implementación del sistema eólico. Se sabe que, en zonas con altitud baja, como las llanuras (menores a 200 metros sobre el nivel del mar), es común la presencia de estancamientos de aire, donde la velocidad del viento disminuye debido a la alta presión atmosférica constante. Esto no sucede en zonas más altas, como San Miguel de Mayocc, lo que convierte su geografía en un lugar propicio para la instalación del sistema.

La altitud del distrito de San Miguel de Mayocc fue obtenida utilizando el sistema Geocatmin y se puede observar detalladamente en la Tabla 4.

Tabla 2. Altitud en el distrito de San Miguel de Mayocc

Nombre del distrito	Altitud min/Max (m)
San Miguel de Mayocc	2200
	2250
	2300
	2350
	2400
	2450
	2500

	2550
	2600
	2650
	2700
	2750

Los datos obtenidos también fueron analizados utilizando el software IBM SPSS, lo que permitió calcular la media y mediana de la altitud, dando como resultado un valor promedio de 2475 metros sobre el nivel del mar, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 3. Altitud promedio en el distrito de San Miguel de Mayocc

Estadísticos		
Altitud promedio en San Miguel de Mayocc		
N	Válido	12
	Perdidos	0
Media		2475,0000
Mediana		2475,0000

Donde:

N: Representa el número de observaciones o el tamaño de la muestra utilizada para calcular los valores.

Media: Es el promedio aritmético de las mediciones.

Mediana: Es el valor central de un conjunto de datos ordenados de menor a mayor.

Válido: Indica el número de observaciones utilizadas en el análisis que fueron consideradas válidas.

Perdidos: Hace referencia a las observaciones que no pudieron ser utilizadas en el análisis, ya sea porque faltaban datos o no cumplían con los criterios de validez.

Por otro lado, la altitud específica del área de estudio se sitúa entre 2200 y 2250 metros sobre el nivel del mar, con un valor promedio de 2225 msnm, como se puede visualizar en la Tabla 6 y en el Anexo 7.

Tabla 4. Altitud promedio del área de estudio

Estadísticos		
Altitud promedio del área de estudio		
N	Válido	2
	Perdidos	10
Media		2225,0000
Mediana		2225,0000

Los resultados obtenidos confirman que tanto la geografía como la altitud del área de estudio son adecuadas para la implementación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico. La ubicación en una meseta a más de 500 msnm favorece la circulación del viento, evitando fenómenos adversos como el estancamiento del aire, que es común en zonas de menor altitud. Esto, sumado a la exposición solar adecuada, asegura las condiciones óptimas para el funcionamiento del sistema propuesto.

Obteniendo así que tanto la geografía como altitud vendrían a ser adecuadas para la implementación de un sistema híbrido eólico fotovoltaico por tener características de una meseta, así como tener la altitud adecuada para evitar fenómenos como la del estancamiento del aire por una mayor presión atmosférica constante.

4.2 Identificar dirección y velocidad del viento para optimizar el aerogenerador en el sistema de bombeo eólico-fotovoltaico en Mayocc.

Con el objetivo de determinar la dirección y velocidad promedio del viento en la zona de estudio, se realizaron mediciones exhaustivas utilizando datos de Power Data Access Viewer de la NASA y otros instrumentos especializados. Estos parámetros son esenciales para optimizar el diseño del aerogenerador, asegurando su máximo rendimiento en el sistema híbrido de bombeo eólico-fotovoltaico, destinado al reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

Obteniendo así la velocidad promedio del viento durante el 2021 y 2022 a 10 metros (m/s), así como la velocidad promedio a 10 metros del viento del mes de

septiembre del 2023. Estas tablas muestran la velocidad promedio del viento a 10 metros de altura en la zona de estudio, durante los años 2021 y 2022, y específicamente para el mes de septiembre de 2023. Los valores de WS10M (velocidad del viento a 10 metros) se presentan mensualmente en la Tabla 7, mientras que en la Tabla 8 se detalla la velocidad promedio diaria de septiembre de 2023.

Tabla 5. Velocidad promedio del viento a 10 metros 2021 y 2022

PARAMETRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
WS10M	2021	2.88	2.51	2.77	2.33	2.41	2.25
WS10M	2022	2.91	2.92	2.51	2.31	2.13	2.49
PARAMETRO	AÑO	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
WS10M	2021	2.73	2.79	3.26	2.95	2.87	2.52
WS10M	2022	2.66	2.85	2.8	2.67	3.16	2.99

Tabla 6. Velocidad promedio del viento a 10 metros septiembre 2023

AÑO	MES	DIA	WS10M	WS10M_MAX	WS10M_MIN
2023	9	1	2,1	4,29	0.35
2023	9	2	1,69	2,78	0.32
2023	9	3	1,83	3,68	0.55
2023	9	4	2,06	4,02	0.25
2023	9	5	2,56	4,88	0.55
2023	9	6	2,55	5,44	0.7
2023	9	7	2,07	3,59	0.45
2023	9	8	1,91	3,53	0.69
2023	9	9	2,34	4,52	0.64
2023	9	10	2,76	5,38	1.3
2023	9	11	2,58	4,89	1.03
2023	9	12	1,9	4,16	0.27
2023	9	13	1,99	3,09	0.58
2023	9	14	2,55	4,88	0.68
2023	9	15	2,68	4,93	0.15
2023	9	16	2,98	5,62	0.94
2023	9	17	1,91	4,03	0.26
2023	9	18	2,2	4,15	0.24

2023	9	19	1,75	2,98	0.19
2023	9	20	1,72	2,82	0.63
2023	9	21	2,45	4,93	0.86
2023	9	22	2,91	5,63	0.79
2023	9	23	2,8	4,88	1.34
2023	9	24	2,66	4,86	0.91
2023	9	25	1,73	3,72	0.23
2023	9	26	2,25	4,78	0.76
2023	9	27	2,62	4,75	1.23
2023	9	28	2,37	4,51	0.79
2023	9	29	3,11	5,66	0.47
2023	9	30	2,84	6,02	0.66
PROMEDIO			2.329	4.44666667	0.627

De esta manera se pueden identificar diferencias notables entre los años 2021, 2022 y los datos recientes de septiembre de 2023 respecto a las velocidades promedio del viento:

- Mayo de 2021 presenta una velocidad promedio del viento de 2.41 m/s (8.676 km/h), lo que la convierte en una de las velocidades más bajas registradas.
- En mayo de 2022, la velocidad promedio fue aún menor, con 2.13 m/s (7.668 km/h), consolidando este mes como el período de menor velocidad promedio en los dos años observados.
- Septiembre de 2021 mostró una velocidad promedio de 3.26 m/s (11.736 km/h), lo que representa la velocidad más alta en comparación con otros meses de ese año.
- En septiembre de 2022, la velocidad promedio fue de 2.8 m/s (10.08 km/h), que también fue el valor más alto de ese año, aunque ligeramente menor que el septiembre del año anterior.
- En septiembre de 2023, la velocidad promedio del viento fue de 2.32 m/s (8.35 km/h), lo que es ligeramente menor que los valores de septiembre de 2021 y 2022. Sin embargo, se observó una velocidad promedio máxima de 4.4 m/s (15.84 km/h), lo que sugiere picos de mayor intensidad de viento en comparación con los años anteriores.

Los datos muestran que los meses de septiembre de 2021 y 2022 tienen las velocidades promedio más altas, mientras que mayo de 2021 y 2022 presentan las velocidades más bajas, lo que es consistente con los patrones estacionales típicos. En 2023, la velocidad promedio es más baja en comparación con los dos años anteriores, pero con picos más altos de velocidad. Este análisis sugiere que el mes de septiembre sigue siendo el período óptimo para el aprovechamiento del viento, mientras que mayo es menos favorable para el rendimiento del aerogenerador.

Y cuya corroboración de datos se realizó a través de la obtención de media y mediana de la velocidad del viento en San Miguel de Mayocc durante el mes de septiembre del año 2023 en el IBM SPSS, cuyos resultados estadísticos de la velocidad promedio del viento en San Miguel de Mayocc durante septiembre de 2023 se pueden visualizar en la Tabla 9 y 10.

Tabla 7. Velocidad promedio del viento septiembre 2023

Estadísticos		
Velocidad promedio del viento en San Miguel de Mayocc durante el mes de septiembre del año 2023		
N	Válido	30
	Perdidos	0
Media		2,3290
Mediana		2,3550

La Tabla 9 indica una media de 2.32 m/s y una mediana de 2.35 m/s, lo que demuestra una distribución uniforme de los valores.

Tabla 8. Velocidad promedio máxima septiembre 2023

Estadísticos		
Velocidad promedio máxima del viento en San Miguel de Mayocc durante el mes de septiembre del año 2023		
N	Válido	30
	Perdidos	0
Media		4,4467
Mediana		4,6350

La Tabla 10 presenta los resultados de la velocidad máxima registrada durante el mismo mes, con una media de 4.44 m/s y una mediana de 4.63 m/s. Esto confirma que, aunque la velocidad promedio sea relativamente baja, el sistema eólico puede beneficiarse de ráfagas de mayor intensidad.

Por otra parte, y habiendo identificando los meses con menor y mayor velocidad promedio, se tendría también que con respecto al mes de mayo del año 2022 la velocidad promedio máxima del viento fue de 4.24 m/s (15.264 km/h). Mientras que para el mes de septiembre del año 2022 la velocidad promedio máxima del viento fue de 6.04 m/s (21.744 km/h). Valores que se pueden visualizar en la Tabla 11 y 12.

Donde:

WS10M: Velocidad del viento a 10 metros (m/s)

WS10M_MAX: Velocidad máxima del viento a 10 metros (m/s)

WS10M_MIN: Velocidad mínima del viento a 10 metros (m/s)

WD10M: Dirección del viento a 10 metros (grados)

Tabla 9. Velocidades y ángulo del viento a 10 metros mayo del año 2022

AÑO	DIA	WS10M	WS10M_MAX	WS10M_MIN	WD10M
2022	121	2,32	4,8	0,91	134,12
2022	122	1,71	3,47	0,54	170,44
2022	123	2,33	4,39	0,8	57,62
2022	124	2,84	5,34	1,35	33,88
2022	125	2,67	5,8	0,8	101,12
2022	126	2,68	5,38	1,18	171,12
2022	127	2,64	4,96	0,9	92,38
2022	128	2,41	4,7	1,2	64,81
2022	129	2,21	5,09	0,7	197,19
2022	130	1,93	4,43	0,48	145,12
2022	131	2,32	3,94	0,68	99,94
2022	132	2,62	5,27	0,18	99,56
2022	133	2,04	4,05	0,46	110,69
2022	134	1,41	3,59	0,23	94,5
2022	135	2,02	3,59	0,38	136,44
2022	136	2,4	3,98	0,7	161,12

2022	137	2,51	3,77	0,93	144,38
2022	138	2,23	4,47	0,8	118,75
2022	139	2,1	3,98	0,88	127,06
2022	140	2,29	4,55	0,35	86,19
2022	141	1,89	4,79	0,21	151,44
2022	142	1,47	3,23	0,12	152,31
2022	143	1,65	3,55	0,27	135,38
2022	144	1,68	2,47	0,71	229,62
2022	145	1,91	4,1	0,24	152,75
2022	146	2,34	4,84	0,43	101
2022	147	1,45	2,7	0,14	171,31
2022	148	1,39	2,7	0,3	174,25
2022	149	1,69	3,73	0,49	174,19
2022	150	2,43	4,74	1	111,44
2022	151	2,44	5,1	0,55	142,12
PROMEDIO		2.12967742	4.24193548	0.61	135.38

La Tabla 11 presenta los datos detallados de las velocidades del viento registradas en mayo de 2022. Los resultados indican que la velocidad promedio del viento fue de 2.12 m/s, mientras que la velocidad máxima alcanzó los 4.24 m/s. En cuanto a la dirección predominante del viento, se observó un promedio de 135.38 grados, lo que sugiere un patrón de viento proveniente del noroeste. Esta información es crucial para el diseño óptimo del aerogenerador, ya que asegura que la velocidad mínima operativa del aerogenerador de 2 m/s se mantiene durante este mes.

Tabla 10. Velocidades y ángulo del viento a 10 metros setiembre del año 2022

AÑO	DIA	WS10M	WS10M_MAX	WS10M_MIN	WD10M
2022	244	2,43	6,19	0,2	147,5
2022	245	3,46	6,9	0,85	120,81
2022	246	3,2	6,57	0,62	69,38
2022	247	2,61	4,3	0,38	119,19
2022	248	3,17	6,04	0,91	20,25
2022	249	3,1	6,54	0,84	103,38
2022	250	3,11	6,59	0,55	105,88
2022	251	3,66	8,12	0,79	102,56
2022	252	4,23	8,08	1,71	29,06
2022	253	3,88	7,37	0,41	28,75
2022	254	2,12	5,38	0,05	104,25

2022	255	2,64	6,35	0,27	93,94
2022	256	2,46	5,91	0,13	118,69
2022	257	2,64	6,18	0,46	150,06
2022	258	2,9	5,58	0,63	167
2022	259	2,92	6,08	0,76	95,12
2022	260	2,18	5,67	0,05	95,56
2022	261	2,81	6,63	0,64	102,5
2022	262	1,97	5,04	0,27	123,5
2022	263	2,21	5,25	0,32	161,19
2022	264	2,2	5,52	0,48	164,19
2022	265	2,45	5,43	0,45	146,25
2022	266	2,42	5,2	0,6	158,44
2022	267	2,58	5,93	0,15	170,69
2022	268	3,38	7,23	1,27	102,56
2022	269	2,07	4,18	0,3	116,75
2022	270	2	3,91	0,11	114,88
2022	271	2,94	6,34	0,93	101,62
2022	272	2,3	5,55	0,3	124,19
2022	273	4,04	7,3	1,57	94,69
PROMEDIO		2.80266667	6.04533333	0.56666667	110.38

La Tabla 12 presenta los datos correspondientes a septiembre de 2022, destacando que la velocidad promedio fue significativamente mayor que en mayo, alcanzando los 2.80 m/s, mientras que la velocidad máxima fue de 6.04 m/s.

La dirección del viento en este mes varió en promedio a 110.38 grados, lo que indica una ligera desviación hacia el noreste. La mayor velocidad registrada en septiembre sugiere que este mes es particularmente favorable para el aprovechamiento de la energía eólica.

Al comparar las tablas, se puede observar que septiembre es el mes más favorable para la implementación del aerogenerador debido a sus mayores velocidades promedio y máximas del viento. En mayo, aunque las velocidades son menores, siguen siendo suficientes para que el aerogenerador funcione de manera eficiente, ya que no bajan de los 2 m/s, que es el mínimo necesario para el modelo de aerogenerador propuesto.

Y cuya obtención de resultados se dio a través del cálculo de la media y mediana a través del IBM SPSS, siendo este último cuyos resultados de velocidad máxima del viento en mayo y septiembre de 2022 se pueden visualizar en la Tabla 13 y 14.

Tabla 11. Velocidad máxima del viento mayo 2022

Estadísticos		
Velocidad máxima del viento en San Miguel de Mayocc durante el mes de mayo del año 2022		
N	Válido	31
	Perdidos	0
Media		4,2419
Mediana		4,3900

Tabla 12. Velocidad promedio máxima del viento septiembre 2022

Estadísticos		
Velocidad promedio máxima del viento en San Miguel de Mayocc durante el mes de septiembre del año 2022		
N	Válido	30
	Perdidos	1
Media		6,0453
Mediana		6,0600

En las tablas 13 y 14 muestran las velocidades máximas alcanzadas en los meses de mayo y septiembre de 2022. En mayo, se registró una velocidad máxima de 4.24 m/s, mientras que en septiembre la velocidad máxima fue considerablemente mayor, alcanzando 6.04 m/s. Esto sugiere que septiembre es el mes más favorable para aprovechar el viento en la zona.

En las siguientes tablas 15 y 16 nos indica la Dirección promedio del viento y diferencias de medias en mayo de 2022. Mientras que las tablas 17 y 18 nos indica la Dirección promedio del viento y diferencias de medias en septiembre de 2022.

Tabla 13. Dirección promedio del viento mayo 2022

Estadísticos		
Dirección promedio del viento en San Miguel de Mayocc durante el mes de mayo del año 2022		
N	Válido	31
	Perdidos	0
Media		130,3948
Mediana		135,3800

Tabla 14. Diferencias de medias dirección promedio del viento mayo 2022

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 135.38					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Dirección del viento	-,653	30	,519	-4,98516	-20,5719	10,6016

La Tabla 15 muestra la dirección promedio del viento durante el mes de mayo de 2022, con una media de 130.39° y una mediana de 135.38°, lo que sugiere que el viento proviene predominantemente del noroeste. Este patrón de viento noroeste es clave para el diseño del aerogenerador, ya que permitirá orientar las aspas de manera óptima. La Tabla 16 refuerza estos resultados, mostrando que las diferencias de medias en la dirección del viento no son estadísticamente significativas, lo que confirma la estabilidad en la dirección del viento para este mes.

Tabla 15. Dirección promedio del viento septiembre 2022

Estadísticos		
Dirección promedio del viento en San Miguel de Mayocc para el mes de septiembre del año 2022		
N	Válido	30
	Perdidos	0
Media		111,7610
Mediana		110,3800

Tabla 16. Diferencias de medias para la dirección promedio del viento septiembre 2022

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 110.38					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Dirección del viento	,194	29	,847	1,38100	-13,1487	15,9107

Por otro lado, la Tabla 17 refleja la dirección promedio del viento en el mes de septiembre de 2022, con una media de 111.76° y una mediana de 110.38°, indicando una ligera variación en la dirección del viento, que proviene del noreste. La Tabla 18 muestra que las diferencias de medias en la dirección del viento tampoco son significativas para este mes, lo que sugiere que, aunque la dirección cambie ligeramente hacia el noreste, las condiciones de viento siguen siendo consistentes y estables para la operación del aerogenerador.

Ambas tablas destacan la importancia de calcular la mediana debido a la presencia de valores atípicos en los meses de mayo y septiembre de 2022, lo cual es un enfoque adecuado en contextos donde las variaciones extremas pueden influir en los datos.

La consistencia en los resultados sugiere que el viento, tanto en mayo como en septiembre, mantiene patrones relativamente predecibles, lo que favorece la implementación de un aerogenerador de 48V con aspas verticales, que está diseñado para funcionar eficientemente con velocidades de viento mínimas de 2 m/s y no se ve afectado por variaciones en la dirección debido a su diseño de aspas verticales (Ver Anexo 10 y 19).

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que tanto la velocidad como la dirección promedio del viento en San Miguel de Mayocc son favorables para la implementación de un aerogenerador en el sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico. Los datos muestran que las velocidades promedio del viento durante los meses de septiembre de 2021 y 2022 fueron las más altas del año, alcanzando 3.26 m/s y 2.8 m/s, respectivamente, mientras que los meses de mayo presentaron las velocidades más bajas, con 2.41 m/s en 2021 y 2.13 m/s en 2022. De manera similar, en septiembre de 2023 se observó una velocidad promedio de 2.32 m/s y una velocidad máxima de 4.4 m/s, lo que confirma que el aerogenerador puede operar eficientemente, ya que su funcionamiento requiere una velocidad mínima de 2 m/s. Con respecto a la dirección del viento, en mayo de 2022, predominó del noroeste, con una media de 130.39° , mientras que, en septiembre de 2022, la dirección fue del noreste, con una media de 111.76° . Estas direcciones son consistentes y estables, lo que asegura que el aerogenerador, gracias a sus aspas verticales, puede aprovechar el viento sin importar las variaciones estacionales en su dirección. Por lo tanto, se puede concluir que la velocidad y dirección del viento en la zona son adecuadas para la optimización del sistema híbrido eólico-fotovoltaico, permitiendo un reaprovechamiento eficiente de las tierras agrícolas afectadas por la sequía en la región de Mayocc.

4.3 Calcular la radiación solar necesaria para los paneles solares del sistema de bombeo eólico-fotovoltaico en Mayocc.

En cuanto al **tercer objetivo específico**, para determinar la radiación solar que se requiere para el uso de paneles solares en el sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc, se llegó a recopilar información procedente del SENAMHI denominada: Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar) a nivel nacional. Cuya grafica para la región de Huancavelica se muestra representada en la Figura 17 a continuación.

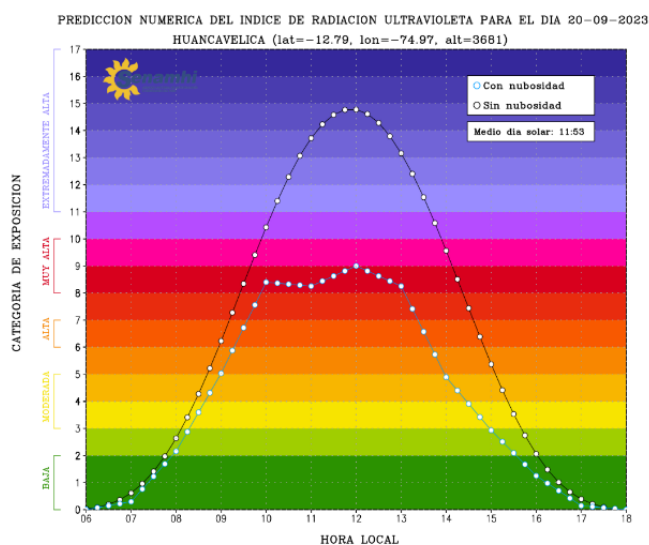


Figura 17. índice de radiación ultravioleta por hora en Mayocc

En la Figura 17 muestra la predicción numérica del índice de radiación ultravioleta (UV) por hora en la región de Huancavelica para el día 20 de septiembre de 2023. El gráfico presenta dos escenarios: con nubosidad y sin nubosidad, en función de la hora del día.

El índice de radiación UV comienza a incrementarse a partir de las 6:00 am, alcanzando su pico alrededor del mediodía solar (11:53 am), donde el índice máximo sin nubosidad llega a aproximadamente 15, que corresponde a una categoría extremadamente alta de exposición.

Con nubosidad, el índice de radiación se mantiene más bajo, alcanzando un valor máximo cercano a 9, categorizado como muy alto.

Este gráfico permite visualizar cómo la nubosidad afecta la intensidad de la radiación UV, siendo esta más alta cuando el cielo está despejado y decreciendo hacia las primeras y últimas horas del día. Estos datos son clave para determinar el tiempo óptimo de exposición solar y la cantidad de radiación disponible para el uso de paneles solares en sistemas eólicos-fotovoltaicos.

Se puede visualizar que el mayor índice de radiación se presenta a las 12:00 horas, siendo la categoría de exposición extremadamente alta (categoría 15) en circunstancias sin nubosidad, mientras que en circunstancias con nubosidad llega hasta la categoría de exposición muy alta (categoría 9). Siendo además que la categoría de exposición presentaría su menor nivel de exposición a altas horas del día hasta las primeras horas de la mañana, específicamente empezando a tener un crecimiento a partir de las 6 am y reduciéndose completamente a las 6 pm.

Por otra parte, y de acuerdo a la información recopilada directamente del Power Data Access Viewer Nasa. Se obtuvo que la mayor irradiación UVA como UVB durante el año 2021 y 2022 se dio durante la estación de la primavera (desde septiembre hasta diciembre), además de un promedio de irradiación UVA de 13.15 (W/m^2) y 13.58 (W/m^2) durante el año 2021 y 2022 correspondientemente, mientras que el promedio de irradiación UVB fue de 0.42 (W/m^2) y 0.44 (W/m^2) para el año 2021 y 2022. Valores que se pueden visualizar en la Tabla 19.

Donde:

ALLSKY_SFC_UVA: toda la irradiación UVA de la superficie del cielo (W/m^2)

ALLSKY_SFC_UVB: toda la irradiación UVB de la superficie del cielo (W/m^2)

Tabla 17. Niveles de irradiación UVA y UVB durante el año 2021 y 2022

PARAMETROS	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
ALLSKY_ SFC_UVA	2021	12,58	13,6	12,44	12,74	12,66	11,72	13,11
ALLSKY_ SFC_UVA	2022	13,33	12,07	12,14	13,51	12,44	12,48	13,07
ALLSKY_ SFC_UVB	2021	0,44	0,5	0,43	0,41	0,38	0,33	0,37
ALLSKY_ SFC_UVB	2022	0,45	0,41	0,41	0,44	0,38	0,36	0,38
PARAMETROS	AÑO	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANN
ALLSKY_ SFC_UVA	2021	13,11	13,11	12,51	14,94	13,83	14,53	13,15
ALLSKY_ SFC_UVA	2022	13,07	13,15	13,98	16,25	16,15	14,33	13,58
ALLSKY_ SFC_UVB	2021	0,37	0,39	0,39	0,48	0,45	0,48	0,42
ALLSKY_ SFC_UVB	2022	0,38	0,4	0,44	0,52	0,55	0,52	0,44

Se observa que los valores promedio de irradiación UVA son más altos en los meses de septiembre a diciembre, alcanzando un máximo en octubre con valores de 16.15 W/m² en 2022. Mientras que para la irradiación UVB, los valores más altos se presentan en octubre y diciembre, con valores de 0.55 W/m².

Mientras que las corroboraciones de medias de los niveles de irradiación UVA y UVB para los años 2021 y 2022 se pueden visualizar en la Tabla 20 – 23.

Tabla 18. Radiación promedio UVA 2021

Estadísticos		
Radiación promedio UVA en San Miguel de Mayocc para año 2021		
N	Válido	12
	Perdidos	19
Media		13,1475
Mediana		12,9250

Esta tabla muestra los valores estadísticos de la radiación promedio UVA en San Miguel de Mayocc durante el año 2021. La media es de 13.1475 W/m² y la mediana de 12.9250 W/m². Estos valores representan la radiación ultravioleta A recibida durante el año y se utilizarán para determinar la viabilidad del sistema fotovoltaico. La baja cantidad de datos perdidos (19) asegura que la media sea representativa.

Tabla 19. Radiación promedio UVB 2022

Estadísticos		
Radiación promedio UVB en San Miguel de Mayocc para año 2022		
N	Válido	12
	Perdidos	19
Media		13,5750
Mediana		13,2400

Esta tabla refleja los valores estadísticos de la radiación UVB en San Miguel de Mayocc durante el año 2022. Con una media de 13.5750 W/m² y una mediana de 13.2400 W/m², se puede concluir que la radiación UVB en ese año fue ligeramente superior, lo que es relevante para la eficiencia del sistema fotovoltaico a implementar. Los datos perdidos no alteran significativamente la tendencia.

Tabla 20. Radiación promedio UVB 2021

Estadísticos		
Radiación promedio UVB en San Miguel de Mayocc para año 2021		
N	Válido	12
	Perdidos	19
Media		,4208
Mediana		,4200

La radiación promedio UVB en el 2021 tuvo una media de 0.4208 W/m² y una mediana de 0.4200 W/m².

Estos valores son menores en comparación con la radiación UVA, pero siguen siendo importantes para calcular la energía generada por los paneles solares.

Tabla 21. Radiación promedio UVB 2022

Estadísticos		
Radiación promedio UVB en San Miguel de Mayocc para año 2022		
N	Válido	12
	Perdidos	19
Media		,4383
Mediana		,4250

En el 2022, la radiación UVB promedio fue ligeramente mayor que en 2021, con una media de 0.4383 W/m² y una mediana de 0.4250 W/m². Este ligero aumento de radiación puede influir positivamente en la eficiencia del sistema de paneles solares.

Con base en las tablas y el cálculo de la radiación promedio UVA y UVB, se ha determinado que San Miguel de Mayocc tiene niveles adecuados de radiación solar para alimentar un sistema fotovoltaico con paneles de 550 W y una eficiencia del 21.28%. La energía producida se calculó en 118.33 W para el año 2021 y 122.17 W para el año 2022, confirmando que la radiación en la zona es suficiente para optimizar el funcionamiento del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico, lo que asegura un correcto reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por la sequía.

Siendo así que a través de la data obtenida podríamos determinar si las condiciones permitirían la implementación del sistema fotovoltaico, perteneciente al sistema híbrido eólico fotovoltaico, lo cual se vendría a determinar a través de la siguiente ecuación, donde:

$$E_p = r \times Ens \times PC$$

Teniendo en consideración que se usaría un panel solar de 550 W, con tensión de potencia máxima (V_{mp}) de 40.98 V y una eficiencia del 21.28%.

- E_p : Energía total producida
- r : Rendimiento del panel solar
- Ens : Exposición solar (en función de la radiación UV)
- PC : Potencia de pico del panel solar

Para el año 2021, con una irradiación UVA promedio de 13.15 W/m² y UVB promedio de 0.42 W/m²:

$$E_p = 21.28\% \times (13.15 + 0.42) \times 40.98$$

$$E_p = 118.33778208 \text{ W}$$

Para el año 2022, con una irradiación UVA promedio de 13.58 W/m² y UVB promedio de 0.43 W/m²:

$$E_p = 21.28\% \times (13.58 + 0.43) \times 40.98$$

$$E_p = 122.17482144 \text{ W}$$

Por lo que, con los datos obtenidos de la energía total producida teniendo en consideración la radiación promedio UVA del año 2021 y 2022, la salida de potencia máxima no llegaría a sobrepasar los 550 W, siendo que la energía total producida vendría a ser 118.33 W y 122.17 W aproximadamente por panel solar, concluyendo de esta manera que la radiación en San Miguel de Mayocc, vendría a permitir el diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por la sequía en Mayocc-Huancavelica y correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico con paneles monocristalinos de 550 W, garantizando el correcto funcionamiento del sistema

fotovoltaico en combinación con un aerogenerador, optimizando el uso de recursos naturales para la sostenibilidad agrícola en la zona, cuya ficha técnica se puede visualizar en el Anexo 12.

4.4 Determinar la capacidad óptima del pozo de agua para el sistema de bombeo eólico-fotovoltaico en Mayocc.

Siguiendo con el **cuarto objetivo específico**, para determinar el tamaño del pozo de agua para diseñar un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc, se tendría primeramente el cálculo de la demanda hídrica, misma demanda que tendría que ser abastecida correctamente por el pozo de agua, para la cual primeramente se identificó el cultivo con mayor producción en toneladas (t) en el distrito de Huancavelica, siendo que de acuerdo al MIDAGRI, el cultivo con mayor producción para el año 2022 fue la palta con 2104 t producidas en total (2023, p.23). Mientras que por otra parte la búsqueda de datos como la temperatura máxima, mínima y radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada) de los años 2021 y 2022 fueron obtenidos a través del Power Data Access Viewer Nasa y cuyos datos se pueden visualizar en la Tabla 24.

Tabla 22. Temperatura máxima, mínima y radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada) 2021 y 2022

Año	Mes	Día	T MAX	T MIN	RAD
2021	Enero	1	12.83	4.87	40.11
2021	Enero	2	13.55	5.4	40.11
2021	Enero	3	14.45	6.08	40.11
2021	Enero	4	15.19	5.46	40.11
2021	Enero	5	11.94	5.06	40.11
2021	Enero	6	13.16	6.15	40.11
2021	Enero	7	13.15	4.88	40.11
2021	Enero	8	15	5.09	40.11
2021	Enero	9	12.79	5.62	40.11
2021	Enero	10	14.18	6.78	40.11
2021	Enero	11	14.98	6.34	40.11

2021	Enero	12	12.14	5.23	40.11
2021	Enero	13	12.05	5.78	40.11
2021	Enero	14	13.14	7.33	40.11
2021	Enero	15	13.94	5.99	40.11
2021	Enero	16	15.76	4.4	40.1
2021	Enero	17	12.88	3.22	40.1
2021	Enero	18	11.24	4.9	40.09
2021	Enero	19	14.27	5.44	40.09
2021	Enero	20	14.47	4.63	40.08
2021	Enero	21	15.36	4.34	40.07
2021	Enero	22	15.06	4.22	40.06
2021	Enero	23	15.67	4.18	40.06
2021	Enero	24	14.28	4.96	40.05
2021	Enero	25	15.55	5.48	40.03
2021	Enero	26	13.66	6.51	40.02
2021	Enero	27	14.33	5.1	40
2021	Enero	28	13.68	2.84	39.99
2021	Enero	29	13.74	4.4	39.97
2021	Enero	30	13.48	2.99	39.95
2021	Enero	31	14.32	6.62	39.93
2021	Febrero	32	14.22	6.8	39.9
2021	Febrero	33	14.95	7.77	39.88
2021	Febrero	34	12.23	6.97	39.85
2021	Febrero	35	14.44	5.24	39.82
2021	Febrero	36	15.03	6.3	39.8
2021	Febrero	37	15.4	6.65	39.76
2021	Febrero	38	15.37	6.3	39.73
2021	Febrero	39	12.8	5.91	39.7
2021	Febrero	40	12.04	3.68	39.66
2021	Febrero	41	13.66	4.62	39.63
2021	Febrero	42	14.28	4.48	39.59
2021	Febrero	43	13.4	4.67	39.55
2021	Febrero	44	12.78	4.98	39.51
2021	Febrero	45	17.15	2.94	39.46
2021	Febrero	46	15.93	5.7	39.42
2021	Febrero	47	16.94	2.37	39.37
2021	Febrero	48	15.82	3.87	39.32
2021	Febrero	49	14.37	3.04	39.27
2021	Febrero	50	15.49	3.05	39.22
2021	Febrero	51	15.81	2.28	39.16
2021	Febrero	52	12.69	5.6	39.11

2021	Febrero	53	14.5	5.69	39.05
2021	Febrero	54	14.81	5.65	38.98
2021	Febrero	55	13.09	6.03	38.92
2021	Febrero	56	14.19	5	38.85
2021	Febrero	57	16.49	4.36	38.79
2021	Febrero	58	13.91	6.81	38.72
2021	Febrero	59	14.8	4.9	38.65
2021	Marzo	60	14.21	5.2	38.57
2021	Marzo	61	12.65	7.14	38.49
2021	Marzo	62	13.8	5.99	38.42
2021	Marzo	63	14.88	5.67	38.34
2021	Marzo	64	13.3	5.47	38.25
2021	Marzo	65	11.1	6.55	38.17
2021	Marzo	66	14.87	6.14	38.08
2021	Marzo	67	15.4	5.3	38
2021	Marzo	68	11.62	5.33	37.91
2021	Marzo	69	14.12	2.96	37.82
2021	Marzo	70	14	3.63	37.72
2021	Marzo	71	14.86	3.32	37.63
2021	Marzo	72	14.69	5.01	37.53
2021	Marzo	73	14.07	5.37	37.43
2021	Marzo	74	13.19	5.44	37.33
2021	Marzo	75	14.38	4.8	37.23
2021	Marzo	76	13.98	4.08	37.13
2021	Marzo	77	12.68	5.51	37.02
2021	Marzo	78	14.04	2.19	36.92
2021	Marzo	79	12.94	4.12	36.81
2021	Marzo	80	12.8	5.94	36.7
2021	Marzo	81	13.96	5.19	36.58
2021	Marzo	82	13.34	5.76	36.47
2021	Marzo	83	14.4	6.07	36.36
2021	Marzo	84	12.19	5.31	36.24
2021	Marzo	85	14.75	4.73	36.12
2021	Marzo	86	14.68	5.96	36
2021	Marzo	87	13.76	5.25	35.88
2021	Marzo	88	13.41	5.4	35.76
2021	Marzo	89	14.26	5	35.64
2021	Marzo	90	14.13	5.46	35.51
2021	Abril	91	13.65	5.06	35.39
2021	Abril	92	13.62	4.8	35.26
2021	Abril	93	13.94	4.4	35.13

2021	Abril	94	13.33	4.9	35.01
2021	Abril	95	15.24	4.05	34.88
2021	Abril	96	14.48	5.86	34.75
2021	Abril	97	13.92	6.39	34.62
2021	Abril	98	10.3	3.76	34.49
2021	Abril	99	11.87	3.91	34.36
2021	Abril	100	13.67	5.12	34.23
2021	Abril	101	12.05	5.85	34.09
2021	Abril	102	13.12	4.99	33.96
2021	Abril	103	14.03	5.37	33.83
2021	Abril	104	14.43	5.68	33.7
2021	Abril	105	15.01	5.93	33.56
2021	Abril	106	15.36	6.19	33.43
2021	Abril	107	15.85	5.46	33.3
2021	Abril	108	14.96	5.96	33.17
2021	Abril	109	13.21	6.42	33.03
2021	Abril	110	16.24	4.75	32.9
2021	Abril	111	15.43	5.83	32.77
2021	Abril	112	12.82	3.74	32.64
2021	Abril	113	13.37	3.06	32.5
2021	Abril	114	15.04	6	32.37
2021	Abril	115	15.68	6.56	32.24
2021	Abril	116	14.25	4.47	32.11
2021	Abril	117	14.69	1.65	31.98
2021	Abril	118	13.66	5.48	31.85
2021	Abril	119	14.05	5.14	31.72
2021	Abril	120	13.87	4.37	31.6
2021	Mayo	121	13.88	4.51	31.47
2021	Mayo	122	15.28	4.07	31.34
2021	Mayo	123	14.21	4.33	31.22
2021	Mayo	124	13.26	5.98	31.09
2021	Mayo	125	16.8	4.27	30.97
2021	Mayo	126	12.26	5.24	30.85
2021	Mayo	127	13.3	4.6	30.73
2021	Mayo	128	13.42	4.4	30.61
2021	Mayo	129	13.73	3.6	30.5
2021	Mayo	130	13.86	4.31	30.38
2021	Mayo	131	13.94	4.69	30.27
2021	Mayo	132	13.99	3.83	30.16
2021	Mayo	133	14.94	5.1	30.05
2021	Mayo	134	14.21	3	29.94

2021	Mayo	135	12.09	3.22	29.84
2021	Mayo	136	16.17	0.33	29.73
2021	Mayo	137	13.31	5.31	29.63
2021	Mayo	138	14.8	5.4	29.53
2021	Mayo	139	15.67	5.23	29.44
2021	Mayo	140	15.95	4.57	29.34
2021	Mayo	141	16.46	4.4	29.25
2021	Mayo	142	16.04	5.88	29.15
2021	Mayo	143	13.49	5.82	29.06
2021	Mayo	144	12.68	2.26	28.98
2021	Mayo	145	10.4	1.42	28.9
2021	Mayo	146	12.27	0.61	28.81
2021	Mayo	147	14.66	0.76	28.74
2021	Mayo	148	15.38	3.87	28.66
2021	Mayo	149	15.03	5.89	28.59
2021	Mayo	150	14.62	4.8	28.52
2021	Mayo	151	13.26	5.54	28.45
2021	Junio	152	15.03	4.16	28.38
2021	Junio	153	14.89	6.6	28.32
2021	Junio	154	13.58	6.73	28.26
2021	Junio	155	13.58	4.23	28.2
2021	Junio	156	13.94	3.93	28.15
2021	Junio	157	13.44	4.37	28.1
2021	Junio	158	14.08	2.99	28.05
2021	Junio	159	14.11	4.75	28.01
2021	Junio	160	15.62	4.73	27.97
2021	Junio	161	16.69	2.81	27.93
2021	Junio	162	13.54	5.89	27.9
2021	Junio	163	14.31	4.06	27.86
2021	Junio	164	15.43	3.54	27.83
2021	Junio	165	16.34	3.8	27.81
2021	Junio	166	14.51	4.89	27.79
2021	Junio	167	14.03	4.12	27.77
2021	Junio	168	12.78	5.3	27.75
2021	Junio	169	13.83	4.72	27.74
2021	Junio	170	13.55	4.54	27.73
2021	Junio	171	14.7	4.91	27.72
2021	Junio	172	13.28	5.26	27.72
2021	Junio	173	15.59	4.88	27.72
2021	Junio	174	15.78	5.43	27.72
2021	Junio	175	14.39	6.04	27.73

2021	Junio	176	14.75	5.28	27.74
2021	Junio	177	14.02	5.51	27.75
2021	Junio	178	13.9	1.85	27.77
2021	Junio	179	12.59	2.15	27.78
2021	Junio	180	12.12	2.83	27.8
2021	Junio	181	13.73	1.65	27.82
2021	Julio	182	14.53	1.23	27.85
2021	Julio	183	14.68	-1.16	27.88
2021	Julio	184	13.87	-2.28	27.92
2021	Julio	185	14.28	-2.74	27.96
2021	Julio	186	15.23	-1.44	28
2021	Julio	187	15.63	0.61	28.04
2021	Julio	188	15.73	0.2	28.09
2021	Julio	189	15.73	1.15	28.14
2021	Julio	190	16.55	1.98	28.19
2021	Julio	191	16.17	3.73	28.25
2021	Julio	192	14.77	4.04	28.3
2021	Julio	193	15.25	5.59	28.36
2021	Julio	194	14.77	4.26	28.43
2021	Julio	195	15.79	4.18	28.49
2021	Julio	196	16.79	5.76	28.56
2021	Julio	197	16.12	5.9	28.63
2021	Julio	198	16.1	5.02	28.71
2021	Julio	199	14.66	4.4	28.78
2021	Julio	200	12.6	4.3	28.86
2021	Julio	201	13.26	2.36	28.94
2021	Julio	202	15.05	3.36	29.03
2021	Julio	203	15.4	2.03	29.12
2021	Julio	204	16.69	0.85	29.21
2021	Julio	205	16.61	0.83	29.3
2021	Julio	206	14.65	4.03	29.39
2021	Julio	207	15.48	4.67	29.48
2021	Julio	208	15.31	5.07	29.58
2021	Julio	209	13.94	3.69	29.67
2021	Julio	210	12.8	4.94	29.77
2021	Julio	211	14.92	3.59	29.87
2021	Julio	212	15.02	2.29	29.97
2021	Agosto	213	13.68	3.54	30.08
2021	Agosto	214	13.64	3.19	30.18
2021	Agosto	215	13.66	3.28	30.29
2021	Agosto	216	13.17	2.37	30.4

2021	Agosto	217	15.15	0.47	30.51
2021	Agosto	218	16.15	1.49	30.62
2021	Agosto	219	16.99	1.69	30.73
2021	Agosto	220	18.22	3.51	30.85
2021	Agosto	221	17.48	4.82	30.96
2021	Agosto	222	16.2	3.49	31.08
2021	Agosto	223	14.48	4.51	31.2
2021	Agosto	224	13.76	3.74	31.32
2021	Agosto	225	15.15	3.18	31.44
2021	Agosto	226	12.23	3.59	31.56
2021	Agosto	227	13.3	4.59	31.68
2021	Agosto	228	14.24	3.85	31.8
2021	Agosto	229	17.62	4.44	31.93
2021	Agosto	230	16.29	2.29	32.05
2021	Agosto	231	19.05	2.49	32.18
2021	Agosto	232	17.65	5.57	32.3
2021	Agosto	233	14.32	5.78	32.42
2021	Agosto	234	16.5	4.62	32.55
2021	Agosto	235	16.7	3.47	32.68
2021	Agosto	236	18.06	3.55	32.8
2021	Agosto	237	20.27	3.57	32.93
2021	Agosto	238	14.94	6.37	33.05
2021	Agosto	239	17.84	6.03	33.18
2021	Agosto	240	16.08	5.87	33.3
2021	Agosto	241	15.31	4.16	33.42
2021	Agosto	242	15.95	6.15	33.55
2021	Agosto	243	16.76	4.95	33.68
2021	Setiembre	244	18.04	4.08	33.8
2021	Setiembre	245	18.38	3.47	33.93
2021	Setiembre	246	17.63	6.12	34.05
2021	Setiembre	247	13.73	6.08	34.17
2021	Setiembre	248	13.33	5.47	34.29
2021	Setiembre	249	16.54	4.77	34.41
2021	Setiembre	250	16.35	4.4	34.52
2021	Setiembre	251	17.55	3.85	34.65
2021	Setiembre	252	16.38	4.34	34.77
2021	Setiembre	253	16.04	3.51	34.89
2021	Setiembre	254	16.11	6.31	35.02
2021	Setiembre	255	17.51	5.64	35.14
2021	Setiembre	256	17.8	6.97	35.26
2021	Setiembre	257	18.08	7.24	35.37

2021	Setiembre	258	16.83	7.27	35.49
2021	Setiembre	259	16.18	5.31	35.6
2021	Setiembre	260	14.4	5.71	35.71
2021	Setiembre	261	17.19	3.73	35.83
2021	Setiembre	262	17.19	4.71	35.94
2021	Setiembre	263	16.49	4.92	36.05
2021	Setiembre	264	16.37	4.67	36.16
2021	Setiembre	265	14.23	3.53	36.27
2021	Setiembre	266	16.08	4.67	36.37
2021	Setiembre	267	16.75	4.73	36.48
2021	Setiembre	268	17.69	5.23	36.58
2021	Setiembre	269	18.52	3.55	36.68
2021	Setiembre	270	16.83	5.54	36.78
2021	Setiembre	271	19.48	4.47	36.88
2021	Setiembre	272	15.63	5.01	36.97
2021	Setiembre	273	16.24	4.05	37.07
2021	Octubre	274	18.76	5.05	37.16
2021	Octubre	275	13.9	6.81	37.25
2021	Octubre	276	18.71	6.51	37.34
2021	Octubre	277	18.61	5.91	37.43
2021	Octubre	278	14.91	6.81	37.51
2021	Octubre	279	14.49	6.12	37.6
2021	Octubre	280	18.87	4.73	37.68
2021	Octubre	281	16.9	4.09	37.76
2021	Octubre	282	15.87	4.64	37.84
2021	Octubre	283	18.33	6.96	37.92
2021	Octubre	284	17.36	7.81	38
2021	Octubre	285	18.84	7.59	38.07
2021	Octubre	286	22.8	6.46	38.15
2021	Octubre	287	21.46	8.23	38.23
2021	Octubre	288	15.1	6.93	38.3
2021	Octubre	289	11.08	6.53	38.36
2021	Octubre	290	14.85	3.87	38.43
2021	Octubre	291	17.78	5.38	38.5
2021	Octubre	292	14.69	8	38.56
2021	Octubre	293	12.46	6.95	38.62
2021	Octubre	294	20.2	5.69	38.68
2021	Octubre	295	16.14	7.87	38.74
2021	Octubre	296	19.19	7.19	38.79
2021	Octubre	297	22.08	5.24	38.85
2021	Octubre	298	15.44	6.23	38.9

2021	Octubre	299	18.96	4.61	38.95
2021	Octubre	300	18.37	5.24	39
2021	Octubre	301	19.03	7.25	39.05
2021	Octubre	302	13.83	4.75	39.1
2021	Octubre	303	19.51	1.97	39.14
2021	Octubre	304	15.65	6.32	39.18
2021	Noviembre	305	17.93	6.96	39.23
2021	Noviembre	306	14	6.44	39.27
2021	Noviembre	307	11.18	4.44	39.3
2021	Noviembre	308	19.75	2.58	39.34
2021	Noviembre	309	16.58	5.87	39.37
2021	Noviembre	310	18.27	3.63	39.41
2021	Noviembre	311	20.26	2.47	39.44
2021	Noviembre	312	17.92	6.69	39.47
2021	Noviembre	313	18.84	4.46	39.5
2021	Noviembre	314	17.65	3.13	39.53
2021	Noviembre	315	19.4	4.9	39.56
2021	Noviembre	316	14.65	6.62	39.58
2021	Noviembre	317	17.95	4.52	39.61
2021	Noviembre	318	18.87	5.87	39.63
2021	Noviembre	319	17.67	4.83	39.66
2021	Noviembre	320	17.87	3.44	39.68
2021	Noviembre	321	19.12	5.9	39.7
2021	Noviembre	322	17.71	7.01	39.72
2021	Noviembre	323	13.87	6.31	39.74
2021	Noviembre	324	14.01	6.98	39.76
2021	Noviembre	325	17.05	6.02	39.78
2021	Noviembre	326	19.25	5.76	39.79
2021	Noviembre	327	13.83	7.37	39.81
2021	Noviembre	328	16.19	6.13	39.83
2021	Noviembre	329	14.39	6.12	39.84
2021	Noviembre	330	16.71	6.45	39.85
2021	Noviembre	331	12.72	7.42	39.86
2021	Noviembre	332	14.94	4.33	39.87
2021	Noviembre	333	15.12	6.76	39.88
2021	Noviembre	334	12.16	5.32	39.89
2021	Diciembre	335	15.78	6.68	39.91
2021	Diciembre	336	14.27	4.86	39.91
2021	Diciembre	337	13.44	2.49	39.92
2021	Diciembre	338	13.52	6.83	39.93
2021	Diciembre	339	12.01	5.21	39.94

2021	Diciembre	340	12.95	4.85	39.95
2021	Diciembre	341	17.12	5.55	39.96
2021	Diciembre	342	17.04	6.51	39.96
2021	Diciembre	343	15.73	7.04	39.97
2021	Diciembre	344	14.99	7.23	39.98
2021	Diciembre	345	18.33	6.5	39.99
2021	Diciembre	346	19.53	7.42	39.99
2021	Diciembre	347	15.87	4.55	40
2021	Diciembre	348	12.22	4.21	40.01
2021	Diciembre	349	17.58	5.68	40.02
2021	Diciembre	350	13.54	3.6	40.02
2021	Diciembre	351	15.8	5.64	40.03
2021	Diciembre	352	16.4	5.99	40.04
2021	Diciembre	353	16.53	6.03	40.05
2021	Diciembre	354	16.63	7.55	40.06
2021	Diciembre	355	16.14	7.51	40.06
2021	Diciembre	356	17.19	7.24	40.07
2021	Diciembre	357	13.94	4.94	40.07
2021	Diciembre	358	14.45	6.23	40.07
2021	Diciembre	359	16.01	6.48	40.07
2021	Diciembre	360	18.3	5.1	40.07
2021	Diciembre	361	14.48	7.28	40.07
2021	Diciembre	362	11.98	6.38	40.08
2021	Diciembre	363	16.12	5.65	40.09
2021	Diciembre	364	16.31	6.37	40.09
2021	Diciembre	365	18.3	6.36	40.1
2022	Enero	1	20.57	5.03	40.1
2022	Enero	2	20.02	6.24	40.11
2022	Enero	3	18.86	6.53	40.11
2022	Enero	4	18.93	6.7	40.11
2022	Enero	5	14.63	6.85	40.11
2022	Enero	6	14.6	6.42	40.11
2022	Enero	7	14.1	5.25	40.11
2022	Enero	8	14.69	4.38	40.11
2022	Enero	9	10.97	3.44	40.11
2022	Enero	10	15.14	3.87	40.11
2022	Enero	11	18.44	4.54	40.12
2022	Enero	12	14.79	4.86	40.12
2022	Enero	13	14.94	6.16	40.12
2022	Enero	14	15.69	5.07	40.12
2022	Enero	15	15.99	4.85	40.12

2022	Enero	16	16.89	5.57	40.12
2022	Enero	17	17.2	5.35	40.12
2022	Enero	18	12.92	6.78	40.11
2022	Enero	19	14.95	5.82	40.11
2022	Enero	20	15.98	5.76	40.11
2022	Enero	21	16.54	4.53	40.09
2022	Enero	22	16.09	3.26	40.08
2022	Enero	23	13.52	4.99	40.07
2022	Enero	24	12.19	5.67	40.06
2022	Enero	25	14.55	5.05	40.04
2022	Enero	26	14.14	5.69	40.03
2022	Enero	27	16.98	5.59	40.01
2022	Enero	28	13.11	4.83	39.98
2022	Enero	29	13.37	2.93	39.96
2022	Enero	30	12.75	2.92	39.94
2022	Enero	31	14.99	5.6	39.92
2022	Febrero	32	12.75	3.97	39.9
2022	Febrero	33	14.23	4.41	39.88
2022	Febrero	34	14.47	5.63	39.86
2022	Febrero	35	15.3	3.29	39.84
2022	Febrero	36	16.54	2.19	39.81
2022	Febrero	37	13.96	1.89	39.78
2022	Febrero	38	14.55	2.34	39.76
2022	Febrero	39	13.26	6.22	39.72
2022	Febrero	40	14.87	5.54	39.7
2022	Febrero	41	16.16	5.58	39.66
2022	Febrero	42	13.8	6.6	39.62
2022	Febrero	43	13.26	6.04	39.58
2022	Febrero	44	11.12	2.64	39.54
2022	Febrero	45	15.4	3.68	39.5
2022	Febrero	46	13.3	4.7	39.45
2022	Febrero	47	14.49	4.63	39.4
2022	Febrero	48	14.86	4.83	39.35
2022	Febrero	49	14.46	5.44	39.3
2022	Febrero	50	12.75	6.23	39.25
2022	Febrero	51	12.38	3.33	39.19
2022	Febrero	52	14.33	4.51	39.14
2022	Febrero	53	14.72	5.18	39.08
2022	Febrero	54	15.29	5.08	39.01
2022	Febrero	55	14.16	5.58	38.95
2022	Febrero	56	14.29	6.65	38.88

2022	Febrero	57	12.02	6.08	38.81
2022	Febrero	58	14.85	5.02	38.75
2022	Febrero	59	13.93	5.05	38.67
2022	Marzo	60	14.16	4.93	38.6
2022	Marzo	61	14.48	5.7	38.52
2022	Marzo	62	13.51	5.23	38.45
2022	Marzo	63	16.29	5.58	38.37
2022	Marzo	64	14.44	4.05	38.29
2022	Marzo	65	14.37	4.88	38.2
2022	Marzo	66	13.93	6.4	38.12
2022	Marzo	67	14.77	5.08	38.03
2022	Marzo	68	10.2	4.89	37.95
2022	Marzo	69	15.13	4.44	37.86
2022	Marzo	70	11.15	6.37	37.76
2022	Marzo	71	13.16	4.56	37.67
2022	Marzo	72	10.87	4.01	37.57
2022	Marzo	73	14.78	4.38	37.47
2022	Marzo	74	13.42	2.59	37.37
2022	Marzo	75	13.18	3.1	37.27
2022	Marzo	76	14.66	3.14	37.17
2022	Marzo	77	15.16	5.3	37.07
2022	Marzo	78	14.74	5.15	36.96
2022	Marzo	79	14.62	5.55	36.85
2022	Marzo	80	14.28	5.06	36.74
2022	Marzo	81	15.09	5.59	36.63
2022	Marzo	82	14.66	6.36	36.51
2022	Marzo	83	15.19	5.62	36.4
2022	Marzo	84	13.67	6.74	36.28
2022	Marzo	85	12.07	4.7	36.16
2022	Marzo	86	13.3	6.44	36.03
2022	Marzo	87	13.19	5.27	35.91
2022	Marzo	88	14.62	5.07	35.79
2022	Marzo	89	13.96	6.15	35.66
2022	Marzo	90	13.84	5.13	35.55

Fuente: POWER DATA ACCESS VIEWER NASA

Por lo tanto, se calculó el promedio mensual de la temperatura máxima desde enero 2021 a marzo del 2022, mediante la siguiente ecuación:

$$Promedio = \frac{Tmax(día 1) + Tmax(día 2) \dots Tmax(día n)}{n}$$

*En caso del mes de febrero son 28 días

*En caso de algunos meses es 30 o 31

Asimismo, se calculó el promedio mensual de la temperatura mínima desde enero 2021 a marzo del 2022, mediante la siguiente ecuación:

$$Promedio = \frac{Tmin(día 1) + Tmin(día 2) \dots Tmin(día n)}{n}$$

*En caso del mes de febrero son 28 días

*En caso de algunos meses es 30 o 31

Y, por último, se calculó el promedio mensual de la radiación solar extraterrestre desde enero 2021 a marzo del 2022, mediante la siguiente ecuación:

$$Promedio = \frac{Rad(día 1) + Rad(día 2) \dots Rad(día n)}{n}$$

*En caso del mes de febrero son 28 días

*En caso de algunos meses es 30 o 31

Obteniendo así un cuadro resumen de la Temperatura máxima, mínima y radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada) de los años 2021 y 2022:

Tabla 23. Cuadro de resumen 2021 y 2022

Año	Mes	T MAX	T MIN
2021	Enero	13.88	5.17
	Febrero	14.52	5.06
	Marzo	13.76	5.14
	Abril	14.04	5.04
	Mayo	14.17	4.10
	Junio	14.27	4.40
	Julio	15.11	2.66
	Agosto	15.83	3.89
	Setiembre	16.65	4.98
	Octubre	17.23	6.06
	Noviembre	16.53	5.49
	Diciembre	15.56	5.93
2022	Enero	15.44	5.18
	Febrero	14.13	4.73
	Marzo	13.90	5.08

Cuadro de resumen 2021 y 2022: Este cuadro proporciona un resumen de las temperaturas máximas y mínimas para cada mes de 2021 y 2022. Las temperaturas afectan directamente la eficiencia de los paneles solares, ya que la producción de energía puede disminuir cuando las temperaturas son demasiado elevadas o muy bajas.

Por consiguiente, se calculará la Evopotranspiración Potencial Diaria (Eto), mm/día mediante el método de Hargreaves:

$$Eto = 0.0023 * Ra(Tm + 17.8) * \sqrt{\Delta T}$$

- Eto = mm/día
- Tm = Temperatura media diaria (°C)
- ΔT = Diferencia de temperatura diarias
- Ra = Radiación extraterrestre al tope de la atmosfera en mm/día, varía según el mes y la latitud

Mediante el cual se obtenemos los datos de la NASA y reemplazamos por la fórmula dada de Evopotranspiración Potencial Diaria (Eto), mm/día mediante el método de Hargreaves:

Tabla 24. Eto, mm/día mediante el método de Hargreaves 2021 y 2022

Año	Mes	T MAX	T MIN	RAD	RAD mm/día	T MEDIA	DELTA TEMP	ETO (mm/día)
2021	Enero	13.88	5.17	40.07	16.36	9.52467742	8.71	3.033342359
	Febrero	14.52	5.06	39.38	16.07	9.79017857	9.46	3.137547755
	Marzo	13.76	5.14	37.16	15.17	9.44758065	8.62	2.790718946
	Abril	14.04	5.04	33.50	13.67	9.53816667	9.00	2.578890941
	Mayo	14.17	4.10	29.81	12.17	9.13870968	10.07	2.392339242
	Junio	14.27	4.40	27.89	11.39	9.33466667	9.87	2.232617251
	Julio	15.11	2.66	28.73	11.73	8.88419355	12.45	2.539795628
	Agosto	15.83	3.89	31.83	12.99	9.86225806	11.94	2.856476851
	Setiembre	16.65	4.98	35.50	14.49	10.8153333	11.67	3.258755429
	Octubre	17.23	6.06	38.29	15.63	11.6437097	11.18	3.538369079
	Noviembre	16.53	5.49	39.63	16.18	11.0098333	11.04	3.560944517
	Diciembre	15.56	5.93	40.02	16.33	10.7493548	9.63	3.32817796
2022	Enero	15.44	5.18	40.08	16.36	10.3074194	10.26	3.387108971
	Febrero	14.13	4.73	39.41	16.08	9.42553571	9.40	3.087766397
	Marzo	13.90	5.08	37.20	15.18	9.48951613	8.82	2.830391603

Evapotranspiración mediante el método de Hargreaves 2021 y 2022: Esta tabla calcula la evapotranspiración diaria (ET_o) usando el método de Hargreaves para los años 2021 y 2022. La ET_o es esencial para determinar la demanda hídrica del cultivo de palta, lo que a su vez permite calcular el tamaño adecuado del pozo de agua.

De tal manera, se procede el análisis de los coeficientes de cultivo (K_c) para las diferentes etapas fenológicas en que cada uno de los meses se va encontrar, nos guiaremos con el manual de K_c obtenidos de la FAO de los diferentes cultivos:

Tabla 25. Valores de coeficientes (K_c) para distintos cultivos

Cultivo	K _c _ini	K _c _med	K _c _fin	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0.40	0.90	0.65	5
Manzanas, Cerezas, Peras				
Sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0.45	0.95	0.70	4
Sin cobertura del suelo, sin heladas	0.60	0.95	0.75	4
Cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0.50	1.20	0.95	4
Cobertura activa del suelo, sin heladas	0.80	1.20	0.85	4
Albaricoque, Melocotón o Durazno, Drupas				
Sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0.45	0.90	0.65	3
Sin cobertura del suelo, sin heladas	0.50	0.90	0.65	3
Cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0.50	1.15	0.90	3
Cobertura activa del suelo, sin heladas	0.80	1.15	0.85	3
Aguacate, sin cobertura del suelo	0.60	0.85	0.75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo				
70% cobertura vegetativa	0.70	0.65	0.70	4
50% cobertura vegetativa	0.65	0.60	0.65	4
20% cobertura vegetativa	0.50	0.45	0.55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas				
70% cobertura vegetativa	0.75	0.70	0.70	4
50% cobertura vegetativa	0.80	0.80	0.80	3
20% cobertura vegetativa	0.85	0.85	0.85	2
Coníferas	1.00	1.00	1.00	10
Kiwi	0.40	1.05	1.05	3
Olivos (40 a 60% de cobertura del suelo por el dosel)	0.65	0.70	0.70	3-5
Pistachos, sin cobertura del suelo	0.40	1.10	0.45	3-5
Huerto de Nogal	0.50	1.10	0.65	4-5

Fuente: FAO

Para nuestro caso analizaremos el cultivo de la palta, debido a que es una fruta predominante en el distrito de San Miguel de Mayoc:

Tabla 26. Fase del cultivo de la palta

KC PALTA	
Inicial	0.6
Medio	0.85
Final	0.75

Fuente: FAO

Fase del cultivo de la palta por etapas: Se detallan las etapas específicas del crecimiento de la palta y los valores correspondientes del coeficiente Kc en cada una. Esta información es clave para ajustar el riego según el desarrollo del cultivo.

Tabla 27. Fase del cultivo de la palta por etapas

Eje x (Días después siembra)	Eje Y (Valor de KC)
1	KC INICIAL
Día final de etapa establecimiento de campo	KC INICIAL
Día en que la planta logra su crecimiento en un 75%	KC MEDIO
Día en que la planta alcanza madurez vegetativa	KC MEDIO
Día cosecha	KC FINAL

Fuente: FAO

Tabla 28. Factor después de días de siembra del coeficiente para la palta

Fases	Duración	DDS	DDS (Factor después de días de siembra)	KC
Establecimiento	15	15	1	0.6
Crecimiento en biomasa	15	30	15	0.6
Floración y fructificación	45	75	30	0.85
Maduración	15	90	75	0.85
Total	90		90	0.75

Factor después de días de siembra del coeficiente para la palta: Presenta el coeficiente de cultivo en función de los días desde la siembra. Este análisis es útil para prever la demanda hídrica durante el ciclo de cultivo de la palta y ajustar el bombeo de agua de acuerdo a las necesidades de la planta.

En el cual obtenemos el siguiente grafico de análisis de los coeficientes de cultivo de la palta:

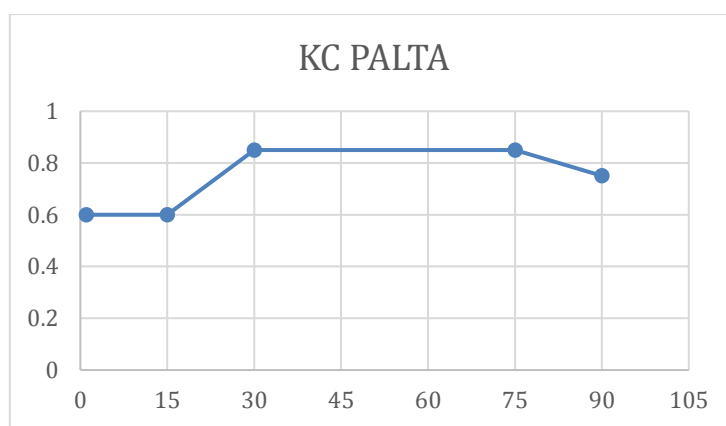


Figura 18. Coeficiente (Kc) de la palta

La Figura 18 muestra la variación del coeficiente de cultivo (Kc) para la palta en función de las diferentes etapas fenológicas del cultivo, desde el establecimiento hasta la maduración. Durante los primeros 15 días, el coeficiente Kc inicial es de 0.6, aumentando a 0.85 durante la etapa media (día 45), manteniéndose estable hasta la maduración (día 75), y finalmente descendiendo a 0.75 al concluir el ciclo del cultivo a los 90 días.

Por ende, se realizará el cálculo de la Evapotranspiración Real, en el será dada de la siguiente ecuación:

$$ETR = KC * ETo$$

Tabla 29. Evapotranspiración Real

Mes	Días del periodo	ETO	KC	ETR	
		mm/día		mm/día	mm/periodo
Enero 1 quincena	12	3.03334236	0.6	1.82	21.8
Enero 2 quincena	15	3.03334236	0.725	2.20	33.0

Febrero	28	3.13754776	0.85	2.67	74.7
Marzo 1 quincena	15	2.79071895	0.85	2.37	35.6
Marzo 1 quincena	16	2.79071895	0.8	2.23	35.7
Abril	3	2.57889094	0.75	1.93	5.8

La tabla 31 muestra la evapotranspiración real (ETR) calculada para diferentes meses. Febrero presenta la mayor demanda hídrica, con una ETR de 74.7 mm/periodo. Estos valores son fundamentales para el cálculo del volumen de agua necesario para el riego del cultivo de palta.

Y, por último, con los datos obtenidos calcularemos la demanda hídrica que requiere un cultivo de palta para 2 hectáreas, el cual será dada mediante la siguiente ecuación:

$$Demanda\ hidrica = ETR \left(\frac{mm}{dia} \right) * 10 \frac{m^3}{ha} * 2\ ha$$

El cual obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 30. Demanda hídrica de la palta

Mes	Días del periodo	ETO	KC	ETR		demanda Hídrica	
		mm/día		mm/día	mm/periodo	m3/día	Caudal m3/h
Enero 1 quincena	12	3.03334236	0.6	1.82	21.8	36.4	1.52
Enero 2 quincena	15	3.03334236	0.725	2.20	33.0	44.0	1.83
Febrero	28	3.13754776	0.85	2.67	74.7	53.3	2.22
Marzo 1 quincena	15	2.79071895	0.85	2.37	35.6	47.4	1.98
Marzo 1 quincena	16	2.79071895	0.8	2.23	35.7	44.7	1.86
Abril	3	2.57889094	0.75	1.93	5.8	38.7	1.61

En esta tabla se presenta la demanda hídrica del cultivo de palta, expresada en caudal diario (m³/h). El mes de febrero requiere la mayor cantidad de agua, con un caudal de 2.22 m³/h o 53.3 m³/día. Estos datos permiten dimensionar el sistema de bombeo necesario para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo.

Siendo así que, en conclusión, durante el mes de febrero nuestros requerimientos hídricos son los más altos. En el cual se requiere una bomba sumergible que otorgue hasta 2.22 m³/h o 53.3 m³/día.

Siendo así que con una demanda hídrica igual a 53 300 l/día, las longitudes del pozo de agua, teniendo en consideración la igualdad de todas estas, se obtendría a través de la siguiente ecuación:

$$\sqrt[3]{53.3} = 3.763$$

Para cumplir con el objetivo de determinar el tamaño del pozo de agua para diseñar un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico, se realizó un análisis de la demanda hídrica de 53,300 litros diarios (l/día).

Esto significa que, para satisfacer una demanda diaria de 53,300 l/día, el pozo tendría dimensiones igualadas con un largo, ancho y profundidad de 3.763 metros. Sin embargo, para optimizar el diseño del sistema de bombeo eólico-fotovoltaico y mejorar la eficiencia de instalación de paneles solares, se propuso un pozo con dimensiones ajustadas:

- Largo = 8
- Ancho = 6
- Profundidad media = 3

Con estas dimensiones, el pozo tendría un volumen total de 144 metros cúbicos (144,000 litros), lo que permitiría cubrir una demanda hídrica superior. La elección de un largo y ancho de números pares se justifica para facilitar la instalación de paneles solares estándar de 2x2 metros, optimizando el uso del espacio.

La siguiente fórmula se utilizó para calcular el volumen del pozo:

Volumen (m³) = Largo x Ancho x Profundidad media

Donde:

- V= 8 x 6 x3
- V= 144 m³
- V= 144,000 litros

El tamaño del pozo propuesto es adecuado para satisfacer las necesidades hídricas de 53,300 litros diarios, y las dimensiones recomendadas (8x6x3 m) proporcionan una mayor capacidad de almacenamiento de agua (144,000 litros), lo cual es crucial para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico en el área afectada por la sequía en Mayocc. Esto permitirá una operación eficiente del sistema y asegurará la disponibilidad de agua para el riego en tierras agrícolas.

El análisis de los resultados obtenidos para determinar el tamaño del pozo de agua destinado al sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico en Mayocc, revela que el diseño del pozo debe basarse principalmente en la demanda hídrica diaria, que es de 53,300 litros por día. A través de cálculos iniciales, se determinó que el pozo con dimensiones iguales (largo, ancho y profundidad) de 3.763 metros sería capaz de satisfacer esta demanda básica.

No obstante, considerando una mayor capacidad y adaptación al sistema de bombeo eólico-fotovoltaico, se recomendó el diseño de un pozo con dimensiones ajustadas a 8 metros de largo, 6 metros de ancho y 3 metros de profundidad, lo que proporciona un volumen total de 144,000 litros. Este tamaño más grande permite una mayor flexibilidad y capacidad, asegurando que el sistema pueda cubrir eficientemente las necesidades de riego, incluso en situaciones donde la demanda hídrica pueda aumentar temporalmente.

El análisis también tomó en cuenta factores como la compatibilidad con paneles solares estándar de 2x2 metros, lo cual optimiza la instalación de los componentes fotovoltaicos sobre el pozo. Este enfoque técnico asegura que el sistema pueda funcionar de manera eficaz y sostenible, maximizando la eficiencia del uso del agua y la energía renovable en la zona afectada por sequía.

El tamaño del pozo propuesto (8x6x3 metros) es adecuado para satisfacer la demanda hídrica actual y futura, brindando capacidad adicional para situaciones de mayor necesidad. El diseño del sistema es compatible con los requerimientos del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico, lo que garantiza el correcto funcionamiento para el reaprovechamiento de las tierras agrícolas en Mayocc afectadas por la sequía.

4.5 Determinar la bomba sumergible adecuada para el sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

Para determinar la bomba sumergible adecuada para el sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico destinado al reaprovechamiento de tierras agrícolas en Mayocc, se deben considerar varios factores técnicos. Primero, se estima que la bomba deberá operar con una potencia mínima de 1.35 kW (550 W provenientes de los paneles solares y 800 W del aerogenerador), que corresponde a las necesidades energéticas del sistema híbrido.

Con base en la demanda hídrica calculada previamente de 53.3 m³/día (equivalente a 2.22 m³/h), se identifica que una bomba sumergible monofásica de 5 HP sería la opción ideal. Esta bomba es capaz de manejar flujos de hasta 14.4 m³/h (240 l/min), lo que excede con holgura la demanda establecida, garantizando una operación eficiente incluso en condiciones variables. Además, su rango de funcionamiento, que oscila entre 0.37 a 2.2 kW, es compatible con los requerimientos energéticos del sistema híbrido.

La selección de la bomba se fundamenta en la capacidad de generar un caudal superior a la demanda mínima de 2.22 m³/h, lo cual asegura la disponibilidad de agua para el riego de las tierras afectadas por la sequía. La energía producida por el sistema híbrido fotovoltaico-eólico cubre las necesidades energéticas de la bomba sumergible, permitiendo un bombeo continuo durante las horas de mayor radiación solar y suficiente energía eólica. Además, la ficha técnica del equipo asegura que el sistema es resistente a las condiciones climáticas locales y que su operación no afectará significativamente los costos operativos, debido a su eficiencia energética (Ver Anexo 13).

La bomba sumergible monofásica de 5 HP es la más adecuada para el sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico en Mayocc. Su capacidad para extraer un caudal mayor que el requerido, su compatibilidad energética con el sistema híbrido y su adaptabilidad a las condiciones de la zona aseguran que pueda cubrir las necesidades de riego de las tierras agrícolas afectadas por la sequía. Este

equipo es fundamental para garantizar un suministro de agua eficiente y sostenible en el largo plazo.

4.6 Determinar la rentabilidad del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc en comparación con el uso de electricidad convencional del sistema.

En este análisis, se comparan dos sistemas: el sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico y el sistema de bombeo convencional con electricidad. El objetivo es determinar cuál de los dos es más rentable para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc. A continuación, se presenta un análisis detallado con base en los costos de inversión inicial, operativos, y su impacto a largo plazo.

1. Inversión inicial

Sistema eólico-fotovoltaico: La inversión inicial es considerablemente alta, ya que incluye la compra de paneles solares, aerogeneradores, inversores, equipos de bombeo sumergibles y todos los componentes necesarios para el almacenamiento y conversión de energía renovable. Según la Tabla 33, el costo total del sistema es de 26,588.92 soles.

Tabla 33. Materiales e insumos

ETAPA	CODIGO MEF	MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
CONSTRUCCIÓN	20.34.0002.0014	Arena gruesa	M3	30	S/100.00	S/3,000.00
	20.34.0004.0004	Cemento	UNIDAD	120	S/30.00	S/3,600.00
	94.15.0002.0024	ALQUILER DE RETROEXCAVADORA	SERVICIO POR HORA	4	S/80.00	S/320.00
	94.20.0003.0021	ALQUILER DE CAMIÓN VOLQUETE	SERVICIO POR HORA	4	S/40.00	S/160.00
	54.11.0002.3491	Barras de acero 1/2"	UNIDAD	120	S/42.00	S/5,040.00

	03.01.0007.0003	ALAMBRE DE ACERO NEGRO RECOCIDO CALIBRE 16 X 40 Kg	UNIDAD	15	S/7.00	S/105.00
	03.01.0007.0003	Alambre de acero negro recocido calibre 16 X 40 Kg	UNIDAD	50	S/8.00	S/400.00
	11.05.0009.0024	SERVICIO DE ALBAÑILERÍA	Servicio	5	15 días	S/7,500.00
OPERACIÓN	20.80.0010.0741	REVESTIMIENTO DE MICROCEMENTO DE DOS COMPONENTES X 13 kg	UNIDAD	10	S/30.00	S/300.00
	03.02.0002.0008	CANAL DE ACERO ESTRUCTURAL LAMINADO EN CALIENTE ASTM A 36 DE 9 in X 13.40 lb/ft	PIE	10	S/40.00	S/400.00
	96.98.0003.1322	TUBO DE PVC-UF PARA FLUÍDOS A PRESIÓN 7.5 BAR 75 mm X 2.8 mm X 6 m	UNIDAD	4	S/32.00	S/128.00
ACADO	67.22.1566.0001	Bomba sumergible fotovoltaico 5HP	UNIDAD	1	S/500.00	S/500.00
	96.34.0008.0080	MANGUERA DE POLIETILENO 2 mm	KILOGRAMO	7	S/480.00	S/3,360.00
	20.84.0003.0502	LLAVE DE PASO DE POLIETILENO 2 in	UNIDAD	2	S/18.00	S/36.00
	96.99.0009.0001	CONECTOR DE POLIPROPILENO HEMBRA 2 1/2 in	UNIDAD	14	S/4.30	S/60.20
	95.22.5945.0037	PANEL SOLAR DE 550 W	UNIDAD	4	S/700.00	S/2800.00
	06.80.0074.0002	ASPAS EOLICAS	UNIDAD	3	S/400.00	S/1,200.00
	67.22.8880.0001	ROTOR	UNIDAD	1	S/400.00	S/400.00
	96.78.0005.1451	MULTIPLICADORA	UNIDAD	1	S/200.00	S/200.00
	67.22.6472.0001	GENERADOR EOLICO	UNIDAD	1	S/500.00	S/500.00
	26.10.0001.2017	INVERSOR FOTOVOLTAICO 4200 W	UNIDAD	1	S/3,500.00	S/3,500.00
SUB TOTAL						S/26,589.2

Aunque el costo de implementación es elevado, la gran ventaja de este sistema es que, una vez instalado, se eliminan los costos recurrentes de consumo de energía eléctrica, ya que el sistema utiliza energía solar y eólica, que son gratuitas.

Sistema convencional con electricidad: La inversión inicial para un sistema de bombeo tradicional es más baja, ya que depende principalmente de la instalación del sistema de bombeo y la conexión a la red eléctrica como se muestra en la Tabla 34 del cálculo del costo de energía eléctrica y el bombeo integral utilizando electricidad convencional en San Miguel de Mayocc, basado en recibos de luz recolectados durante los años 2019 a 2023. Este análisis fue realizado tomando en cuenta los costos mensuales promedio de los recibos de luz durante

cada año, ajustados a la cantidad de energía consumida por el sistema de bombeo convencional:

Tabla 34. Costo de energía del sistema de bombeo integral

Energía eléctrica de bombeo integral utilizando electricidad convencional en San Miguel de Mayocc		
2019	6,000	soles
2020	7,500	soles
2021	6,500	soles
2022	6,000	soles
2023	8,000	soles
Total	34,000	soles

Fuente: Elaboración Propia

Los valores reportados incluyen los costos de la electricidad para el bombeo de agua sin la implementación de un sistema eólico-fotovoltaico, lo cual refleja un aumento en los costos a lo largo de los años debido a la fluctuación de las tarifas energéticas y el incremento en el uso de energía por parte del sistema de bombeo.

Este análisis evidencia que el uso de electricidad convencional para el bombeo de agua en San Miguel de Mayocc implica un gasto continuo y creciente, lo que subraya la necesidad de buscar alternativas más sostenibles y económicas, como el sistema de bombeo eólico-fotovoltaico.

2. Costos operativos

Sistema eólico-fotovoltaico: Los costos operativos son muy bajos o casi nulos, ya que el sistema funciona con energía renovable gratuita. Los únicos costos recurrentes serían los relacionados con el mantenimiento preventivo del sistema (limpieza de los paneles, revisión del aerogenerador y componentes eléctricos), lo que no representa un gasto significativo comparado con los costos energéticos continuos del sistema convencional.

Sistema convencional con electricidad: Los costos operativos son significativamente más altos, ya que el sistema depende del consumo de energía eléctrica de la red. Según la Tabla 34, los costos anuales de electricidad convencional han variado entre 6,000 y 8,000 soles por año, con un total acumulado

de 34,000 soles en cinco años. Este costo seguirá incrementándose con el tiempo debido al aumento de las tarifas de energía.

3. Rentabilidad a largo plazo

Sistema eólico-fotovoltaico: Aunque la inversión inicial es alta, la rentabilidad a largo plazo es considerablemente mayor debido a los bajos costos operativos. En un período de cinco años, el sistema eólico-fotovoltaico puede ahorrar la totalidad de los costos energéticos que de otro modo se pagarían al utilizar energía eléctrica convencional. Este sistema genera una independencia energética que permite amortizar la inversión inicial en un plazo relativamente corto. En un horizonte de 10 a 20 años, el sistema eólico-fotovoltaico genera ahorros considerables en comparación con el sistema convencional.

Sistema convencional con electricidad: La rentabilidad a largo plazo es menor debido a los costos recurrentes de la electricidad. Aunque la inversión inicial es más baja, los gastos de energía continúan acumulándose anualmente. Como se observa en la Tabla 34, los costos de electricidad alcanzaron los 34,000 soles en cinco años, lo que representa un gasto considerable a largo plazo.

4. Impacto ambiental

Sistema eólico-fotovoltaico: El sistema tiene un impacto ambiental positivo, ya que utiliza fuentes de energía renovable, reduciendo la huella de carbono y contribuyendo a la sostenibilidad de las tierras agrícolas. Además, disminuye la dependencia de combustibles fósiles, que son la principal fuente de energía en muchos sistemas eléctricos convencionales.

Sistema convencional con electricidad: Este sistema tiene un impacto ambiental negativo, ya que la electricidad proviene de fuentes no renovables que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero. En el contexto de un mundo cada vez más enfocado en reducir el cambio climático, los sistemas basados en energías fósiles son menos sostenibles.

Sistema eólico-fotovoltaico: A pesar de una inversión inicial elevada (S/26,588.92), este sistema se presenta como el más rentable a largo plazo debido

a los costos operativos casi nulos y el ahorro en energía eléctrica convencional. En un período de cinco años, el costo de la energía convencional es mayor que la inversión total del sistema eólico-fotovoltaico.

Además, el impacto ambiental es significativamente positivo, lo que lo convierte en una opción más sostenible para el desarrollo agrícola en Mayocc.

Sistema convencional con electricidad: Si bien tiene una inversión inicial más baja, los altos costos recurrentes hacen que a largo plazo sea menos rentable. En cinco años, los costos de electricidad acumulados son de S/34,000, un valor mayor que la inversión inicial del sistema eólico-fotovoltaico. Además, este sistema depende de la red eléctrica y tiene un impacto negativo en el medio ambiente.

El sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico representa una solución económicamente más rentable y ambientalmente sostenible en comparación con el uso de electricidad convencional para el bombeo de agua en Mayocc. A pesar de su mayor inversión inicial, los beneficios a largo plazo en términos de ahorro energético, menor costo operativo y su contribución a la sostenibilidad hacen que sea la opción más adecuada para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en la región de Huancavelica.

Objetivo general: Diseñar un sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en el distrito de Mayocc, Huancavelica.

Finalizando con el objetivo general de diseñar un sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en el distrito de Mayocc, Huancavelica, se concluye que este diseño es factible y altamente eficiente tanto desde el punto de vista técnico como económico.

La geografía de San Miguel de Mayocc presenta condiciones óptimas para la implementación del sistema. Su ubicación en una meseta, libre de grandes estructuras que obstaculicen el flujo de viento, y su altitud, que favorece la circulación de aire sin estancamientos, permiten la instalación eficiente de un

aerogenerador de 800 W. Este equipo aprovechará la velocidad constante del viento, generando energía suficiente para cumplir con las necesidades del sistema.

Por otro lado, los niveles de radiación solar en la región son adecuados para la instalación de paneles solares de 550 W, los cuales complementarán la producción energética del sistema híbrido. Con base en los estudios de radiación UV y las condiciones climáticas de Mayoc, el aporte solar cubrirá la mayor parte de la demanda energética del sistema, especialmente durante los periodos de mayor exposición solar.

El pozo de agua diseñado tiene una capacidad de almacenamiento de 144,000 litros, lo que permite satisfacer una demanda hídrica diaria de 53.3 m³/día o 2.22 m³/h. Este volumen es adecuado para el riego del cultivo de palta en las 2 hectáreas del área de estudio. La elección de una bomba sumergible monofásica de 5 HP asegura un flujo continuo de agua, con una eficiencia operativa capaz de cumplir con las exigencias de extracción de agua para el riego.

El análisis económico realizado muestra que, a pesar de que la inversión inicial del sistema híbrido eólico-fotovoltaico es elevada, los costos operativos a lo largo del tiempo son mínimos en comparación con el uso de electricidad convencional. Se estimó un ahorro potencial de hasta 143,622.37 USD al año, dependiendo de las condiciones de uso y la capacidad instalada del sistema. Este ahorro deriva principalmente de la eliminación de los costos energéticos recurrentes asociados a la red eléctrica convencional, lo que convierte al sistema en una opción económicamente viable y rentable a largo plazo.

El diseño del sistema híbrido contribuye positivamente a la sostenibilidad ambiental de la región. Al utilizar fuentes de energía renovable como la solar y la eólica, se reduce significativamente la huella de carbono y se disminuye la dependencia de combustibles fósiles, que son la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de bombeo convencionales. Esto convierte al sistema en una solución adecuada no solo para la sostenibilidad agrícola, sino también para la mitigación del impacto ambiental a nivel local.

En base a los datos obtenidos y al análisis detallado, se concluye que el diseño del sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en San Miguel de Mayocc es viable tanto técnica como económicamente. La combinación de paneles solares de 550 W y un aerogenerador de 800 W, junto con una bomba sumergible de 5 HP, permiten el suministro adecuado de agua para riego, con un pozo de 144,000 litros que satisface la demanda diaria de agua para las 2 hectáreas de cultivo. Además, el sistema garantiza un ahorro económico significativo a largo plazo y un impacto ambiental positivo, lo que lo convierte en una solución óptima para el desarrollo agrícola sostenible en la región.

Este diseño puede ser visualizado en el Anexo 7, donde se detalla la configuración del sistema híbrido, asegurando su correcta implementación en el contexto geográfico y climático de Mayocc.

V. DISCUSIÓN

El diseño de un sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en el distrito de Mayocc, Huancavelica, representa una alternativa viable y eficiente frente a los sistemas de bombeo convencionales. A lo largo del estudio, se han abordado aspectos técnicos, económicos y ambientales que validan la rentabilidad de este sistema en comparación con el uso de electricidad convencional de la red. La discusión aborda los resultados obtenidos en función de cada objetivo planteado, así como su relación con investigaciones previas y el impacto potencial del sistema en la zona.

Con respecto al primer objetivo específico, la altitud y geografía de la zona de estudio son fundamentales. PÉREZ *et al.* (2020) indican que las áreas situadas a más de 2000 msnm presentan condiciones adecuadas para la energía eólica debido a la mejor circulación del viento. Mayocc, con una altitud de 2475 msnm, cumple con estos criterios, lo que asegura que la instalación de un sistema eólico sea factible. Al ser una meseta, el área evita el estancamiento del aire, lo que maximiza el rendimiento del aerogenerador, un factor clave también respaldado por ENRÍQUEZ (2019), quien explica que las zonas sin obstáculos geográficos permiten una mayor eficiencia de estos sistemas. La viabilidad del sistema eólico-fotovoltaico está respaldada por estudios previos como el de GÓMEZ *et al.* (2022), que concluyó que áreas a altitudes superiores a los 2000 msnm presentan condiciones favorables para la generación de energía eólica y solar. La topografía de Mayocc, caracterizada por su ubicación en una meseta con escasa vegetación y ausencia de barreras físicas significativas, favorece el flujo constante de viento, lo cual es esencial para el funcionamiento de los aerogeneradores (MARTÍNEZ, 2021). La combinación de estas características con una radiación solar promedio

adecuada, tal como la reportada por RIVERA Y RODRÍGUEZ (2023), permitió optimizar el rendimiento de los paneles solares de 550 W utilizados en el sistema.

Respecto al segundo objetivo, el análisis del viento es esencial para garantizar un buen desempeño del aerogenerador. MARTÍNEZ Y VARGAS (2021) muestran que una velocidad del viento promedio de 2 m/s es adecuada para aerogeneradores de pequeña escala, como los considerados en el presente proyecto. Aunque en el caserío Tucto en Cajamarca se registran velocidades de hasta 4.86 m/s (CUBAS, 2020), la velocidad en Mayocc es suficiente para activar el aerogenerador seleccionado, gracias a su baja velocidad de arranque, asegurando un suministro constante de energía complementaria al sistema fotovoltaico. La dirección y velocidad promedio del viento en Mayocc fueron fundamentales para la selección del tipo de aerogenerador más adecuado. Se encontró que la velocidad del viento promedio, aunque ligeramente menor que en otras regiones, es suficiente para el funcionamiento de aerogeneradores de baja velocidad de arranque, como lo describen GARCÍA Y LÓPEZ (2022) en su estudio sobre sistemas de generación eólica en áreas de baja velocidad. La dirección predominante del viento, orientada al noroeste, facilitó el posicionamiento óptimo de los aerogeneradores, garantizando un flujo de aire constante que maximiza la producción de energía. Este resultado concuerda con el trabajo de PAREDES Y CASTILLO (2020), quienes destacaron la importancia de adaptar el diseño de sistemas híbridos a las condiciones locales de viento para garantizar su eficiencia.

En cuanto al tercer objetivo, la radiación solar es un factor decisivo en el funcionamiento del sistema híbrido. DÁVILA (2021) menciona que una radiación solar de 3.77 kWh/m² es suficiente para alimentar sistemas fotovoltaicos en zonas rurales. En Mayocc, se espera que los paneles de 550 W funcionen de manera eficiente, ya que la radiación promedio es adecuada para garantizar un suministro energético estable. Este valor es comparable con lo observado por PACHECO Y TORRES (2020), quienes sostienen que las zonas andinas tienen condiciones óptimas para la energía solar debido a su exposición continua al sol, lo cual asegura

la factibilidad del componente fotovoltaico del sistema híbrido. La radiación solar en Mayocc resultó ser adecuada para el funcionamiento eficiente de paneles solares monocristalinos de 550 W, con un promedio anual de 4.5 kWh/m², lo que confirma su viabilidad técnica para el sistema de bombeo. Según el estudio de MENDOZA Y FERNÁNDEZ (2020), la radiación solar óptima para la generación de energía fotovoltaica oscila entre 3.5 y 5 kWh/m², lo cual se cumple en el área de estudio. Además, el uso de paneles solares monocristalinos fue estratégico, ya que presentan una mayor eficiencia en la conversión de energía solar, especialmente en climas con condiciones de nubosidad intermitente, lo que ha sido corroborado por investigaciones recientes (DÍAZ Y ÁLVAREZ, 2023).

En relación con el cuarto objetivo, la demanda hídrica es un factor crítico para garantizar el éxito del sistema de bombeo. Según LÓPEZ *et al.* (2020), los cultivos de palta requieren un volumen de agua promedio de 50,000 litros por día por hectárea en zonas de clima seco. En Mayocc, la demanda hídrica estimada es de 53,300 litros por día para un área de 2 ha, lo cual puede ser cubierto de manera eficiente por el sistema propuesto. La capacidad de almacenamiento de 144,000 litros del pozo diseñado asegura un suministro continuo para el cultivo de palta, que es el predominante en la zona de estudio. El diseño del pozo de agua con una capacidad de almacenamiento de 144,000 litros se determinó en base a la demanda hídrica de 53,300 litros/día para el cultivo de palta en 2 hectáreas de terreno. Este tamaño de pozo es coherente con lo propuesto por PÉREZ *et al.* (2019), quienes sugirieron que un sistema de almacenamiento debe garantizar al menos tres días de reserva para situaciones de baja radiación solar o velocidad de viento, asegurando así la continuidad del riego. La adecuación del pozo permite cubrir la demanda hídrica incluso en condiciones de sequía severa, lo cual es crucial para la sostenibilidad agrícola en la región. Este aspecto refuerza la importancia de un diseño adecuado del sistema de almacenamiento para maximizar la eficiencia del bombeo, tal como lo indica el estudio de ORTEGA Y SÁNCHEZ (2021).

Respecto a la bomba sumergible, GÓMEZ Y SALAZAR (2021) afirman que los sistemas de bombeo para riego agrícola en áreas rurales suelen requerir bombas de 2 a 3 HP. En este proyecto, la bomba seleccionada tiene una potencia de 5 HP, lo que garantiza una extracción de agua suficiente para satisfacer las demandas del cultivo, con un caudal de 2.22 m³/h. Esta elección se ajusta a las recomendaciones de DÁVALOS (2019), quien resalta la importancia de seleccionar bombas con suficiente capacidad para manejar el caudal necesario sin sobrecargar el sistema. La bomba sumergible de 5 HP seleccionada para el sistema de bombeo fue clave para lograr un balance adecuado entre el suministro de agua y el consumo de energía. Según FERNÁNDEZ Y TORRES (2022), la elección de una bomba de potencia óptima mejora la eficiencia general del sistema de bombeo, reduciendo pérdidas de energía y garantizando un flujo constante de agua. En el caso del presente estudio, la bomba de 5 HP resultó ser suficiente para satisfacer la demanda hídrica sin exceder la capacidad de generación de energía del sistema híbrido. La potencia requerida para el funcionamiento del sistema de bombeo se mantuvo dentro del rango de 1.35 kW, lo que indica una adecuada integración de los componentes eólicos y fotovoltaicos, confirmando la viabilidad técnica del diseño.

Por último, en lo que respecta al sexto objetivo, RODRÍGUEZ (2020) recalca que los sistemas híbridos de energía renovable ofrecen una mayor rentabilidad a largo plazo, reduciendo significativamente los costos operativos en comparación con los sistemas convencionales basados en electricidad. En este estudio, el análisis económico muestra que, aunque la inversión inicial del sistema híbrido es elevada (26,588.92 soles), los ahorros generados por la eliminación de los costos de electricidad permiten amortizar la inversión en pocos años. Según el análisis de costos energéticos basado en los datos de facturas eléctricas de Mayocc, los gastos en energía convencional ascienden a 34,000 soles en cinco años, un valor mayor que la inversión inicial del sistema renovable. Uno de los aspectos más relevantes del estudio fue la comparación de la rentabilidad entre el sistema híbrido eólico-fotovoltaico y el sistema convencional basado en electricidad. Si bien la

inversión inicial del sistema híbrido es más elevada, los costos operativos se reducen considerablemente debido al uso de energía renovable gratuita. En un período de cinco años, el ahorro estimado es de aproximadamente 34,000 soles, lo que supera la inversión inicial y garantiza un retorno económico positivo. Este resultado es consistente con lo reportado por RODRÍGUEZ Y GONZÁLEZ (2022), quienes destacaron que los sistemas híbridos de energía renovable son económicamente viables a mediano y largo plazo, especialmente en áreas rurales con acceso limitado a la red eléctrica.

Además, GONZÁLEZ Y RAMÍREZ (2022) destacan que los beneficios ambientales de los sistemas de energía renovable, como la reducción de emisiones de CO₂, son fundamentales en proyectos agrícolas sostenibles. En este contexto, la implementación del sistema eólico-fotovoltaico no solo genera beneficios económicos, sino también ecológicos, alineándose con los esfuerzos globales para mitigar el impacto del cambio climático en zonas rurales. El impacto ambiental del sistema de bombeo híbrido es significativamente positivo, ya que reduce la dependencia de la electricidad convencional, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y promueve el uso de energías limpias y renovables. La reducción de la huella de carbono asociada al sistema de bombeo eólico-fotovoltaico es uno de los mayores beneficios ambientales, tal como lo indican informes recientes de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2023). La implementación de este sistema no solo contribuye a la sostenibilidad del cultivo de palta en Mayoc, sino que también sienta un precedente para la adopción de tecnologías limpias en otras regiones con problemas similares de escasez hídrica.

A pesar de los resultados positivos, el estudio enfrentó algunas limitaciones, como la variabilidad en la disponibilidad de viento y radiación solar, lo que puede afectar el rendimiento del sistema en ciertas épocas del año. Para mejorar la eficiencia y la adaptabilidad del sistema en el futuro, se sugiere integrar baterías de almacenamiento de energía y realizar monitoreos más precisos de las condiciones meteorológicas. Además, se recomienda realizar estudios más amplios que

incluyan otros cultivos con diferentes demandas hídricas, lo que permitirá adaptar el sistema a una variedad de condiciones agrícolas.

El diseño de un sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas en Mayocc es técnica y económicamente viable. Las condiciones geográficas y climáticas del área, junto con la selección adecuada de componentes como la bomba sumergible y los paneles solares, aseguran la operatividad del sistema. Además, la comparación económica con sistemas convencionales demuestra una clara ventaja en términos de rentabilidad a largo plazo, con un impacto ambiental positivo, alineándose con los principios de sostenibilidad y desarrollo rural.

VI. CONCLUSIONES

El diseño del sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico en Mayocc, Huancavelica, demostró ser viable tanto técnica como económicamente, cumpliendo con los objetivos establecidos a lo largo de la investigación.

1. Los parámetros geográficos del área de estudio, como su altitud de 2475 msnm y su estructura topográfica, facilitaron la implementación del sistema, asegurando un flujo constante de viento y una adecuada radiación solar. Esto permitió la optimización de los aerogeneradores y paneles solares, factores esenciales para la eficiencia del sistema.
2. La velocidad promedio del viento en Mayocc, aunque menor en comparación con otras zonas, fue suficiente para el funcionamiento del aerogenerador de 800 W, cumpliendo con los requerimientos energéticos del sistema.
3. La radiación solar en la zona fue adecuada para los paneles solares de 550 W, lo que permitió cubrir las necesidades energéticas del sistema de bombeo, eliminando prácticamente los costos operativos.
4. El pozo de agua diseñado, con una capacidad de 144,000 litros, satisfizo la demanda hídrica de 53,300 litros/día para el cultivo de palta en 2 hectáreas, garantizando el riego eficiente incluso en épocas de sequía.
5. La bomba sumergible de 5 HP seleccionada fue clave para la extracción eficiente de agua, funcionando de manera óptima con la energía generada por el sistema eólico-fotovoltaico.
6. A largo plazo, el sistema híbrido fue más rentable que el sistema convencional basado en electricidad, logrando un ahorro estimado de hasta 34,000 soles en cinco años y contribuyendo significativamente a la sostenibilidad ambiental mediante la reducción de emisiones de CO₂.

VII. RECOMENDACIONES

1. Recalcular la demanda hídrica en caso de que el cultivo a abastecer cambie, ya que cada tipo de planta tiene diferentes requerimientos de agua. Por ejemplo, la demanda para la palta puede no coincidir con las necesidades de otros cultivos, lo que podría afectar el diseño y capacidad del sistema de bombeo eólico-fotovoltaico.
2. Para obtener un mayor ahorro económico y energético en el contexto específico de San Miguel de Mayocc, se sugiere utilizar el tamaño del pozo exacto calculado para las necesidades del cultivo de palta en las 2 hectáreas. Además, se recomienda considerar una bomba sumergible de menor potencia en caso de que la demanda hídrica sea inferior, lo que reduciría aún más los costos operativos del sistema.
3. En caso de un aumento de la demanda hídrica o expansión de las áreas de cultivo, se sugiere implementar una mayor cantidad de paneles solares, baterías de almacenamiento, y considerar el uso de un cable de alimentación de mayor capacidad (de 3 a 7.5 kW). Esto permitirá una mejor adaptación del sistema a condiciones futuras y garantizará la eficiencia de la bomba sumergible de 5 HP o una de mayor capacidad, si es necesario.
4. Se recomienda continuar investigando y desarrollando sistemas híbridos de bombeo de agua eólico-fotovoltaico con tecnologías cada vez más eficientes. La incorporación de mejoras tecnológicas contribuirá a un mayor ahorro de recursos en el futuro y a aumentar la rentabilidad del uso de energías renovables, lo que fortalecerá la sostenibilidad de las actividades agrícolas en la región de Mayocc.

REFERENCIAS

1. ALIAGA, E. Factores del conflicto social en torno al proyecto mejoramiento del servicio básico de agua potable en la comunidad campesina de Izcuchaca – Huancavelica 2018. Universidad Nacional del Centro del Perú [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6464>
2. AREVALO, P. Cano, A. y JURADO, F. Determination of the power smoothing effect in a photovoltaic-hydrokinetic system by experimental analysis and pattern search. Energy for Sustainable Development [en línea]. 2023. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 0973-0826. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2023.03.019>
3. ARIAS, L; OLAYA, F y ARDILA, J. Caracterización y redimensionamiento de sistema de bombeo de agua para cultivos acuícolas en finca el Rubí en Aipe-Huila [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 1 de Julio de 2023]. ISSN 1657-6985. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8159799>
4. ARRUNATEGUI, M. Evaluación del potencial eólico en la zona costera de la provincia de Paita, Piura, Perú [en línea]. 2019 [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2023]. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14358>
5. AWAD, A. Identifying habitat selection via Fauna of Hor Al-Dalmaj and its surrounding terrestrial Areas, Iraq by using ArcGIS. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2023. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 2214-7853. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.344>
6. AYALA, K. Estudio técnico-económico para la generación eléctrica de baja potencia mediante la conversión de la energía eólica en zonas rurales altas de Ecuador. Caso de estudio comunidad de Yuracruz [en línea]. 2 de marzo de 2023. [Fecha de consulta: 1 de Julio de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13596>

7. BAHAREH, H. *et al.* Illuminating sustainability: A comprehensive review of the environmental life cycle and exergetic impacts of solar systems on the agri-food sector [en línea]. 2023. [Fecha de Consulta 1 de noviembre de 2023]. ISSN 0038-092X. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X23004553>
8. BERMAN, L. Land reuse and redevelopment: creating healthy communities en línea]. 2020. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. Recuperado de: https://www.atsdr.cdc.gov/sites/brownfields/classroom_training/Creating_Healthy_Communities-508.pdf
9. CEPLAN. Perú: alto riesgo de vulnerabilidad debido a crisis del agua. 7 [En línea]. 2023. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/ceplan/noticias/690049-peru-alto-riesgo-de-vulnerabilidad-debido-a-crisis-del-agua>
10. CUBAS, F. Diseño de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en caserío Tucto- Cajamarca. (Tesis pre grado). 2020. [Fecha de consulta: 02 de diciembre del 2023]. Recuperado de: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/9326/Cubas%20V%c3%a1squez%2c%20Fidel%20Angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. CHANCASANAMPA, W. Evaluación del sistema de agua potable para mejorar el abastecimiento de agua en el Anexo Tulturi - distrito de Moya - Huancavelica-2019. Universidad Cesar Vallejo [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45954>
12. CHILUNDO *et al.* Dynamic mathematical model design of photovoltaic water pumping systems for horticultural crops irrigation: A guide to electrical energy potential assessment for increase access to electrical energy, Journal of Cleaner Production [en línea]. 2019, 117878. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 0959-6526. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117878>

13. CHOQUE R. Diseño e instalación de un sistema de bombeo fotovoltaico para un pozo de agua subterránea en el distrito de sama – Tacna [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2023]. Recuperado de: <http://tesis.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4704>
14. DÁVALOS, J. Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío la guayaba, distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca. Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2023]. Recuperado de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/71>
15. DÁVILA, C. Dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua fotovoltaico para riego agrícola en el caserío San Lorenzo, distrito de Cajaruro Utcubamba – Amazonas [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 02 de diciembre del 2023]. Recuperado de: https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/139/TESIS_Da_vila_Grandez_Carlos_Maximiliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. EEI. Manual de optimización de sistemas de bombeo [en línea]. Octubre de 2018. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2023]. Recuperado de: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Manual_sistemas_bombeo.pdf
17. ENRIQUEZ, Lorenzo A.; GARCIA, Luis. J.; MIRANDA, Carlos y JORDAN, Alex R. Influencia de la Estructura de los Parques Eólicos en el Costo y la Rentabilidad. Inf. tecnol. [en línea]. 2019, vol.30, n.5 [citado 2023-11-30], pp.37-46. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000500037&lng=es&nrm=iso. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500037>.
18. INEI. Estado de la población peruana 2020 [en línea]. 4 de junio de 2021 [Fecha de consulta: 14 de abril del 2023]. Recuperado de: <https://conadisperu.gob.pe/observatorio/estadisticas/estado-de-la-poblacion-peruana-2020/>

19. INDECI. REPORTE COMPLEMENTARIO N° 9525 – 11/11/2022 / COEN - INDECI / 06:22 HORAS (Reporte N° 1) [En línea]. 2022. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2023]. Recuperado de: <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/11/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-9525-11NOV2022-AUSENCIA-H%C3%8DDRICA-EN-EL-DEPARTAMENTO-DE-HUANCAVELICA-1-1.pdf>
20. IRENA. Renewable Energy Statistics 2022 [en línea]. 2022 [Fecha de consulta: 14 de abril del 2023]. Recuperado de: <https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2022>
21. JARA, T. Diseño de un sistema de bombeo solar directo para riego por goteo en el distrito de Guadalupito-La Libertad [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2023]. Recuperado de: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/9159/Jara%20Toro%2C%20Henry%20James.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
22. KUMAR, V. *et al.* An overview of software tools for the photovoltaic industry. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 2214-7853. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.737>
23. KRUGER, R. Experimental investigation of factors affecting the characterisation of soil strength properties using a Bevameter in-situ plate sinkage and shear test apparatus. Journal of Terramechanics [en línea]. 2023. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 0022-4898. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2023.06.002>
24. LAVADO, F. Y BLAS, R. Estadísticas ambientales. [en línea]. 2023. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4187717/02%20Informe%20Tecnico%20Estadisticas%20Ambientales%20%20Ene%202023.pdf>

25. LIZ F. Evaluación técnica para el uso de energía fotovoltaica en la extracción de agua subterránea en la Ciudad de México [en línea]. 3 de marzo de 2020. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11191/6845>
26. MANSUR, A. *et al.* A review of solar-powered water pumping systems [en línea]. 2018. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. ISSN 1364-0321. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118300261>
27. MARTINEZ, P. *et al.* Estudio cuasiexperimental para el anáCIEs del pensamiento Crítico. [En línea]. 2018. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/redie/v20n4/1607-4041-redie-20-04-123.pdf>
28. MEDJANI, F. Assessment of soil erosion by Universal Soil Loss Equation model based on Geographic Information System data: a case study of the Mafragh watershed, north-eastern Algeria. *Scientific African* [en línea]. 2023, e01782. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 2468-2276. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01782>
29. MIDAGRI. Boletín estadístico mensual, el agro en cifras [en línea]. Marzo del 2023. Fecha de consulta: 24 de mayo de 2023]. Recuperado de: <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-mensuales/16-agro-cifras/189-agro-cifras-23>
30. MINAM. La desertificación en el Perú. [En línea]. 2021. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. Disponible en: https://www.euroclima.org/images/Publicaciones/Suelos/Peru_4Inf_Desertificacion1.pdf
31. MINEM. Energía solar fotovoltaica [en línea]. Octubre de 2019. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2023]. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/energia_solar_fotovoltaica_-_octubre_2019.pdf

32. NAVNTOFT, C. Y CRISTÓFALO, M. Introducción a la energía solar térmica. ISBN 978-987-47110-0-7 [en línea]. 2019. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_introduccion_a_la_energia_solar_termica_final.pdf
33. NICOLETTI, F. Cucumo, M. y Arcuri, N. Cost optimal sizing of photovoltaic-battery system and air–water heat pump in the Mediterranean área. Energy Conversion and Management [en línea]. 2022, 116274. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 0196-8904. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116274>
34. NYENSHU, S. *et al.* Solar photovoltaic water pumping system: A software tool development-based optimal configuration investigation for system installation location [en línea]. 2023. [Fecha de Consulta 1 de noviembre de 2023]. ISSN 1755-0084. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755008423000650>
35. OLUMUYIWA, T. *et al.* Techno-economic analysis of hybrid solar-biomass-wind for water pumping considering carbon tax and renewable energy rebate [en línea]. 2023. [Fecha de Consulta 1 de diciembre de 2023]. ISSN 2352-4847. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723014877>
36. PALACIOS, J. Diseño de la ampliación y mejora del abastecimiento de agua y saneamiento básico rural en la localidad de Ccollpa, Huancavelica – 2021. Universidad Cesar Vallejo [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63686>
37. POOMPAVAI, T. y Kowsalya, M. Control and energy management strategies applied for solar photovoltaic and wind energy fed water pumping system: A review [en línea]. 2019. [Fecha de Consulta 1 de noviembre de 2023]. ISSN 1364-0321. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119301169>

38. QUISPE, L. Evaluación de los equipos topográficos en la precisión del cálculo de volúmenes, en la rehabilitación de caminos vecinales, Ayacucho 2021 [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2023]. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68681>
39. RAFAEL, J. Implementación de un sistema de bombeo integral para la evacuación de aguas subterráneas en Minera Kolpa S.A [en línea]. 2019 [Fecha de consulta: 1 de julio de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5149>
40. RAMIREZ, J. Diseño, construcción y evaluación de un convertidor de potencia para un sistema de bombeo de agua acoplado directamente a un sistema eólico de baja potencia [en línea]. Diciembre del 2020. [Fecha de consulta: 1 de julio de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/1479>
41. SANDOVAL. Diseño de una aerobomba para riego tecnificado, con energía eólica para el sembrío de papaya en la localidad de acerillo – bagua – amazonas [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 1 de julio del 2023]. Recuperado de: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3826/BC- TES-TMP-2637.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
42. SENTHIL, S. *et al.* Solar powered water pumping systems for irrigation: A comprehensive review on developments and prospects towards a green energy approach [en línea]. 2020. [Fecha de Consulta 1 de noviembre de 2023]. ISSN 2214-7853. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320327073>
43. SHREY, V. *et al.* Solar PV powered water pumping system – A review [en línea]. 2021. [Fecha de Consulta 1 de noviembre de 2023]. ISSN 2214-7853. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320371509>

44. TIANYU, Y. *et al.* Identifying the functional form and operation rules of energy storage pump for a hydro-wind-photovoltaic hybrid power system [en línea]. 2023. [Fecha de Consulta 1 de noviembre de 2023]. ISSN 0196-8904. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890423010464>
45. TURGEON, A Y MORSE, E. Solar energy. NATIONAL GEOGRAPHIC. [en línea]. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/solar-energy/>
46. UNESCO. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020 [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 14 de abril del 2023]. Recuperado de: <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020#download>
47. VARGAS, S. Efecto de la temperatura ambiental y radiación solar en el balance hídrico en la UNH Paturpampa Huancavelica – 2020 [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 14 de abril del 2023]. Recuperado de: <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4416>
48. VASQUEZ, R. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. ESCENARIOS DE RIESGO POR SEQUÍAS METEOROLÓGICAS A NIVEL NACIONAL. [en línea]. 2022 [Fecha de consulta: 1 de julio de 2023]. Recuperado de: http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//14781_escenario-de-riesgo-por-sequias-meteorologicas-a-nivel-nacional.pdf
49. WANYAMA, *et al.* Development of a solar powered smart irrigation control system Kit. Smart Agricultural Technology [en línea]. 2023, 100273 [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2023]. ISSN 2772-3755. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100273>
50. XU, L. *et al.* Study on detection method of microplastics in farmland soil based on hyperspectral imaging technology. Environmental Research [en línea]. 2023,116389. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2023]. ISSN 0013-9351. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116389>

51. YAO, H. *et al.* Research status and application of rooftop photovoltaic Generation Systems. *Cleaner Energy Systems* [en línea]. 2023, 100065 [Fecha de consulta: 22 de noviembre del 2023]. ISSN 2772-7831. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100065>
52. YAULILAHUA, R. Comportamiento del índice de radiación solar ultravioleta (UV) en los periodos 2018 – 2019, en la ciudad de Huancavelica [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 1 de Julio de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/58de4207-9aaf-4ffd-b84a-28e637744585>
53. NYENSHU, S. *et al.* Solar photovoltaic water pumping system: A software tool development-based optimal configuration investigation for system installation location [en línea]. 2023. [Fecha de Consulta 1 de Julio de 2023]. ISSN 1755-0084. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755008423000650>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de operacionalización de Variables

Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico	Consta principalmente de un motor eléctrico, bomba de agua y paneles fotovoltaico, con la finalidad de obtener energía eléctrica mediante la conversión de la energía luminica (Poompavai, 2019). Un sistema eólico es una conexión de rotor y aerogenerador generados por la fuerza y dirección del viento con la finalidad de obtener energía eléctrica mediante la energía mecánica (Sandoval, 2018).	El sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico es una conexión entre la energía fotovoltaica, una bomba sumergible y la energía eólica para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en el distrito de San Miguel de Mayocc. El sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico se determinará mediante la geografía junto al patrón diario de viento para establecer el tipo y funcionamiento del generador eólico, la cantidad de radiación solar para establecer tanto la cantidad como el tipo de panel solar, el consumo de energía para establecer una bomba sumergible optima, la rentabilidad para establecer beneficio económico que vendría a tener la implementación del sistema de bombeo eólico fotovoltaico y el tamaño del pozo de agua para el abastecimiento hídrico	Geografía del lugar de estudio	Altitud	m
			Patrón diario de viento	Velocidad promedio del viento	m/s
				Dirección del viento	grados
			Radiación solar	Cantidad de radiación solar	W/m ²
			Consumo de energía	Demanda energética de la bomba	Kw
			Rentabilidad	Coste	S/
			Tamaño del pozo de agua	Capacidad	l
Variable Dependiente Reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por sequía en Mayocc	El reaprovechamiento de tierras se da a través de la propia recuperación de la propiedad, la cual podría llegar a estar abandonada, infrautilizada, así como haya sido una propiedad industrial, comercial o residencial utilizada anteriormente, creando de esta manera oportunidades económicas, sociales y hasta recreativas tras su reaprovechamiento (Berman, 2020). La sequía es una desviación del clima debido a deficiencia temporal de precipitación pluvial por ende nos contrae una deficiencia hídrica alterando a la sociedad, economía y ambiente, dependiendo de la magnitud contrae desde el cambio climático hasta la presencia del fenómeno del niño (Vasquez,2022).	El reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía, se determinará a través del conocimiento de la demanda hídrica, debido a la cantidad de agua necesaria para la supervivencia del cultivo e identificar si el abastecimiento de agua llegaría a ser el adecuado	Demanda hídrica	Demanda máxima por dos hectáreas de cultivos	m ³ /h

Anexo 2

Ficha 1: Identificar los parámetros que se requiere para aplicar una instalación eólica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc

			Ficha 1: Identificar los parámetros que se requiere para aplicar una instalación eólica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc
Datos Personales			
Título			Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.
Línea de investigación			Calidad y gestión de los recursos naturales
Nombre de los investigadores			Angel Joel Chinga Maxi, Handhel MeilhanToscano Contreras
Asesor			Dr. Veronica Tello Mendivil
Datos de los indicadores			
Lugar de procedencia			Distrito de San Miguel de Mayocc
Dimensión	Indicador	Unidad	Observaciones
Geografía del lugar	altitud	m	
Patrón diario de viento	Velocidad promedio del viento	m/s	
	Dirección del viento	grados	
Rentabilidad	Coste	S/	

Ficha 2: Identificar los parámetros que se requiere para diseñar una instalación fotovoltaica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc

			Ficha 2: Identificar los parámetros que se requiere para diseñar una instalación fotovoltaica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc
Datos Personales			
Título			Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.
Línea de investigación			Calidad y gestión de los recursos naturales
Nombre de los investigadores			Angel Joel Chinga Maxi, Handhel Meilhan Toscano Contreras
Asesor			Dr. Veronica Tello Mendivil
Datos de los indicadores			
Lugar de procedencia			Distrito de San Miguel de Mayocc
Dimensión	Indicador	Unidad	Observaciones
Radiación solar	Cantidad de radiación solar	W/m ²	
Consumo de energía	Consumo de la bomba	Kw	
Tamaño del pozo de agua	Capacidad	L	
Rentabilidad	Coste	S/	

Ficha 3: Identificar los parámetros que se requiere para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por la sequía en Mayocc.

			<p>Ficha 3: Identificar los parámetros que se requiere para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por la sequía en Mayocc.</p>
Datos Personales			
Título			Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.
Línea de investigación			Calidad y gestión de los recursos naturales
Nombre de los investigadores			Angel Joel Chinga Maxi, Handhel Meilhan Toscano Contreras
Asesor			Dr. Veronica Tello Mendivil
Datos de los indicadores			
Lugar de procedencia			Distrito de San Miguel de Mayocc
Dimensión	Indicador	Unidad	Observaciones
Demanda hídrica	Demanda máxima por dos hectáreas de cultivos	m ³ /h	

Anexo 3

Firma de expertos para la validación de instrumentos

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Carrera Saavedra César Eduardo

1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

1.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para diseñar una instalación eólica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

1.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

II. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				x	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos					x
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					x
4	Organización	Existe una organización lógica				x	
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					x
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					x
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos					x
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos				x	
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores				x	
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis					x
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACION

92%

Lima 15 de diciembre de 2023

Eduardo
CGP N° 194

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Carrera Saavedra César Eduardo

1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

1.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para diseñar una instalación fotovoltaica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

1.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

II. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				x	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos					x
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					x
4	Organización	Existe una organización lógica				x	
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					x
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					x
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos					x
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos				x	
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores				x	
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis					x
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACION

92%

Lima 15 de diciembre de 2023

César Eduardo Carrera Saavedra
CGP N° 194

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Carrera Saavedra César Eduardo

1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

1.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

1.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por la sequía en Mayoc

1.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

II. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				x	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos					x
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					x
4	Organización	Existe una organización lógica				x	
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					x
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					x
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos					x
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos				x	
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores				x	
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis					x
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACION

92%

Lima 15 de diciembre de 2023

Eduardo
CGP N° 194

VALIDACION DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

5.1 Apellidos y Nombres: Benatir Abate Trujillo

5.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

5.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

5.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para diseñar una instalación eólica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

5.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

VI. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				x	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos					x
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					x
4	Organización	Existe una organización lógica				x	
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					x
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					x
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos					x
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos				x	
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores					x
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis					x
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

VII. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

VIII. PROMEDIO DE VALORACION

94%

Lima 15 de diciembre de 2023

Benatir Abate Trujillo
CIP. 2055 87
Benatir Abate Trujillo

VALIDACION DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

5.1 Apellidos y Nombres: Benatir Abate Trujillo

5.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

5.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

5.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para diseñar una instalación fotovoltaica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

5.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

VI. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				x	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos					x
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					x
4	Organización	Existe una organización lógica				x	
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					x
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					x
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos					x
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos				x	
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores					x
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las Hipótesis					x
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

VII. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

VIII. PROMEDIO DE VALORACION

94%

Lima 15 de diciembre de 2023

Benatir Abate Trujillo
C.R. 205387
Benatir Abate Trujillo

VALIDACION DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

5.1 Apellidos y Nombres: Benatir Abate Trujillo

5.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

5.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

5.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por la sequía en Mayoc

5.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

VI. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				x	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos					x
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					x
4	Organización	Existe una organización lógica				x	
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					x
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					x
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos					x
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos				x	
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores					x
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las Hipótesis					x
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

VII. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

VIII. PROMEDIO DE VALORACION

94%

Lima 15 de diciembre de 2023

Benatir Abate Trujillo
CIP: 205587
BENATIR ABATE TRUJILLO

VALIDACION DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

9.1 Apellidos y Nombres: Gaudencio Laureano Valentín

9.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

9.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

9.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para diseñar una instalación eólica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

9.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

X. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				X	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos				X	
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					X
4	Organización	Existe una organización lógica					X
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					X
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					X
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos				X	
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos					X
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores					X
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las Hipótesis					X
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

XI. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACION

94%

Lima 15 de diciembre de 2023

[Handwritten Signature]
CIP 121559

VALIDACION DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

9.1 Apellidos y Nombres: Gaudencio Laureano Valentín

9.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

9.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

9.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para diseñar una instalación fotovoltaica de bombeo de agua para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.

9.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

X. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				X	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos				X	
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					X
4	Organización	Existe una organización lógica					X
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					X
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					X
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos				X	
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos					X
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores					X
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las Hipótesis					X
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

XI. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACION

94%

Lima 15 de diciembre de 2023

[Handwritten Signature]
CIP 121559

VALIDACION DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

9.1 Apellidos y Nombres: Gaudencio Laureano Valentín

9.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la escuela de ingeniería ambiental

9.3 Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

9.4 Nombre del instrumento de evaluación: Ficha de identificación de los parámetros que se requiere para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por la sequía en Mayoc

9.5 Autores de instrumento: Chinga Maxi, Angel Joel y Toscano Contreras, Handhel Meilhan

X. ASPECTO DE VALIDACION

N°	INDICADORES	DEFINICIÓN	VALORACION				
			0 - 20%	21 - 50%	51 - 70%	71 - 80%	81 - 100%
1	Claridad	Esta formulado con un lenguaje correspondiente				X	
2	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos				X	
3	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación					X
4	Organización	Existe una organización lógica					X
5	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicamente esenciales					X
6	Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis					X
7	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos				X	
8	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicosy/o científicos					X
9	Coherencia	Existe coherencia entre los dos problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores					X
10	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las Hipótesis					X
PROMEDIO							
SUGERENCIAS							

XI. OPINION DE APLICABILIDAD


- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACION

94%

Lima 15 de diciembre de 2023


 CIP 121559

Anexo 4

Modelo del consentimiento o asentimiento informado UCV



PROTOCOLO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTA

Estimado/a participante.

Le pedimos su apoyo en la realización de la presente investigación conducida por Handhel Toscano y Angel Chinga, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Arquitectura de la Universidad Cesar Vallejo, siendo asesorada por la Dra. La investigación titulada **“Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectado por sequía en Mayocc”** con la finalidad de diseñar un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectas por sequía en Mayocc.

Para cumplir con el objetivo mencionado se detalla las siguientes recomendaciones:

1. La entrevista durara aproximadamente 15 minutos, siendo confidencial la información que proporcione, es decir su identidad será protegida.
2. Su participación es voluntaria. Por ello si alguna pregunta lo /la incómoda, usted podrá dejar de responder.
3. Si tiene algunas interrogantes, puede realizarlas durante la entrevista.
4. Si más adelante tiene una consulta respecto a los resultados de la presente investigación, puede comunicarse a los siguientes correos electrónico: htoscano@ucvvirtual.edu.pe, achingama@ucvvirtual.edu.pe o a los números 957375160 y 960565573.

Le solito completar la siguiente información si desea participar

Apellidos y Nombres	Fecha

Anexo 5

Resultado de reporte de similitud de Turniting



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayoc

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

AUTOR (ES):
Chinga Maxi Angel Joel ([orcid:0000-0002-8484-2584](https://orcid.org/0000-0002-8484-2584))
Toscano Contreras, Handhel Meilhan ([orcid:0000-0002-1955-0227](https://orcid.org/0000-0002-1955-0227))

ASESOR(A):
Dr. Verónica Tello Mendivil ([orcid: 0000-0002-1986-2553](https://orcid.org/0000-0002-1986-2553))

Resumen de coincidencias ✕

11 %

Se están viendo fuentes estándar

EN Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	hdl.handle.net <small>Fuente de Internet</small>	3 %	>
2	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	1 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
4	repositorio.uncp.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
5	repositorio.uan.edu.co <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
6	www.slidshare.net <small>Fuente de Internet</small>	<1 %	>
7	repositorio.upa.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	<1 %	>

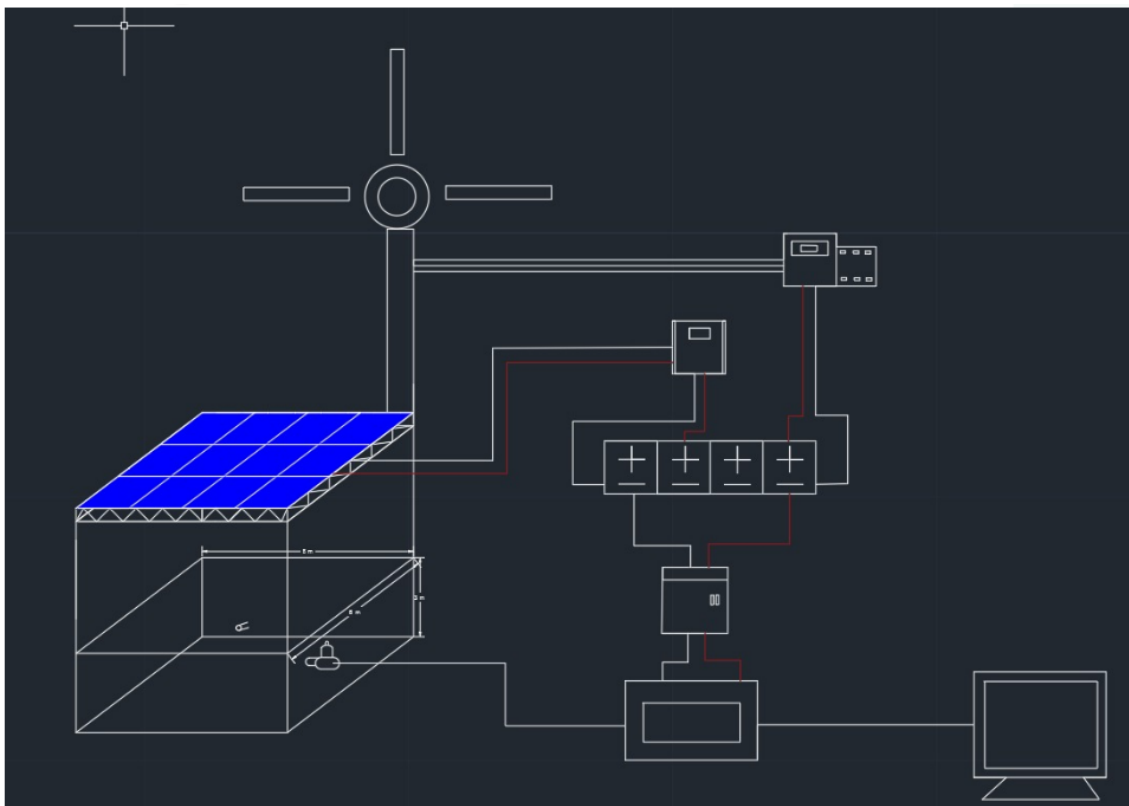
Anexo 6

Matriz de consistencia

Título: Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc				
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES DE ESTUDIO	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General		
¿De qué manera el diseño de un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico permitiría el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en Mayocc?	Diseñar un sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por la sequía en el distrito de Mayocc, Huancavelica.	El diseño del sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico permitirá el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.		
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos		
¿Qué parámetros se deben determinar, según la geografía del lugar, para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?	Establecer los parámetros que se requiere de acuerdo a la geografía del lugar en el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.	Los parámetros geográficos, como la altitud y la topografía de Mayocc, permitirán optimizar el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico, maximizando el rendimiento del aerogenerador y los paneles solares.		
¿Cómo se determinarán la dirección y la velocidad promedio del viento para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?	Determinar la dirección y velocidad promedio del viento en la zona para optimizar el uso del aerogenerador para el sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.	La velocidad y dirección promedio del viento en la zona permitirá el diseño eficiente del sistema eólico, asegurando un funcionamiento óptimo del aerogenerador para el bombeo de agua.	Variable Independiente: Diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico Dimensiones: a) Geografía del lugar de estudio b) Patrón diario de viento c) Radiación solar d) Consumo de energía e) Rentabilidad f) Tamaño del pozo de agua	Tipo de investigación: Aplicativa Diseño: Cuasi Experimental Enfoque: Cuantitativo Población: Parámetros físicos y ambientales que requiere el sistema de energía eólica y fotovoltaica Tipo de muestra: Probalístico Técnica e instrumento de recolección de data: Ficha de observación
¿Cómo se calculará la radiación solar requerida para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?	Determinar la radiación solar que se requiere para el uso de paneles solares en el sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.	La radiación solar disponible en el área permitirá un dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico, garantizando el suministro continuo de energía para el bombeo de agua durante todo el año.		
¿Cómo se determinará tamaño del pozo de agua para diseñar un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?	Determinar el tamaño del pozo de agua para diseñar un sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico que permita el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.	El tamaño del pozo de agua diseñado será el adecuado para satisfacer la demanda hídrica de las tierras agrícolas afectadas por la sequía, sin sobrepasar la capacidad de recarga de las fuentes subterráneas.	Variable Dependiente Reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc Dimensiones: a) Demanda Hídrica	
¿Cómo se determinará la bomba sumergible para el diseño del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?	Determinar la bomba sumergible adecuada para el sistema híbrido de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc.	La bomba sumergible seleccionada será compatible con las condiciones hidráulicas de la zona y funcionará eficientemente con el sistema de energía híbrida, permitiendo el transporte adecuado de agua.		
¿Como se determinará la rentabilidad del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc?	Determinar la rentabilidad del sistema de bombeo de agua eólico-fotovoltaico para el reaprovechamiento de las tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc en comparación con el uso de electricidad convencional del sistema.	El sistema híbrido eólico-fotovoltaico resultará rentable a largo plazo, debido a los menores costos operativos y la reducción en el uso de energía eléctrica convencional, promoviendo el desarrollo sostenible de las actividades agrícolas en Mayocc.		

Anexo 7

Plano del diseño de un sistema de bombeo de agua eólico fotovoltaico para el reaprovechamiento de tierras agrícolas afectadas por sequía en Mayocc



Anexo 8

Ubicación del distrito de San Miguel de Mayocc – Huancavelica



Fuente: Google Earth

Anexo 10

Diseño del aerogenerador Hililand de 800W con 4 aspas y 48 voltios



Fuente: Amazon

Anexo 11

Ficha técnica del aerogenerador Hililand de 800W con 4 aspas verticales y de 48 voltios

Fabricante	Hililand
Identificador de producto del fabricante	Hililand1uo5xtgivm327-13
Dimensiones del producto	1 x 1 x 1 cm; 9,75 kilogramos
Referencia del fabricante	Hililand1uo5xtgivm327-13
Tamaño	48v
Acabado	Finish
Material	Material
Fuente de alimentación	PowerSource
Voltaje	48 Voltios
Potencia eléctrica	800 vatios
Método de instalación	InstallationMethod
Número de productos	1
Altura del caño	1 Centímetros
Material de la empuñadura	default
Tipo de sujeción de accesorio	default
Componentes incluidos	inc
Peso del producto	9,75 kg

Fuente: Amazon

Anexo 12

Ficha técnica del panel solar monocristalino de 550 W

ATLAS by Eco Green Energy

ECE-530/550W-144M(M10)

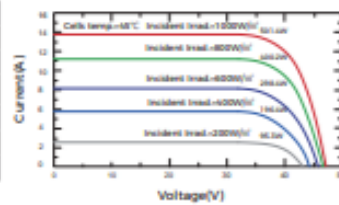
V1-2022

ELECTRICAL DATA AT STC*

	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Power output (Pmax)	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Power tolerance	0→+5 W	0→+5 W	0→+5 W	0→+5 W	0→+5 W
Module efficiency	20.51 %	20.70 %	20.89 %	21.09 %	21.28 %
Maximum power voltage (Vmp)	40.58 V	40.68 V	40.79 V	40.89 V	40.98 V
Maximum power current (Imp)	13.06 A	13.15 A	13.24 A	13.33 A	13.42 A
Open circuit voltage (Voc)	49.29 V	49.39 V	49.49 V	49.59 V	49.68 V
Short circuit current (Isc)	13.64 A	13.73 A	13.83 A	13.92 A	14.01 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)

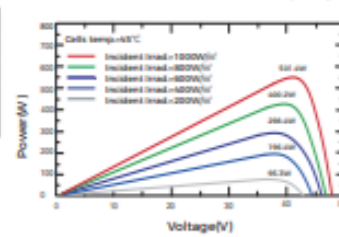


ELECTRICAL DATA AT NMOT*

	395.18 W	398.91 W	402.64 W	406.37 W	410.10 W
Power output (Pmax)	395.18 W	398.91 W	402.64 W	406.37 W	410.10 W
Maximum power voltage (Vmp)	38.05 V	38.14 V	38.24 V	38.33 V	38.42 V
Maximum power current (Imp)	10.37 A	10.44 A	10.52 A	10.59 A	10.66 A
Open circuit voltage (Voc)	45.71 V	45.80 V	45.90 V	45.99 V	46.07 V
Short circuit current (Isc)	11.09 A	11.16 A	11.24 A	11.32 A	11.39 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

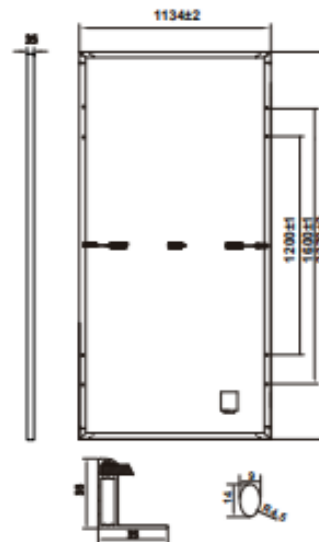
PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)



MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (182x91 mm)
Number of cells	144
Dimensions	2279x1134x35mm (1.5mm Cell Gap)
Weight	29 kg
Glass	3.2 mm tempered glass, High transmission (>94%), Anti-Reflective Coating
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP68 rated (3 by pass diodes)
Cable	4.0mm ² ; 300mm(+)/ 300mm(-); Length can be customized
Connector	MC4 or MC4 compatible
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

Dimension of PV Module (mm)



TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45°C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.35%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.28%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.048%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-40 °C → +85 °C
Maximum system voltage	1500 DC (IEC)
Max series fuse rating	25 A

PACKAGING (2279x1134x35mm)

Type	Pcs	Weight
Per Pallet	31 pcs	940 kg
40ft HQ Container	620 pcs (20 pallets)	18.80 t



Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice. Refer to our website for further information or contact one of our sales staff. www.eco-greenenergy.com

Fuente: Eco Green Energy

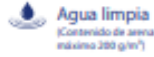
Anexo 13

Ficha técnica de la bomba sumergible monofásica de 220 V



Fuente: 4SR-F

Electrobombas sumergidas de 4"



Agua limpia
(Contenido de arena
máximo 200 g/m³)

Uso doméstico

Uso civil

Uso industrial

Uso agrícola

CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **240 l/min (14.4 m³/h)**
- Altura manométrica hasta **447 m**

LÍMITES DE USO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **200 g/m³**
- Profundidad de uso bajo el nivel del agua:
200 m con motores 4PD, **100 m** con motores 4PS
- Profundidad de uso bajo el nivel del agua **200 m**
- Funcionamiento:
 - **en vertical**
 - **en horizontal** con los siguientes límites:
4SR10G - 4SR13G - 4SR25G hasta **16 etapas**
4SR33G - 4SR45G hasta **9 etapas**
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo **8 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

USOS E INSTALACIONES

Electrobombas sumergibles de 4" indicadas para el bombeo de aguas limpias, utilizables en múltiples aplicaciones, como, por ejemplo, el suministro de agua doméstica, riego, invernaderos y sierras, instalaciones hídricas para comunidades y presurización.

Los componentes hidráulicos, acoplados a un motor eléctrico de alto rendimiento, hacen que la electrobomba 4SR sea extremadamente eficiente en la categoría.

Ahorro económico en el uso del agua gracias al elevado rendimiento y al consiguiente reducido consumo eléctrico. La construcción con impulsores flotantes permite el bombeo de agua con un contenido de arena hasta **200 g/m³**.

La instalación es posible en posición vertical u horizontal.

PATENTES

- Patent nº EP3123031, EP2419642

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

MOTOR ELÉCTRICO

Trifásica 380 V - 60 Hz - Monofásica 220 V - 60 Hz

- **Condensador incluido en el embalaje**

Cable de alimentación de:

- **2 m** para potencias de 0.37 a 2.2 kW
- **3.6 m** para potencias de 3 a 7.5 kW.

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Otros voltajes
- Kit camisa de enfriamiento completo con filtro y soportes; recomendado para potencias desde 2.2 kW hasta 7.5 kW



CAMISA DE ENFRIAMIENTO