



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el  
centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Mejia Falcon Victor (orcid.org/0000-0002-6984-2885)

Muñoz Alva, Oswaldo Enrique (orcid.org/0000-0002-6282-3526)

**ASESOR:**

Mg. Sovero Lazo Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución.

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TRUJILLO – PERÚ  
2023**

## **Dedicatoria**

Principalmente dedicamos este trabajo a Dios puesto que nos brinda sabiduría, amor y paciencia, nos ayuda en los momentos más difíciles brindándonos valores que nos fortalezcan no solo como trabajo de grupo, sino como personas. A la vez también dedicamos este trabajo a la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO por encomendarnos la labor de realizar el presente proyecto de investigación que amplía nuestra capacidad intelectual, dado que la Mg. Sovero Lazo Nelly Roxana nos brindó su sabiduría en distintos campos del conocimiento, ayudándonos así en varios aspectos que requerimos para el desarrollo de nuestro informe

## **Agradecimiento**

### A Dios

Por habernos permitido llegar junto al grupo hasta este punto y habernos dado salud, fortaleza y valor para poder lograr este objetivo que todos los jóvenes buscamos ser profesionales, agregando una infinita bondad y amor

### A nuestras familias

Por enseñarnos el camino de la educación, por las cosas que uno tiene que valorar, trabajarlas y luchar para lograr las metas que nos proponemos en el lapso de nuestra vida con el apoyo mutuo de ellos

### A nuestro Doctor asesor del curso

A nuestro asesor por aarnos guiado en el transcurso del ciclo, por brindarnos sus conocimientos, Por su dedicación en el trascurso del semestre y paciencia para la elaboración de esta investigación

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos	17
3.7. Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	48
ANEXOS	52

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Comparación de pequeños aerogeneradores comunes .....	11
<b>Tabla 2.</b> Información actualizada de Magdalena de Cao .....	18
<b>Tabla 3.</b> Datos generales del potencial eólico en Huaca Prieta .....	19
<b>Tabla 4.</b> Producción eólica en kWh de Huaca Prieta .....	21
<b>Tabla 5.</b> Informe poblacional del centro poblado Huaca Prieta.....	26
<b>Tabla 6.</b> Equipos utilizados por los pobladores de Huaca Prieta .....	27
<b>Tabla 7.</b> Consumo energético de los pobladores de Huaca Prieta .....	31
<b>Tabla 8.</b> Demanda anual proyectada del consumo energético .....	31
<b>Tabla 9.</b> Detalle de aerogeneradores evaluados .....	32
<b>Tabla 10.</b> Análisis de baterías.....	33
<b>Tabla 11.</b> Costos para instalación de aerogeneradores.....	38
<b>Tabla 12.</b> Costos para adecuación de la planta .....	38
<b>Tabla 13.</b> Costos para ejecución del sistema eólico .....	39
<b>Tabla 14.</b> Costos de principales empresas del servicio eléctrico .....	39
<b>Tabla 15.</b> Ingresos totales por consumo energético .....	40
<b>Tabla 16.</b> Análisis Económico de la propuesta de Suministro eléctrico mediante generación eólica .....	41

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Dimensionamiento de los aerogeneradores y potencias alcanzadas.....	10
Figura 2. Total de viviendas y pobladores en Huaca Prieta- Magdalena de Cao.....	14
Figura 3. Procedimiento para el diseño de un sistema eólico en Huaca Prieta.....	17
Figura 4. Latitud y longitud de Huaca Prieta.....	19
Figura 5. Generación eólica en Huaca Prieta.....	20
Figura 6. Histograma de información eólica en Huaca Prieta .....	21
Figura 7. Rosa de los vientos en base a puntos cardinales terrestres .....	22
Figura 8. Límites estacionales de velocidad media en Huaca Prieta .....	23
Figura 9. Mediciones para generación de energía eléctrica en Magdalena de Cao..	25
Figura 10. Proyecto de electrificación en Magdalena de Cao .....	25
Figura 11. Encuesta a los pobladores de Huaca Prieta	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 12. Dimensionamiento del aerogenerador y el Plano de distribución del sistema eólico.....	35
Figura 13. Dimensionamiento del suministro eléctrico por medio de generación eólica .....	37

## Resumen

El desarrollo de este informe se enfoca principalmente en diseñar un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalenita de Cao, para lo cual se realizó una investigación aplicada, con un diseño no experimental y un enfoque cuantitativo. Dentro de los resultados primero se identificó que el recurso eólico con que cuenta el centro poblado de Huaca Prieta genera energía eléctrica que podría llegar a los 71 100 kWh y la velocidad media del viento es de 8,23 m/s, asimismo se debe de considerar el uso de 8 postes de luz y 2 torres de alta tensión, para el abastecimiento de toda la zona para la distribución de la energía eléctrica. Por otro lado la demanda total de los pobladores de las 36 viviendas es de 57918,2 kW/año, para el diseño es requerido utilizar 8 aerogeneradores horizontales que cuenten con tres palas, marca Enair, modelo 200 con una potencia nominal de 1,6 MW anual y con 16 baterías Power-200 que nos darán un total de 2520WH. Finalmente, al desarrollar la evaluación económica de la propuesta se concluye que la propuesta del diseño de un sistema eólico para el suministro de energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta no sólo es viable sino que cuenta con un VAN de S/1,557,298.72 y una TIR de 75.88% por lo que también es rentable.

**Palabras clave.** Sistema, eólico, aerogeneradores, suministro Y eléctrico.

## **Abstract**

The development of this report focuses mainly on designing a wind power system for electricity supply in the town of Huaca Prieta-Magdalena de Cao, for which an applied research was conducted with a non-experimental design and a quantitative approach. Among the results, it was first identified that the wind resource available in the town of Huaca Prieta generates electricity that could reach 71,100 kWh and the average wind speed is 8.23 m/s. Likewise, the use of 8 light poles and 2 high voltage towers should be considered for the supply of the entire area for the distribution of electricity. On the other hand, the total demand of the inhabitants of the 36 houses is 57918.2 kW/year, for the design it is required to use 8 horizontal wind turbines with three blades, Enair brand, model 200 with a nominal power of 1.6 MW per year and 16 Power-200 batteries that will give us a total of 2520WH. Finally, the economic evaluation of the proposal concludes that the proposal for the design of a wind energy system for the supply of electricity in the town of Huaca Prieta is not only viable but also has an NPV of S/1,557,298.72 and an IRR of 75.88%, making it profitable.

**Key words:** System, wind power, wind turbines, supply and power.

## I. INTRODUCCIÓN

La generación desigual de fuentes de energía renovables (FER) crea problemas para el consumidor y el sistema energético en su conjunto. Esto hace necesario un cambio en los enfoques de la utilización de las FER, en particular en lo que respecta a la localización del consumo en el punto de generación (Shavolkin, y otros, 2022). Una de las fuentes de energía renovable más fiables y avanzadas es la energía eólica. Es fundamental aprovechar toda la energía eólica posible y mantener los aerogeneradores funcionando a pleno rendimiento (Gaided, y otros, 2022). La elevada penetración de las energías renovables ha amplificado los errores en las previsiones de generación de energía eólica y solar que se realizan para apoyar el funcionamiento de los sistemas eléctricos. Para garantizar la seguridad y la fiabilidad del sistema eléctrico, debe reservarse una capacidad de generación eléctrica despachable suficiente (Hong, y otros, 2022).

Ante la creciente demanda de energía provocada por la superpoblación en todo el planeta y el Monopolio de los países en el ámbito industrial, y el agotamiento más o menos a largo plazo de los combustibles fósiles, las fuentes de energía tradicionales son cada vez menos abundantes, y se han planteado diferentes alternativas. Por ejemplo, tras las de la crisis del petróleo, algunos países han seguido una política orientada a la energía nuclear, mientras que otros han recurrido masivamente a las energías renovables con la adopción de la energía eólica (Echiheb, y otros, 2022). En el campo de las energías renovables están surgiendo tres familias importantes: las energías de origen mecánico (eólica), energías de origen eléctrico (paneles fotovoltaicos) o energía en forma de calor (geotérmica, solar térmica, etc.). Desde hace siglos, la energía eólica se utiliza para realizar trabajos mecánicos.

Los recursos de energía eólica tienen muchas ventajas: son limpios, no contaminantes, inagotables y renovables. Los recursos de energía eólica son abundantes en todo el mundo. Las perspectivas de mercado de la generación de energía eólica son muy prometedoras y la tecnología de generación de energía eólica está mejorando

constantemente. Con el desarrollo a gran escala de la industria de la energía eólica y el progreso de la tecnología de la energía eólica, la energía eólica se ha convertido gradualmente en un tipo de energía en el que la humanidad puede confiar en el futuro (Zhang, y otros, 2022).

Para considerar la utilización de energía eólica es importante considerar que las velocidades del viento en zonas geográficamente adyacentes están muy correlacionadas, lo que conduce a la correlación de la energía eólica. Es esencial tener en cuenta la correlación de la energía eólica para los cálculos relacionados con el estado estacionario en el sistema eléctrico moderno con una alta penetración de la energía eólica (Li, y otros, 2022). Por otro lado, se debe tomar en cuenta que las máquinas eléctricas son la tecnología clave para la generación de energía eólica. Las métricas de rendimiento básicas requeridas de una máquina eléctrica para los sistemas de generación de energía eólica son densidad de par/potencia, alta eficiencia, alta fiabilidad y bajo coste (Chen, y otros, 2022).

Al identificar que en la zona de Huaca Prieta ubicada en el distrito de Magdalena de Cao cuenta con una población creciente que viene desarrollando actividades como el turismo, el cual genera puestos de trabajo y el interés de nuevos pobladores en tener una propiedad en esta zona es que se analiza la problemática principal con que cuenta y es que la zona no se encuentra electrificada y los proyectos de inversión no se enfocan en desarrollar dicha propuesta por la poca existencia aún de habitantes. Por todo ello es que esta investigación se justifica en una necesidad de los pobladores de contar con el recurso eléctrico y con ello poder seguir desarrollando sus actividades; así como el despertar aún más el interés de las personas en generar sus actividades e instalarse en esta zona rica en productos agrícolas y actividades de turismo.

Se justifica desde un punto de vista económico, puesto que se desarrollarán puestos de trabajo, además una planta eólica permitiría un consumo gradual de los pobladores del recurso eléctrico y un desarrollo sostenible del centro poblado. Y desde un punto de vista metodológico se justifica en el desarrollo de una propuesta de generación de energía eólica capaz de desarrollar una zona electrificada a menor escala y no sólo

enfocada en proyectos de gran magnitud como los que se desarrollan en muchos otros trabajos de investigación. Asimismo, la población total beneficiada con esta investigación desarrollada es de 32 viviendas distribuidas en la zona.

Como pregunta general de investigación se tiene lo siguiente: ¿cuál es la factibilidad técnica y económica de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao? Y las preguntas específicas siguientes: ¿cuál es el recurso eólico para la generación de energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta?, ¿cuál es la distribución de la energía eléctrica para los pobladores?, ¿cuál es la demanda eléctrica de los pobladores de Huaca Prieta?, ¿cuál es el dimensionamiento de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao? y ¿Cómo llevar a cabo la evaluación económica de la propuesta?

El objetivo general de este estudio es evaluar la factibilidad técnica económica de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao

Para ello se definen como objetivos específicos: Identificar el recurso eólico para la generación de energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta, Analizar la distribución de la energía eléctrica a los pobladores, determinar la demanda eléctrica de los pobladores de Huaca Prieta, diseñar el sistema de generación eléctrica mediante un sistema eólico y desarrollar la evaluación económica de la propuesta.

## II. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo se desarrolla en base a los siguientes artículos que la preceden y que sirven de guía para el correcto desarrollo de esta investigación.

En el artículo de (Mahmoud, y otros, 2022) se evaluó el rendimiento del diseño de un sistema eólico mediante turbinas eólicas de eje horizontal a pequeña escala comercial y se modificó el diseño del rotor en función de la velocidad del viento en el campo. Para ello se realizaron las mediciones experimentales para examinar un rotor comercial de 1,5 m de radio de 1 kW mediante las turbinas eólicas, que fue diseñado a una velocidad nominal de unos 8 m/s. También se realizaron cálculos CFD para comprender las características del flujo y verificar las mediciones experimentales. En el procedimiento experimental, la prueba del aerogenerador con un generador síncrono de imanes permanentes demostró que, a una velocidad del viento de 5 y 6 m/s, la mayor potencia generada es de 163,9 y 306 W, lo que corresponde a unos coeficientes de potencia de 0,255 y 0,28 cuando la tensión de CA del generador es de 24,4 y 37,76 V, la tensión de CC después de la rectificación de 22 y 34 V, y la corriente de carga de 7,45 y 9 A, respectivamente. Luego se midió la velocidad del viento disponible en el campo, y la velocidad media fue de 4 m/s. Por último, se concluyó que, al diseñar un rotor más adecuado en función de la velocidad del campo, el coeficiente de potencia máxima de las palas aumenta en más de un 60% en comparación con el rotor comercial.

El artículo revisado por (Neagoe, y otros, 2022), se propuso una nueva estructura reconfigurable de un sistema eólico contrarrotante, capaz de funcionar en cuatro casos distintos: con generador eléctrico tradicional (con estator fijo) o con generador contrarrotante, con incrementador de velocidad monomóvil (que añade par) o bimóvil (que añade velocidad). Lo cual se hizo mediante el comando adecuado de dos embragues intermitentes; para ello primero se propuso un algoritmo generalizado para el modelado analítico cinemático y estático del sistema eólico reconfigurable en régimen estacionario y se detalló un nuevo enfoque para optimizar los principales

parámetros de diseño, como la relación de los diámetros de los rotores eólicos. Las simulaciones numéricas del modelo de forma cerrada obtenido, para el conjunto de valores optimizados de los parámetros de diseño y varios valores de velocidad del viento, mostraron una ligera ventaja energética del uso de generadores contrarrotantes y transmisiones mono móviles, pero acompañado del inconveniente de una mayor complejidad.

En el artículo revisado de (Yazdanpanah, y otros, 2022) se identificó que, la generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica requería de generadores adecuados de los que se estudiaron diferentes tipos y sistemas en la literatura y por ello se presentó el diseño de un generador de imanes permanentes de 1 kW, 50 Hz y 500 RPM. Se utilizó la revisión analítica de campos electromagnéticos que se basa en los requisitos iniciales de un sistema de generación de energía eólica. También se ha investigado el análisis de rendimiento del generador diseñado de simulaciones utilizando el enfoque de elementos finitos. Por su parte, los resultados de la simulación de las características del generador, incluyendo la tensión y la potencia de salida, verificaron las limitaciones iniciales del diseño y las prestaciones requeridas. Se llegó a obtener que, mediante la investigación del diseño y el análisis de las características de rendimiento de un generador PM de flujo radial fue posible evaluar la aplicación de generación de energía eólica.

En el artículo de (Silva, y otros, 2022) se analizó la relación de dependencia entre la velocidad del viento y la producción de energía eólica, una relación bastante compleja, por lo que este estudio sirvió para comprender la naturaleza estocástica de ambos fenómenos. Como herramienta metodológica se ha utilizado la teoría de la cópula. El estudio se enfocó en el análisis y modelización de la dependencia entre los datos de velocidad del viento y la generación de energía eléctrica, para una base de datos horaria de un parque eólico en el año 2017. Así, este trabajo propuso un estudio que tiene como objetivo la búsqueda de la función cópula referida a los datos en el período mencionado. Con todo ello se logró analizar de manera más robusta la estructura de dependencia entre la velocidad del viento y la generación de energía eólica mes a mes,

generando simulaciones de escenarios para las variables de interés.

El artículo revisado de (Liu, 2022) sostuvo que, debido a que la energía eólica es una parte importante del desarrollo energético sostenible y desempeña un papel fundamental en el contexto del objetivo de "doble carbono", se propuso un modelo de energía eólica conectada a la red basado en un generador magnético síncrono permanente (PMSG). Para ello se analizó el ángulo de inclinación del aerogenerador y la forma de onda de las corrientes del lado de la red que son controlados por el controlador PI, luego se realizó el seguimiento de la frecuencia de la potencia y la fase de los voltajes de la red, y finalmente se logró el propósito de la conexión a la red. Los resultados de la simulación revelaron que la frecuencia y la fase de las corrientes de salida finales cumplían los requisitos de la conexión a la red, y la distorsión armónica total (THD) de la forma de onda de la corriente es inferior al 2%, lo que representó una alta calidad de la energía; lo cual sirvió de referencia para una conexión a la red eficiente y cómoda de la generación de energía eólica.

En el artículo de (Wang, y otros, 2022), se analizaron las normas existentes relacionadas con la energía eólica, los escenarios y condiciones de aplicación de las distintas normas, se analizó también la aplicabilidad de las mismas y de las normas, y se presentó una visión clara de las normas de energía eólica de acuerdo con los requisitos para el rápido desarrollo de la energía eólica en su país. Para ello, se presentaron los métodos de modelización de turbinas eólicas, el modelo equivalente de parques eólicos basado en el modelo general de turbinas eólicas, y las disposiciones técnicas y los escenarios de aplicación implicados en las normas nacionales e internacionales pertinentes y se examinó la adaptabilidad de las normas pertinentes. Los resultados de este estudio tienen utilidad en el avance en la generación de energía eólica y garantiza el funcionamiento seguro y estable de los sistemas de energía eólica a gran escala. En el mercado de la energía eólica, los fabricantes con diferentes capacidades de I+D producen muchos tipos de turbinas eólicas. Por ello, es importante establecer un modelo general para la conversión del tipo de turbina eólica mediante la limitación del modelo con apoyo de las normas.

En el artículo realizado por (Alkesaiberi, y otros, 2022) se desarrollaron modelos eficientes basados en datos para la predicción con precisión de la generación de energía eólica. Para ello, primero se investigó el rendimiento de los modelos de aprendizaje automático mejorados para pronosticar datos de series temporales de energía eólica univariantes, luego se incorporó información dinámica en su construcción para la mejora del rendimiento de previsión de los modelos investigados, introduciendo mediciones retardadas para poder captar la evolución temporal en el diseño de los modelos considerados. Además, se utilizaron más variables de entrada (por ejemplo, la velocidad y la dirección del viento) con lo cual se mejoró también el rendimiento de la predicción del viento. Asimismo, se utilizaron mediciones reales de tres aerogeneradores en Francia, Turquía y Kaggle para verificar la eficacia de los modelos considerados. Los resultados revelaron el beneficio de considerar los datos y las variables de entrada rezagadas para predecir mejor la energía eólica. Los resultados también demostraron que los modelos optimizados de GPR y de conjunto superaban a los demás modelos de aprendizaje automático.

En el artículo de (Labuschagne, y otros, 2022), se tuvo como objetivo el Diseño y evaluación del rendimiento de la tecnología del generador PM Vernier para un sistema de generación eólica pasiva no controlada a pequeña escala. Para ello, se propuso el uso de generadores Vernier de imanes permanentes para su nueva y desconocida aplicación en un sistema eólico pasivo no controlado a pequeña escala. Se investigaron varios aspectos, como la selección de la máquina, la topología convencional frente a la de dientes divididos, la adaptación de la potencia, la calidad del par y la viabilidad general de la propuesta mediante la evaluación de los diseños optimizados del generador. Finalmente, se comprobó que el generador Vernier de imán permanente convencional con una relación de engranaje magnético de ocho era la opción de generador superior para esta aplicación. El rendimiento del generador Vernier de imán permanente óptimo se validó mediante los resultados de las pruebas de un prototipo fabricado y otros diseños del artículo se confirmaron mediante la comparación de los resultados de elementos finitos bidimensionales y tridimensionales.

Al analizar las teorías que se desprenden de lo investigado respecto al diseño del sistema eólico y los sistemas de generación de energía eléctrica, se tiene lo siguiente.

Últimamente, las energías renovables han causado cada vez más preocupación en todo el mundo por la presión de la contaminación y las reservas limitadas de recursos. Como uno de los recursos renovables disponibles, la energía eólica está bien posicionada por su bajo coste y sus abundantes reservas. La generación de energía eólica, una de las formas más eficaces de utilizar la energía de un recurso con el que se cuenta de forma rápida y segura y está atrayendo cada vez más atención (Chen, y otros, 2022). En general, los sistemas de generación de energía eólica se dividen según su grado de potencia, por ello las aplicaciones de energía eólica por debajo de 100kW se definen como sistemas de energía eólica a pequeña escala, el rango de potencia del sistema de generación de energía eólica a mediana escala está entre 100-1000kW, y la potencia del sistema de generación de energía eólica a gran escala es generalmente superior a 1000kW (Chen, y otros, 2020). En comparación con los sistemas de generación de energía eólica a gran escala, el sistema de energía eólica a pequeña escala es cada vez más popular en zonas remotas debido a las ventajas de pequeño tamaño, estructura sencilla y fácil control. Especialmente en zonas poco pobladas donde no hay electricidad, un sistema de energía eólica a pequeña escala sería una forma rentable de suministro de energía. Por lo general, debido a las duras condiciones de trabajo en esas zonas, la fiabilidad y la economía del motor en el sistema de energía eólica a pequeña escala debe valorarse. En otras palabras, la tolerancia a los fallos y el coste de los sistemas de energía eólica a pequeña escala deberían ser el centro de atención.

En cuanto al potencial eólico se debe considerar los diversos factores que lo componen y que generan variaciones en este; dentro de estos factores se tiene las velocidades medias, las direcciones dominantes del viento, las ráfagas, los obstáculos presentes en la zona y las turbulencias. Asimismo, se debe considerar que la velocidad del viento tiene una relación directa con la altura y esta relación depende a su

vez de la condición del terreno en el que se desplaza la masa de aire; es por ello que se considera la siguiente ecuación para analizar la variación de la velocidad del viento:

$$\frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{H_A}{H_B}\right)^\alpha$$

- $V_A$  y  $V_B$  son las velocidades del viento a una altura  $H_A$  y  $H_B$ .
- Este exponente  $\alpha$  representa a la condición del terreno (pudiendo encontrarse en valores de entre 0,08 y 0,40 para superficies lisas y sobre terrenos accidentados respectivamente).

La energía máxima teórica que puede ser extraída de una masa de aire en movimiento está dada por la expresión:

$$Ec = \left(\frac{1}{2}\right) m \cdot V^2$$

- $Ec$  es la energía cinética ( $Joule/s$ )
- $m$  es el flujo de aire ( $kg/s$ )
- $v$  es la velocidad del viento ( $m/s$ )

Tomando en consideración un área de captación o área de barrido por las palas, perpendicular a la dirección del viento se obtiene un flujo de aire circulante de:

$$M = \delta \cdot A \cdot V^3$$

- $\delta$  es la densidad ( $kg/m^3$ )
- $A$  es el área de captación ( $m^2$ )
- $v$  es la velocidad del viento ( $m/s$ )

Con ello la energía máxima teórica en unidad de tiempo y de un área  $a=1$  que es posible extraer de una determinada masa de aire en movimiento es de:

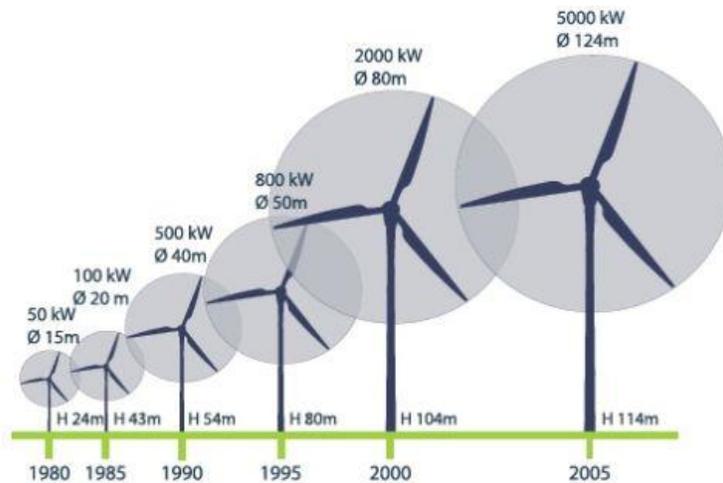
$$Pm = \left(\frac{1}{2}\right) \delta \cdot V^3$$

- $P_m$  es la potencia meteorológica ( $W/m^2$ )

Por su otro lado se ha demostrado que la máxima potencia aprovechable es igual a  $16/27$  (59,26%) de la energía total. Tomando en cuenta que ningún rotor es ideal, para caracterizarlo es necesario conocer su eficiencia o rendimiento. La potencia obtenible por unidad de área de rotor, medida en  $W/m^2$ , se podrá expresar de la siguiente forma:

$$P_m = \left(\frac{1}{2}\right)\mu \cdot \delta \cdot V^3$$

Finalmente, el rendimiento ( $\mu$ ) depende del tipo de máquina, su eficiencia, rendimiento y de las condiciones climáticas. En cada lugar de la instalación la turbina eólica está sometida a vientos de diferente intensidad y las condiciones de funcionamiento para el próximo coeficiente de potencia indicado corresponden a la velocidad determinada del viento, que depende fundamentalmente del tipo de turbina eólica, tamaño y velocidad de giro. Podría conseguirse un funcionamiento siempre con máxima potencia si la velocidad de giro variara proporcionalmente al viento incidente.



*Figura 1.* Dimensionamiento de los aerogeneradores y potencias alcanzadas

La cantidad de energía eólica disponible varía según la velocidad del viento, por lo que comprender las características de las fuentes eólicas es fundamental para la explotación de todas las facetas de la energía eólica. Para seleccionar lugares para explotar la energía eólica, se deben considerar las variaciones de la velocidad del viento y se deben realizar estudios meteorológicos. La turbulencia, fluctuaciones de viento de alta frecuencia, es importante para el diseño y operación de las turbinas de

viento y tiene un mayor impacto en las cargas de las turbinas de viento. Los vientos extremos también deben considerarse porque son cruciales para la supervivencia de las turbinas de viento.

Por su parte los aerogeneradores son esenciales al momento de desarrollar un sistema de generación eólica a grandes y pequeñas escalas, pero en la siguiente tabla se muestra la comparación de pequeños aerogeneradores comunes para sistemas de generación eólica de pequeña escala con las ventajas y desventajas que cada una de estas proporciona en su implementación.

**Tabla 1.** Comparación de pequeños aerogeneradores comunes

Tipo de generador	Ventajas	Desventajas
Generador de CC	Conveniente almacenamiento de energía de CC almacenamiento	Estructura de cepillo; Mucho mantenimiento
PMSG	Alto rendimiento de generación de energía Eficiencia Pequeño volumen; Alta densidad de potencia	Baja regulación de voltaje rendimiento; Poca tolerancia a los fallos
SRSEG	Salida ajustable y tensión	Estructura de los cepillos; Mucho mantenimiento
Condensador Auto excitado, Generador Asíncrono	Estructura sencilla; Mantenimiento conveniente	El valor de la capacitancia en paralelo se ajustará según la carga y la velocidad del viento
SRG	Fabricación sencilla Control flexible Buena tolerancia a los fallos Rendimiento.	Características electromagnéticas Ondulación del par

Fuente. (Chen, y otros, 2022)

Se debe considerar como parte importante de investigación el análisis de los métodos físicos utilizan los registros de predicción meteorológica numérica para describir la información geográfica y meteorológica mediante la construcción de modelos matemáticos con un horizonte a corto plazo. Y es que estos métodos proporcionan la estimación de la velocidad del viento con los datos de la forma de la rejilla correspondientes a la zona específica bajo la latitud estacionaria, mientras que no puede reflejar la velocidad real del viento bajo la altura del buje de la turbina eólica.

Además, los enfoques estadísticos emplean la varianza óptima varianza entre la predicción futura y los datos históricos, pero suponen una sobrecarga informática, ya que los resultados se basan en los datos históricos (Wu, y otros, 2018).

También se debe considerar que, a diferencia de las generaciones tradicionales de energía eléctrica, los resultados de la generación de energía eólica no suelen ser controlables debido a la estocasticidad e intermitencia del viento en el entorno natural. Por lo tanto, la integración de la generación renovable aumenta la dificultad para los operadores de la red para estimar la reserva del sistema, el despacho y la gestión del flujo de carga del Sistema. El método del flujo de carga probabilístico (PLF) se propuso por primera vez en la década de 1970 para tener en cuenta las interrupciones no programadas, las imprecisiones en la previsión de la carga y los errores de medición.

El método PLF permite obtener las funciones de densidad probabilística (PDF) y las funciones de distribución acumulativa (CDF) de las tensiones de los buses y los flujos de las ramas. Los resultados del PLF pueden proporcionar a los operadores y planificadores de la red una perspectiva explícita de las condiciones presentes o futuras del sistema, ayudándoles a reducir la arbitrariedad en la toma de decisiones. La técnica más utilizada en el cálculo del PLF es la simulación de Monte Carlo (MCS). En realidad, se trata de procesos de flujo de carga repetidos con distintos valores de las variables de entrada que se obtienen de sus FDP.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación**

Tomando en consideración el artículo científico de (Nicomedes, 2018) donde se analizan los tipos de investigación, se identificó que una investigación aplicada es aquella que utiliza los hallazgos de un estudio básico o fundamental para dar soluciones prácticas de índole social, económica, industrial, entre otros.

Es por ello que se puede destacar que la investigación realizada será de tipo aplicada.

##### **Diseño de investigación**

Tomando en consideración el artículo científico de (Nicomedes, 2018) donde se analiza también el diseño de investigación, se identificó que una investigación con diseño no experimental es aquella donde no se manipula las variables, por el contrario, se observa los hechos en un contexto natural.

Es por ello que la investigación desarrollada tiene un diseño no experimental con un alcance descriptivo puesto que según (Ríos Ramirez, 2017) una investigación tiene un alcance explicativo cuando, recoge información dos o más muestras para observar el comportamiento final.

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### **Variable independiente: Sistema eólico**

Es un sistema para generar energía eléctrica y se desarrolla mediante un aerogenerador y una estructura de soporte que utiliza la fuerza del viento para accionar un generador eléctrico, el cual está conectado a un inversor y banco de baterías para el abastecimiento de energía del usuario (Vera Vidal, 2020).

##### **Variable dependiente: Suministro eléctrico**

El sistema de suministro de electricidad, es la responsable de la operación del sistema eléctrico y de la gestión de la red de transporte de energía eléctrica. (Vera Vidal, 2020).

### 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

**Población:** Tomando en consideración el artículo de (Arias, y otros, 2016) la población de estudio es un conjunto de elementos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados.

Este informe considera como **población** al total de viviendas que requieren energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta de Magdalena de Cao. El total de viviendas identificadas según el INEI es de 36 viviendas y 85 pobladores.

DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
0014	LAS QUINTANAS	Chala	133	125	73	52	42	42	-
0015	MOLINO CAJANLEQUE	Chala	89	244	122	122	114	111	3
<b>130204</b>	<b>DISTRITO MAGDALENA DE CAO</b>			<b>2 463</b>	<b>1 272</b>	<b>1 191</b>	<b>1 031</b>	<b>886</b>	<b>145</b>
0001	MAGDALENA DE CAO	Chala	42	1 333	703	630	423	363	60
0003	ORQUETITA	Chala	19	-	-	-	4	2	2
0005	SALAMANCA	Chala	71	714	354	360	265	237	28
0007	EL HOYERO (CHIVERO)	Chala	58	35	18	17	30	18	12
0009	PAMPA DE CARRERA	Chala	81	1	-	1	9	4	5
0010	TOMA DEL TUBO	Chala	90	-	-	-	3	2	1
0012	TICMAR	Chala	77	62	35	27	57	56	1
0014	LA CUADRA	Chala	49	-	-	-	1	-	1
0016	POZO HONDO	Chala	24	-	-	-	1	1	-
0017	CORRAL DE TOQUEN	Chala	35	-	-	-	1	-	1
0019	MONCADA ALTA	Chala	69	13	5	8	4	3	1
0020	MONCADA	Chala	68	87	43	44	72	60	12
0024	EL PALMO	Chala	25	4	2	2	6	6	-
0028	HUACA PRIETA	Chala	21	85	3	2	36	16	4

Figura 2. Total de viviendas y pobladores en Huaca Prieta- Magdalena de Cao

- **Criterios de inclusión:** Se considerará cómo parte de la población a todos los pobladores que cuenten con una vivienda y que radiquen en la zona en los últimos 5 años para evitar incluir visitas o personas que se encuentran de paso

por el centro poblado. Esto se revisará mediante la ayuda de los niveles de población estadísticos publicados por el INEI.

- **Criterios de exclusión:** Se excluye de esta investigación a los habitantes que se encuentren en la zona en un periodo menor a un año para evitar incluir visitas o personas que se encuentran de paso por el centro poblado.

**Muestra:** Es parte de la muestra el número de viviendas considerada como unidad muestral del total de la población, en este caso al ser la población un total de 36 viviendas se considerará al total de viviendas como población.

**Muestreo:** Se realiza un muestreo por conveniencia debido a que el tamaño de la muestra es relativamente pequeño se realizarán tanto la encuesta como el análisis de la demanda a las 36 viviendas de Huaca Prieta de Magdalena de Cao; asimismo se evaluará el crecimiento de la población en los siguientes 5 años (2023-2028) tomando en consideración el índice de crecimiento poblacional de nuestro país.

**Unidad de análisis:** Centro poblado de Huaca Prieta.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

En esta investigación las técnicas que serán utilizadas se identifica primero el análisis documental, puesto que con la recogida de datos y el ordenamientos y tabulación de los mismos se logrará tener un panorama detallado de la realidad global de la zona de Huaca Prieta.

Luego se tiene a la entrevista, con la cual se logrará obtener información de la población del centro poblado de Huaca Prieta, para poder determinar la demanda de energía eléctrica requerida en esta zona; así como el nivel de necesidad de electrificación en esta zona rural. Se analizan también los principales componentes para el desarrollo de un correcto sistema de generación eólica y el desarrollo de esta.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Dentro de los instrumentos de recolección de datos que se utilizaran se identifica primero para el análisis documental, el desarrollo de una ficha de registro y una hoja de observación, para realizar el análisis de la información mediante páginas de la Nasa que permiten generar y analizar los niveles de generación eólica en la zona. En el caso del instrumento utilizado para la entrevista, con el cual se revisarán los tipos de electrodomésticos con que cuentan los pobladores y sus niveles de consumos diarios, para con ello obtener un consumo global mensual y anual que nos permita determinar la demanda máxima de energía eólica requerida en el centro poblado de Huaca Prieta.

### **3.5. Procedimientos**

Dentro de los procedimientos desarrollados y en base a los objetivos planteados primero, se identifica la necesidad de abastecimiento de energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta.

En segundo lugar, se analizan los procedimientos de generación eólica por medio de artículos e investigaciones recientes y se establecen las ventajas y desventajas de su uso; se realizará también un análisis del potencial eólico con que cuenta la zona, realizando un análisis de la velocidad y la dirección del viento según meses y estaciones del año. Luego se revisan los niveles de demanda eléctrica requeridos por los pobladores de la zona mediante una evaluación de las luminarias requeridas, los electrodomésticos con los que cuenta y los postes requeridos para el suministro, entre otros factores.

Después se realiza el diseño del sistema eólico tomando en consideración los componentes y dispositivos necesarios para llevarlo a cabo, los tipos de cable y el cableado general en la zona, entre otros asuntos. Finalmente se desarrolla una evaluación económica de la propuesta considerando la inversión total, los costos operativos, los recursos utilizados, así como el beneficio obtenido a través de esta implementación de electrificación en el centro poblado de Huaca Prieta y con ello

analizar el beneficio total de la inversión.

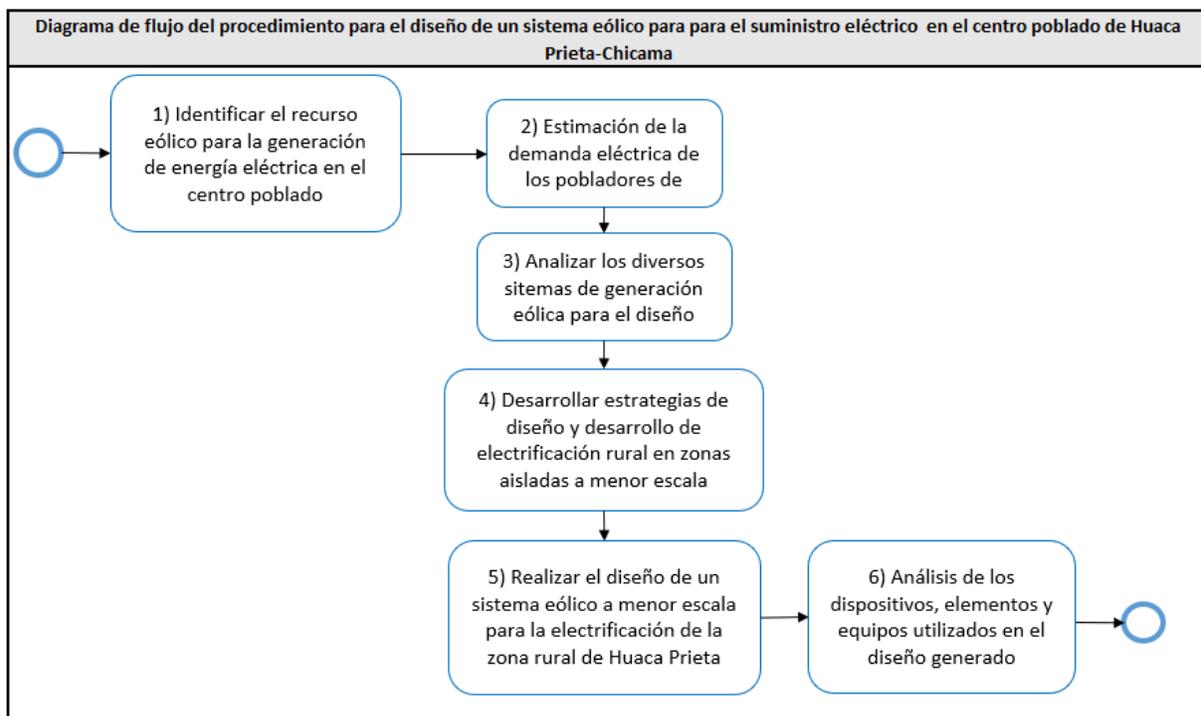


Figura 3. Procedimiento para el diseño de un sistema eólico en Huaca Prieta

### 3.6. Método de análisis de datos

Los métodos de análisis de datos identificados se enfocan en el uso de plataformas de búsqueda para la identificación de los antecedentes y el uso de programas de procesamiento de datos como el Word, el Excel y un software de seguimiento del potencial eólico obtenido de información generada por una página de la NASA.

### 3.7. Aspectos éticos

Dentro de los aspectos éticos se considera la puntualidad en la entrega del trabajo de investigación y el respeto por la autoría mediante las citaciones de los autores.

#### IV. RESULTADOS

##### Identificación del recurso eólico para la generación de energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta

Dentro de los procedimientos desarrollados, en base a los objetivos planteados hará uso de la identificación del recurso eólico con que se cuenta en el centro poblado Huaca Prieta para la generación de energía eléctrica y para ello primero se describe la zona de estudio y los principales factores para el análisis de producción eólica.

Huaca Prieta, es un centro poblado ubicado en el distrito de Magdalena de Cao, este distrito se ubica al norte de nuestro país y está dentro de la provincia de Acope en la región la Libertad. Los datos más resaltantes de este distrito se ubican en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Información actualizada de Magdalena de Cao

Datos relevantes del distrito de Magdalena de Cao	
Altitud:	28 metros de altitud
Coordenadas geográficas:	Latitud: -7.8775
	Longitud: -79.2944
	Latitud: 7° 52' 39" Sur
	Longitud: 79° 17' 40" Oeste
Distritos vecinos:	➤ Chocope
	➤ Santiago de Cao
	➤ Paiján
Población (actualizada al 2023):	3 232 habitantes

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2023)

En cuanto al centro poblado Huaca Prieta se pudo identificar tanto la latitud como la longitud de esta zona a través de la herramienta del Google maps.



Figura 4. Latitud y longitud de Huaca Prieta

Fuente: Google Maps (2023)

Con los datos de las coordenadas de la zona se realizaron los estudios pertinentes mediante un análisis en detalle de la estimación de producción eólica (Anexo N° 02).

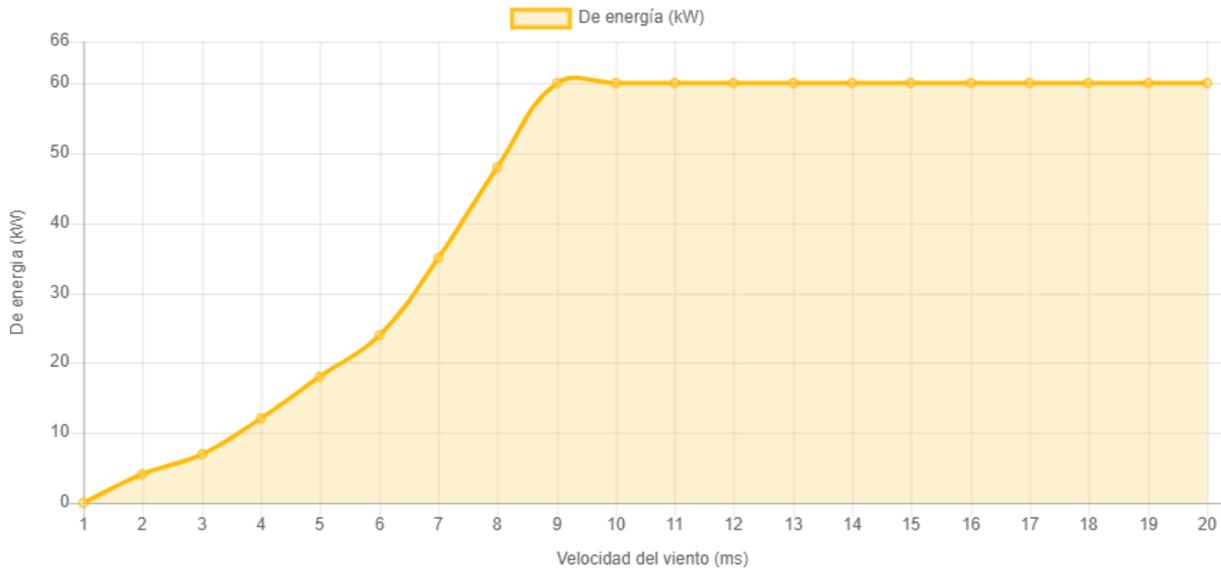
Tabla 3. Datos generales del potencial eólico en Huaca Prieta

Fuente de datos	Altura hub (m)	Velocidad media (m/s)	Grado de confianza	Dispersión zona (m/s)	Rosa de vientos	Variación mensual
Hummer	20	4,6	80%	+ -	NO	SI
DTU	18	7,5	90%	+ -0,12	SI	SI
MERRA-2	50	7,5	80%	+ -0,12	SI	SI
<b>Resultado</b>	<b>50</b>	<b>8,23</b>	<b>-</b>	<b>+ -0,12</b>		

En la tabla presentada se muestran las diferentes fuentes de datos en las cuales se calculó velocidad media de la zona para así poder generar el estudio de producción

eólico, de cada fuente de datos se obtienen unos valores que luego para el cálculo de las medias, se aplican según el grado de confianza de los mismos.

La información de generación eólica de esta zona se revisa en la siguiente figura.



*Figura 5. Generación eólica en Huaca Prieta*

Fuente: Hummer (2023)

Se debe considerar que los niveles de generación eólica son cada vez más crecientes debido a que la zona cuenta con las características apropiadas en el terreno en consideración con los condicionantes requeridos tales como: variaciones del viento dentro del punto de rejilla, dificultades orográficas, entre otras.

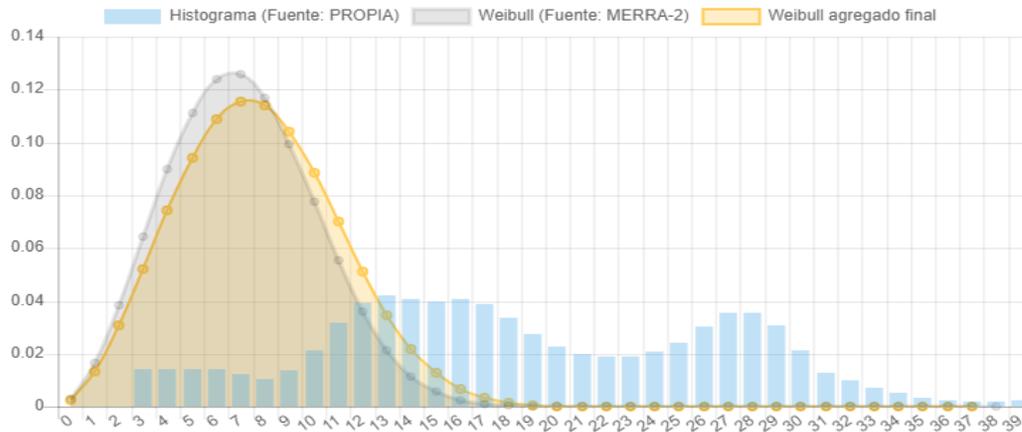
Por otro lado, la producción eólica obtenida a través de los distintos meses del año, de enero a diciembre en kWh, se distribuye de la siguiente manera:

**Tabla 4.** Producción eólica en kWh de Huaca Prieta

Producción Eólica (en kWh)														
Detalle	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Anual
Velocidad del viento (m/s)	6.1	5.3	5.3	7.2	7.7	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.0	7.0	
kW	27	22	22	38	47	47	44	44	45.6	45.6	45.6	36	38	13914
kW/mes	810	660	660	1140	1410	1410	1320	1320	1368	1368	1368	1080	1159.5	kW

Fuente: Hummer (2023)

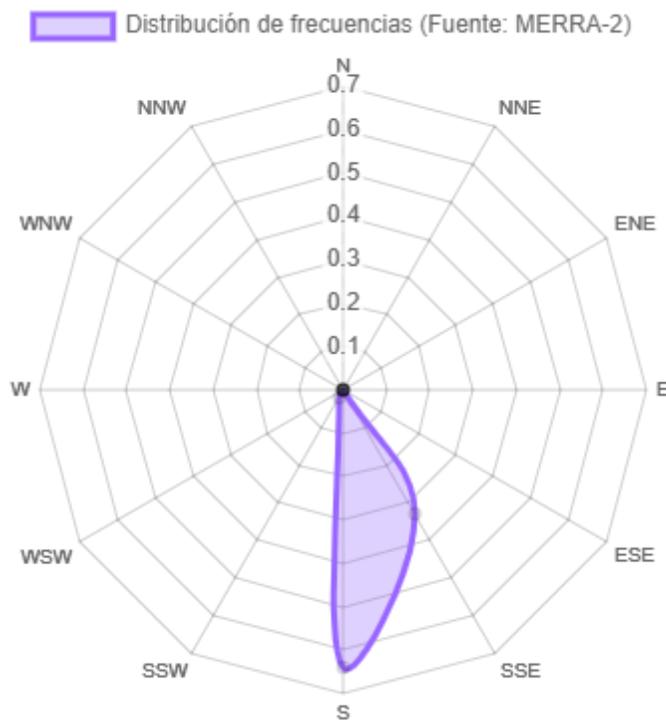
Luego de este resumen de la producción eólica se realiza el recuento de la información eólica obtenida en la zona de Huaca Prieta, mediante el siguiente histograma y la distribución de frecuencia presentada a continuación.



**Figura 6.** Histograma de información eólica en Huaca Prieta

Fuente: Enair Rise Energy (2023)

El Histograma de la figura anterior presenta los valores de velocidad de viento en m/s más constantes de la zona, mostrando por cada velocidad de viento los valores Weibull y las medias de Weibull y es una representación gráfica de cómo se reparte el historial de vientos. Asimismo, se revisa la distribución de frecuencias, mediante la rosa de los vientos, la cual permite conocer los vientos predominantes y la cual es necesaria conocerla para instalar los equipos manteniendo libre de obstáculos el sector predominante de vientos.



*Figura 7.* Rosa de los vientos en base a puntos cardinales terrestres

Fuente: Enair Rise Energy (2023)

Luego de analizar la distribución de frecuencias se revisa también la variación estacional, la cual se basa en el conjunto de datos de los últimos 30 años analizados, en la zona. Se calcula la velocidad media de viento de cada mes, se promedia y se muestra una variación respecto a la media anual en valores de porcentaje.

Los puntos mínimos y máximos corresponden al máximo y mínimo de velocidad media por cada mes de esos 30 años, mostrando un 66% de ese valor (desviación estándar).

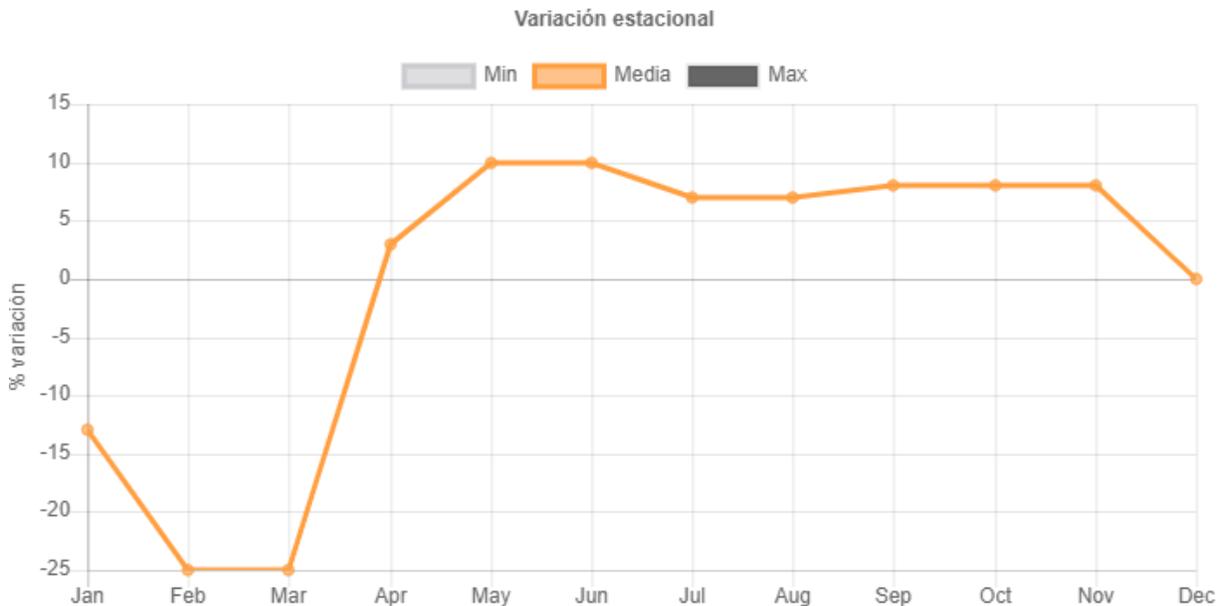


Figura 8. Límites estacionales de velocidad media en Huaca Prieta

Fuente: Hummer (2023)

Finalmente, se analiza también La variación espacial en la que se muestra los valores promedios de velocidad de media de viento de los modelos sobre un cuadro como mínimo de 1km<sup>2</sup>, ofreciendo la variación que se puede encontrar en el territorio alrededor del punto elegido.

Para ello se cogen todas las medidas hechas en el territorio de los alrededores (10km<sup>2</sup>), los ordenamos de mayor a menor respecto a la velocidad media y sacamos los promedios de viento. De esta forma en el 100% encontramos la velocidad media del centro poblado Huaca Prieta, pero conforme disminuye el % se va incrementando el viento dentro del cuadro seleccionado, de forma que por ejemplo el 1% corresponderá al 1% de más viento de ese punto.

#### **4.1. Distribución de la energía eléctrica a los pobladores del centro poblado de Huaca Prieta**

Si tomamos en consideración al distrito en el cual se ubica el centro poblado de Huaca Prieta, el cual es Magdalena de Cao, se puede conocer acerca de los proyectos con que cuenta este distrito para electrificación futura y es que en el pasado 2022 se lanzó la propuesta de invertir 609,000 soles en proyecto de electrificación en Magdalena de Cao por parte del gobierno regional de La Libertad. El proyecto comprende instalar una subestación de distribución de energía eléctrica y el plazo de ejecución es de 120 días calendario. (Referencia)

El Gobierno Regional de La Libertad invertirá S/ 609,345 en un proyecto de electrificación en el sector Los Ángeles, ubicado en Magdalena de Cao. Así, se indicó que a fines de febrero empezaría el proyecto de instalación del servicio de energía eléctrica del centro poblado Los Ángeles. Y es que las autoridades precisaron que el proyecto comprende la instalación de una subestación de distribución de energía eléctrica. De ese punto se distribuirá la energía para el alumbrado público y las conexiones domiciliarias.

Además del cableado, se contempla la instalación de postes de concreto, conductores de cobre, interruptores, medidores de energía monofásico, accesorios de conexión, entre otras. Es importante mencionar que el centro poblado Los Ángeles tiene alrededor de 40 años de creación. Todos esos años los pobladores han sufrido muchas dificultades para realizar sus quehaceres y tener alumbrado público que mejore la visibilidad de sus calles por las noches.

Los trabajos consistirán en la instalación de una subestación de distribución de energía eléctrica, desde donde se distribuirá la energía para el alumbrado público y las conexiones domiciliarias. Además del cableado, se contempla la instalación de postes de concreto, conductores de cobre, interruptores, medidores de energía monofásico, accesorios de conexión, entre otras (Referencia).



*Figura 9.* Mediciones para generación de energía eléctrica en Magdalena de Cao

Fuente: Informativos Perú (2022)



*Figura 10.* Proyecto de electrificación en Magdalena de Cao

Fuente: Informativos Perú (2022)

A pesar de los esfuerzos de las autoridades, aún existen muchos centros poblados en el distrito de Magdalena de Cao que no cuentan con el servicio eléctrico y pobladores que requieren este servicio y a pesar de dicha necesidad es poco posible atender el requerimiento por la alta inversión que generan estos proyectos de electrificación. Uno de estos centros poblados con dicho requerimiento es el de Huaca Prieta.

## **Demanda eléctrica de los pobladores de Huaca Prieta**

Siguiendo con la investigación y enfocándonos en el tercer objetivo que se enfoca en identificar la necesidad de abastecimiento de energía eléctrica que requieren los pobladores del centro poblado de Huaca Prieta.

**Tabla 5.** *Informe poblacional del centro poblado Huaca Prieta*

<b>Departamento La Libertad, Distrito Magdalena de Cao</b>			
<b>Código</b>	<b>Centro Poblado</b>	<b>Población censada</b>	<b>N° viviendas particulares</b>
0028	Huaca Prieta	85	36

Nota. Fuente (INEI, 2017)

La población total censada en el centro poblado de Huaca Prieta según el INEI es de 85 personas y el número total de viviendas ocupadas es de 36. Luego tomando en consideración esta población total de 36 datos en viviendas ocupadas es importante considerar un muestreo no probabilístico en el cual debido a que la población es menor a cincuenta (50) individuos, la población es igual a la muestra; siendo el total de población y muestra de 36 viviendas encuestadas (Ríos Ramirez, 2017).

Asimismo se debe tomar en cuenta que el centro poblado Huaca Prieta al igual que el distrito de Magdalena de Cao aún se encuentran en el proceso de contar con el servicio eléctrico, el cual ha sido solicitado por los pobladores a las autoridades pertinentes; sin aún recibir respuesta por el tamaño reducido de su población y considerándose que la energía eólica es una energía económica y rentable, se ha tomado en consideración la sugerencia y los pobladores han cedido a brindar el apoyo necesario para contar con la información pertinente que permita desarrollar un proyecto de esta magnitud y les permita mejorar su calidad de vida y les ayude a realizar sus actividades cotidianas con este recurso necesario; es por ello que se realizó la encuesta a todos los pobladores y esto nos determinó la demanda de energía eléctrica total.

El detalle de la encuesta realizada a los 36 pobladores de Huaca Prieta, se presenta en el anexo N°05. Luego de realizar la encuesta a los pobladores de las 36 viviendas en Huaca Prieta (Ver Anexo N°05), se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 6.** Equipos utilizados por los pobladores de Huaca Prieta

N°	Celular			Refrigeradora			Lavadora			Ventilador		
	Cantidad	Horas de uso al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas de uso al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas de uso al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas de uso al día	Demanda diaria
1	1	2	2	1	6	6				1	1	1
2	1	1	1			0						0
3	2	2	4			0						0
4			0			0						0
5	1	1	1			0				1	1	1
6	3	3	9			0				1	1	1
7	2	3	6			0				1	1	1
8	1	2	2			0	1	1	1			0
9	1	2	2			0	1	1	1			0
10	2	2	4			0						0
11	1	2	2	1	6	6						0
12			0			0	1	1	1			0
13			0			0						0
14	2	3	6	1	6	6				1	1	1
15	2	3	6			0				1	1	1
16	3	3	9			0	1	1	1			0
17	2	2	4			0						0
18	3	3	9			0						0
19	3	3	9			0						0
20	2	3	6			0				1	1	1
21	2	3	6			0				1	1	1
22	1	2	2			0						0
23	1	3	3			0	1	1	1			0
24	1	1	1			0						0
25	1	1	1			0						0
26	2	3	6			0						0
27	2	3	6			0						0
28	2	3	6	1	6	6	1	1	1			0

29	1	2	2	0	1	1	1	0
30	1	1	1	0				0
31	1	1	1	0				0
32	3	3	9	0				0
33	2	3	6	0				0
34	2	3	6	0	1		1	0
35	2	3	6	0				0
36	3	3	9	0				0
<b>0TOTAL</b>	<b>Celular</b>	<b>153</b>	<b>Refrigeradora</b>	<b>24</b>	<b>Lavadora</b>	<b>8</b>	<b>Ventilador</b>	<b>8</b>

N°	Computadora portátil o de escritorio			Plancha			Impresora		
	Cantidad	Horas de uso al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas de uso al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas de uso al día	Demanda diaria
1	1	3	3	1	0.10	0.10	1	1	1
2	1	5	5	1	0.20	0.20	1	1	1
3			0			0			0
4			0			0			0
5			0			0			0
6			0			0			0
7	1	2	2			0			0
8			0			0			0
9			0			0			0
10	1	4	4			0			0
11			0			0			0
12			0			0			0
13	1	4	4			0			0
14	1	2	2	1	0.05	0.05			0
15			0	1	0.10	0.10			0
16			0	1	0.30	0.30			0
17			0	1	0.05	0.05			0
18	1	4	4			0			0
19	1	4	4			0			0
20						0			0

21	1	4	4			0		0
22	1	4	4			0		0
23	1	3	3			0		0
24			0			0		0
25			0			0		0
26			0			0		0
27			0			0		0
28			0			0		0
29			0			0		0
30			0			0		0
31			0			0		0
32	1	3	3					0
33			0	1	0.10	0.1		0
34			0			0		0
35	1	4	4			0		0
36			0	1	0.10	0.1		0
<b>TOTAL</b>		<b>Computadora portátil o de escritorio</b>	<b>46</b>	<b>Plancha</b>		<b>1</b>	<b>Impresora</b>	<b>2</b>

	Televisor			Reproductor de video			Radio u otro equipo de sonido			Lamparas totales en casa		
	Cantidad	Horas al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas al día	Demanda diaria	Cantidad	Horas al día	Demanda diaria
1	1	2	2			0			0	3	2	6
2	1	2	2			0			0	2	3	6
3			0			0			0	3	4	12
4			0			0			0	5	3	15
5			0			0			0	3	3	9
6			0			0			0	4	2	8
7			0			0			0	3	3	9
8			0			0			0	3	3	9
9			0			0			0	3	4	12

10			0			0		0	3	3	9	
11			0			0		0	4	4	16	
12			0			0		0	2	2	4	
13			0			0		0	3	2	6	
14			0			0		0	3	3	9	
15			0			0		0	4	2	8	
16	1	2	2			0		0	2	4	8	
17	1	2	2			0		0	3	3	9	
18	1	1	1			0		0	3	2	6	
19	1	2	2			0		0	4	4	16	
20	1	2	2			0		0	2	3	6	
21	1	1	1	1	1	1		0	4	2	8	
22			0			0		0	3	3	9	
23			0			0		0	2	2	4	
24			0			0		0	3	4	12	
25			0			0		0	3	3	9	
26			0			0		0	3	4	12	
27			0			0		0	3	2	6	
28			0			0		0	4	3	12	
29			0			0		0	3	3	9	
30			0			0		0	3	4	12	
31			0			0		0	3	2	6	
32			0			0		0	4	3	12	
33			0			0		0	3	3	9	
34			0			0	1	1	1	3	4	12
35			0			0	1	1	1	2	2	4
36			0			0			0	3	3	9
<b>TOT</b>	<b>Televi</b>			<b>Reproductor de</b>				<b>Radio u otro equipo</b>		<b>Lampara totales</b>		
<b>AL</b>	<b>sor</b>		<b>14</b>	<b>video</b>		<b>1</b>		<b>de sonido</b>	<b>2</b>	<b>en casa</b>		<b>328</b>

Luego de analizar los datos recopilados de las encuestas realizadas a las 36 viviendas en Huaca Prieta realizada a sus pobladores, se realiza un balance total del uso diario de cada uno de los equipos y focos utilizados por estos; con lo cual se tienen las horas totales y con la ayuda de las potencias brindadas por el Ministerio de energía y Minas se revisa el consumo energético diario y anual que se detalla a continuación.

**Tabla 7.** Consumo energético de los pobladores de Huaca Prieta

<b>Artefacto Utilizado</b>	<b>Potencia del artefacto (Watts/hora)</b>	<b>Uso diario (horas)</b>	<b>Consumo energético diario (kWh/día)</b>	<b>Consumo energético anual (kWh/año)</b>
Carga de celular	10	153	1.53	558.45
Refrigeradora	350	24	8.4	3066
Lavadora	450	8	3.6	1314
Ventilador	50	8	0.4	146
Computadora portátil o de escritorio	300	46	13.8	5037
Plancha	1200	1	1.2	438
Impresora	50	2	0.1	36.5
Televisor	150	14	2.1	766.5
Reproductor de video	25	1	0.025	9.12
Radio o equipo de sonido	300	2	0.6	219
Lampara totales en casa	10	328	3.28	368.28
<b>TOTAL</b>				<b>11958.85 Kwh</b>

Luego, si proyectamos la demanda considerando un crecimiento poblacional de 8% anual según datos revisados por el INEI para cinco años de vida del proyecto:

**Tabla 8.** Demanda anual proyectada del consumo energético

<b>Año</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>
Demanda (kWh/Año)	11958	12915	13948	15064	16269	17570

## Diseño para el sistema de generación eléctrica mediante un sistema eólico

El recurso eólico según lo analizado en el primer objetivo en la zona de Huaca Prieta nos brinda un total de 13914 kW anual; y el consumo energético anual demandado por los pobladores de esta zona es de 11958.85 kWh anual.

Con estos datos, para el desarrollo del sistema de generación eléctrica se analiza primero las velocidades requeridas mínimas para cada tipo de aerogenerador según los diámetros de pala con que cuentan estos. Para ello, se toma en cuenta la velocidad mínima de viento requerida para el arranque y de paro según los diámetros especificados del aerogenerador.

**Tabla 9.** Detalle de aerogeneradores evaluados

Detalle de capacidad	Diámetro de pala			
	Ø =21m	Ø =40m	Ø =60m	Ø =80m
Capacidad (kW)	60	600	1300	2000
Altura (m)	24	39-50	60-69	78-100
Peso (Ton)	1.5	49	125	225
Velocidad del viento m/s				
De arranque	2.5	5	4	4
A potencia nominal	14	17	15	15
De paro	25	25	25	25
Área barrida $m^2$	346	1385	2826	5024
MWh/año	410	2332	4867	8230
MWh/ $m^2$	1,2	1,7	1,7	1,6

Por lo tanto, el servicio eléctrico o el sistema de generación eléctrica se desarrollará mediante la producción de energía eléctrica por medio de una planta eólica con una potencia instalada mínima de 13914 kW y contará con 1 aerogeneradores horizontales que cuenten con tres palas, marca Hummer modelo h21.0-60kw con una potencia nominal de 60 kW . El detalle de este modelo se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Se eligieron aerogeneradores con ejes horizontales en vez de verticales debido a que este tipo de aerogeneradores desarrollan un mayor funcionamiento de las hélices para la producción de energía. Asimismo, la eficiencia promedio de las máquinas de eje vertical no es considerable comparadas con las horizontales, la máquina no es de arranque automático, puede necesitar cables tensores que la sujeten y para sustituir el cojinete implica desmontar toda la máquina.

### **Sistema de suministro de electricidad**

El sistema de suministro de electricidad, será el responsable de la operación del sistema eléctrico y de la gestión de la red de transporte de energía eléctrica. Estas dos funciones junto con la generación y la distribución han de conformar el funcionamiento global del sistema eléctrico. Los equipos utilizados para el sistema de suministro de electricidad son los siguientes:

- Reguladores

Debido a que se contará con 1 aerogeneradores horizontales que cuenten con tres palas, marca Hummer modelo h21.0-60kw con una potencia nominal de 60 kW y son de 48 voltios, por ello se requerirán 1 reguladores de Eantrex C40, el cual comúnmente se usa como controlador de carga tanto eólica como solar, además cuenta con un indicador de advertencia de desconexión de baja tensión y puntos de ajuste de control para su utilización sobre el terreno que gestionan la desconexión automática por alta y baja tensión y un interruptor de puesta a cero manual para funcionamiento de emergencia con baja tensión.

- Baterías

Es importante seleccionar una batería de alta potencia y por la disponibilidad en el mercado se escoge la batería Power-200.

**Tabla 10.** Análisis de baterías

Batería 12V	Capacidad	Potencia	Precio
Power-150	150 Ah	1800W	210 dólares
Power-175	175 Ah	2100W	240 dólares
Power-200	200 Ah	2520W	280 dólares

Por otro lado, el banco de baterías está calculado para 20kWH, debido a que se debe

contar con un banco que almacén de toda la energía producida durante un día para la velocidad de viento promedio de 7m/s determinada en el primer objetivo.

La batería Power-150 que se seleccionó nos dará un total de 1800 WH y en el caso de las baterías no es permisible una descarga del 100% sino que sólo debe darse en un máximo de 50% de su capacidad máxima, por tanto, de las baterías escogidas solo podrán utilizar el 50% de 1800 W es decir 900 W. El número de baterías sería el siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de baterías} = \frac{1800W}{900W} = 2 \text{ baterías}$$

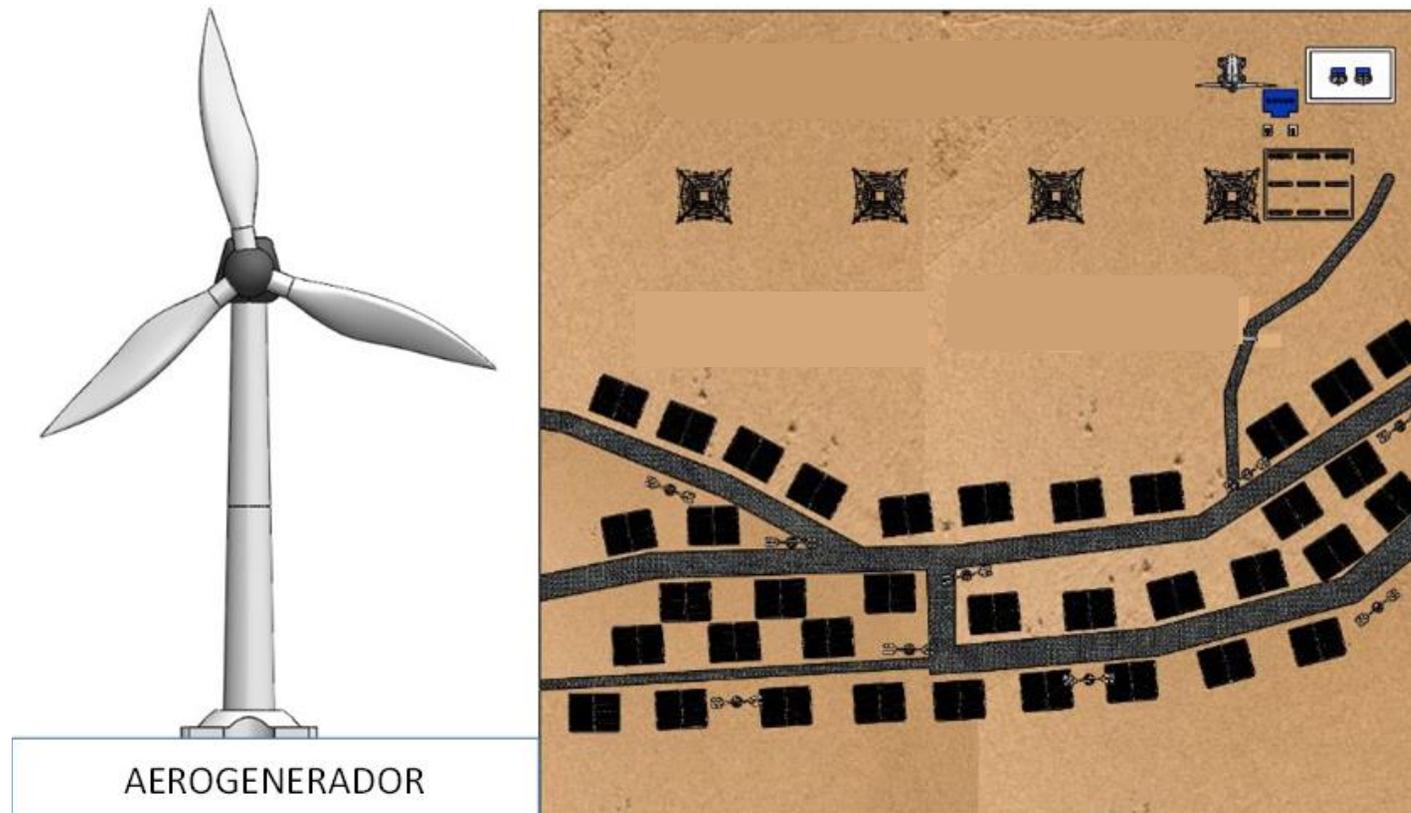
Por lo tanto, se utilizarán 2 baterías

- Inversores

Existe una gran variedad de inversores y de diferentes potencias; por ello se debe determinar primero la disponibilidad en el mercado de acuerdo a nuestras necesidades para este diseño. Por ello seleccionaremos el tipo y el número de inversores.

Para la necesidad de 33.219 KW será necesario un solo inversor con las siguientes características inversor híbrido de 36 kW con una potencia recomendada mayor a 36 kW y un máximo de corriente de 83/45 A y una corriente máxima por fase de 139/76 A.

El diseño total de la planta de generación eólica se desarrolla en los siguientes diseños en AutoCAD, donde se revisan el dimensionamiento del aerogenerador y el Plano de distribución del sistema eólico; así como la distribución de los equipos eléctricos en un plano 3D en Solid Work.



*Figura 11.* Dimensionamiento del aerogenerador y el Plano de distribución del sistema eólico

Fuente: Elaboración propia. Solid Work

Por su parte la central eléctrica para la generación de energía eléctrica mediante el recurso eólico se puede visualizar en la siguiente figura.

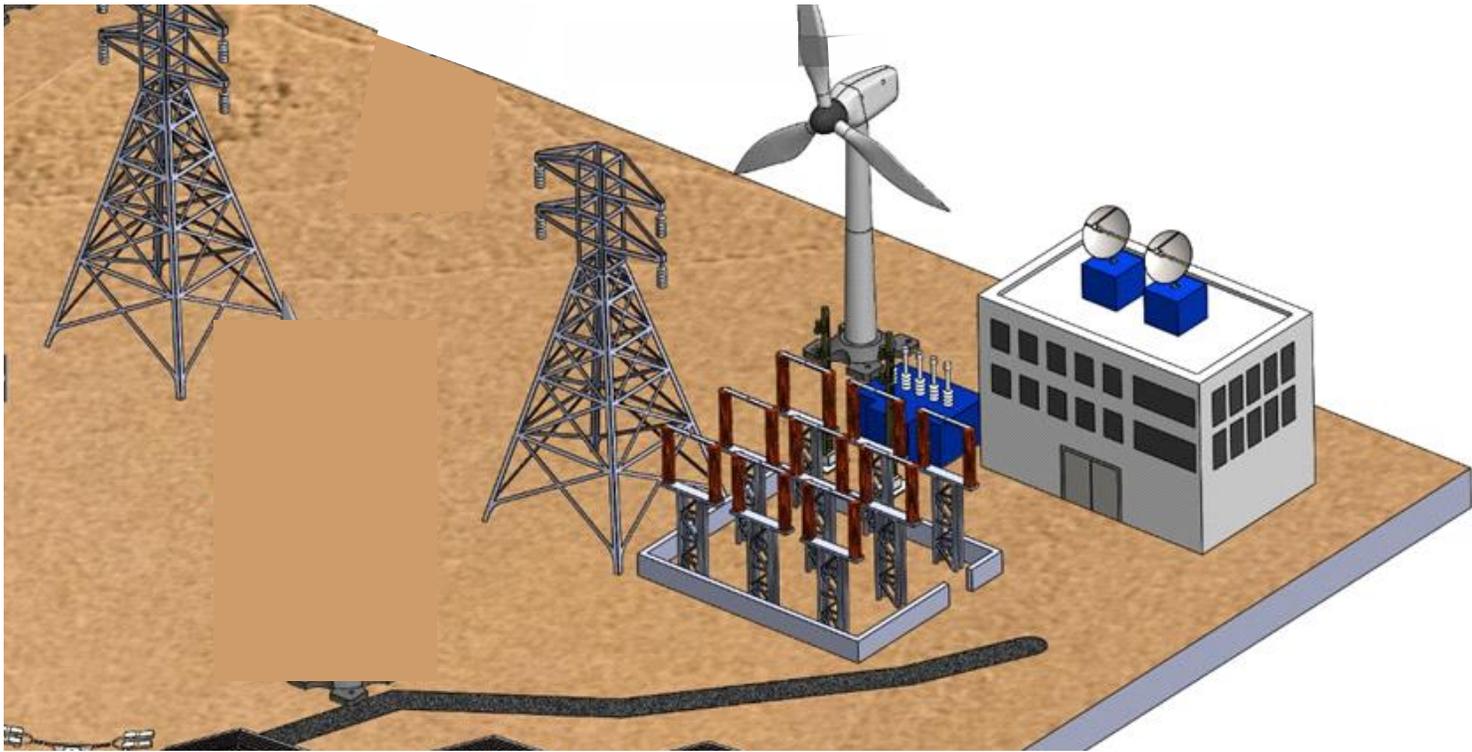


Figura 12. Diseño de la central de generación eólica en la zona rural de Yunchaco

Fuente: Elaboración propia. Solid Work

Luego de revisar el dimensionamiento de los equipos utilizados en el sistema eólico se establece a continuación el diseño completo del sistema eólico en la zona de Huaca Prieta, tomando en consideración la distribución de las casas y el plano de la zona.

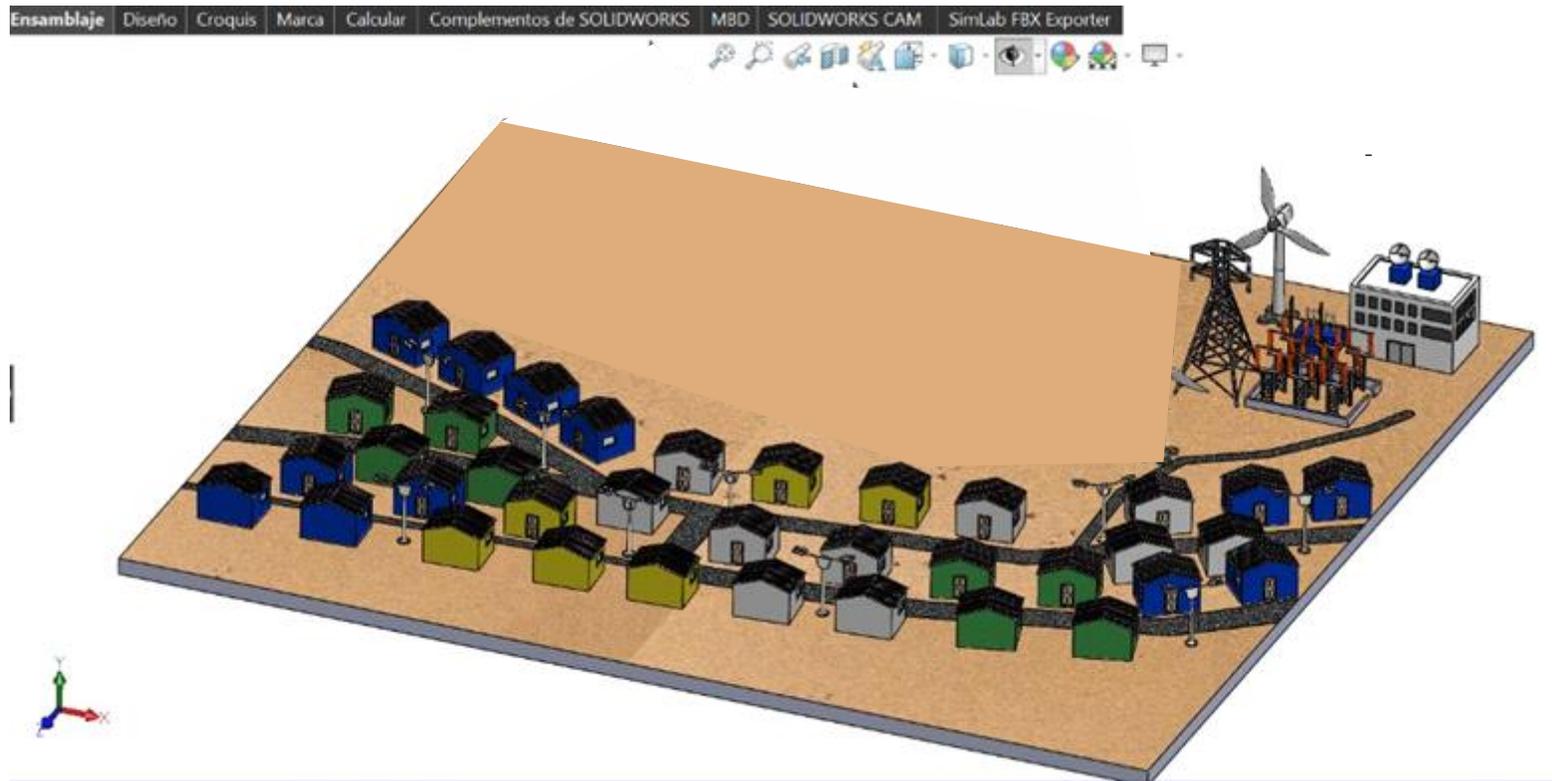


Figura 13. Dimensionamiento del suministro eléctrico por medio de generación eólica

Fuente: Elaboración propia. Solid Work

## Evaluación económica de la propuesta

Se analizarán los costos para la de los aerogeneradores a continuación.

**Tabla 11.** Costos para instalación de aerogeneradores

Detalle de equipos	Costos Unitarios (S/.)	Cantidad	Costos totales (S/.)
Aerogenerador Hummer H21.0-60kw	S/ 18,000.00	1	S/ 18,000.00
Red de tierra	S/ 1,500.00	2	S/ 3,000.00
Equipos generales	S/ 5,000.00	1	S/ 5,000.00
Instalación	S/ 10,000.00	1	S/ 10,000.00
Total			S/ 36,000.00

Adicionalmente se analizan los costos para la adecuación de la planta de generación del sistema eólico.

**Tabla 12.** Costos para adecuación de la planta

Descripción	Costos (S/.)
Adecuación del terreno	S/ 5,000.00
Cableado eléctrico	S/ 35,000.00
Baterías y conversor	S/ 2,500.00
Postes	S/ 10,000.00
Transformadores	S/ 18,000.00
Cableado de control	S/ 25,000.00
Otros costos en herramientas	S/ 18,000.00
<b>Costos totales</b>	<b>S/ 113,500.00</b>

Se revisan también los costos por ejecución del sistema eólico

**Tabla 13.** Costos para ejecución del sistema eólico

Descripción	Costos (S/.)
Compra de terreno	S/ 85,000.00
Obra civil	S/ 15,000.00
Conexión eléctrica	S/ 95,000.00
Línea de conexión a red	S/ 35,000.00
Costos de equipos de protección	S/30,000.00
Costos por repercusión ambiental	S/ 15,000.00
<b>Costos totales</b>	<b>S/ 275,000.00</b>

Por otro lado, para analizar los ingresos percibidos por el recurso eléctrico proporcionado a los pobladores de la zona, se deben revisar los precios que tienen establecidos las empresas prestadoras del recurso eléctrico; entre las cuales se tienen las más conocidas por la opinión pública como Hidrandina, Electroperú y Luz del Sur. Los costos de estas empresas se detallan a continuación.

**Tabla 14.** Costos de principales empresas del servicio eléctrico

Empresa	Costo promedio (S/. / kWh)
Hidrandina	0.3058
Electroperú	
Luz del Sur	

Si realizamos una evaluación promedio de los costos tenemos un costo de 0.3058 soles y si esto lo analizamos con el total demandado en energía eléctrica por la zona de Huaca Prieta tenemos un total de:

**Tabla 15.** Ingresos totales por consumo energético

<b>Año</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>
Demanda (kWh/Año)	11958.85	12915	13948	15064	16269	17570
Costo promedio (S./ kWh)	0.3058	0.3058	0.3058	0.3058	0.3058	0.3058
Ingreso total	S/ 3657	S/ 3949	S/ 4265	S/ 4606	S/ 49705	S/ 5373

**Tabla 16. Análisis Económico de la propuesta de Suministro eléctrico mediante generación eólica**

Análisis Económico de la propuesta de Suministro eléctrico mediante generación eólica						
DETALLE	2023	2024	2025	2026	2027	
<b>Ingresos por propuesta realizada</b>	S/ 3,647.02	S/3,949.40	S/4,265.30	S/4,606.57	S/4975.06	
Demanda (kWh/Año)	11958.85	12915	13948	15064	16269	
Costo promedio (S/. / kWh)	S/0.3058	S/ 0.3050	S/0.3058	S/0.3058	S/0.3058	
<b>Costos anuales generados</b>	S/3,600.00	S/5,900.00	S/6,000.00	S/6050.00	S/6,100.00	
Costos por mantenimiento de equipos	0	S/ 300.00	S/ 400.00	S/ 450.00	S/ 500.00	
Costos de personal de planta	S/ 3,600.00	S/3,600.00	S/3,600.00	S/3,600.00	S/3,600.00	
Otros costos	0	S/2,000.00	S/2,000.00	S/2,000.00	S/2,000.00	
Beneficio anual de la propuesta	S/47.85	-S/1950.6	-S/1734.70	-S/1443.43	-S/1124.94	
Costos de instalación	S/36,000.00					
Costo de equipos, compra de terreno, Obra civil, Conexión eléctrica, Línea de conexión a red, Costos de equipos de protección, Costos por repercusión ambiental	S/ 11,350.00					
Costos de puesta en marcha de planta	S/272,000.00					
Equipos generales, Estructura metálica, Transformadores, Cableado de control, Otros costos en herramientas.						
<b>TOTALES NETOS</b>	-S/319,350.00	S/ 319,302.15	S/549,541.50	S/635,904.82	S/729,177.21	S/829,911.38

Se revisan a continuación los valores del TIR y el VAN

Cálculo del VAN	S/-315,061.31	
Costo de Oportunidad del capital (COK)	12%	Anual
Cálculo de la TIR	20%	
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	3.27	VANE S/244,298.72

Luego de revisar los costos y los ingresos generados por la propuesta se determina el periodo de recuperación de la inversión realizada para la propuesta del suministro eléctrico mediante generación eólica en el centro poblado de Huaca Prieta:

Descripción	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Flujo de caja final	-S/319,350.00	-S/319,3302.15	-S/549,541.50	-S/635,904.82	-S/729,177.21	-S/829,911.38
Periodo de recuperación en años			Recuperación inversión			

De lo expuesto y revisado se tiene que de la inversión realizada para la propuesta que asciende a -S/687,000.00, se podría empezar a recuperar el capital a partir del año 2025 de darse la implementación en el 2023; es decir se recuperaría el capital a partir del segundo año con la propuesta del suministro eléctrico mediante generación eólica en el centro poblado de Huaca Prieta.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo a lo revisado en cada uno de los objetivos se tiene similitudes y diferencias con las diversas investigaciones revisadas en el marco teórico de esta investigación y estas se detallan a continuación:

- En cuanto a la identificación del recurso eólico para la generación de energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta, que es parte del primer objetivo de esta investigación, se desarrolla una evaluación anual del 2022 en cuanto al recurso eólico de enero a diciembre, lo cual coincide con la investigación de Silva et al (2022) en la cual se revisaron los datos de enero a diciembre del 2017 para el análisis del recurso eólico.
- En cuanto al tercer objetivo que se basa en el análisis de la demanda eléctrica de los pobladores de Huaca Prieta se revisaron los equipos utilizados por los pobladores así como la cantidad de focos utilizados para calcular la demanda total de la población y con ello determinar la capacidad con que debe contar la planta eólica de generación y suministro y esto difiere de la investigación de Mladen et al (2022) quién analiza los consumos energéticos en zonas rurales sin tener que realizar encuestas para determinarlo y luego lo lleva a la demanda total calculando el total de la población.
- En cuanto al cuarto objetivo que se revisa el diseño para el sistema de generación eléctrica mediante un sistema eólico se detallan cada uno de los equipos utilizados en la generación del sistema eléctrico mediante el recurso eólico para así conocer el detalle y los costos, lo cual coincide con la investigación de Abdulelah donde se analizan los equipos necesarios para la generación de energía eléctrica a través del recurso eólico.
- Considerando el último objetivo se revisaron los costos para la instalación de los aerogeneradores, para la instalación y demás costos con lo cual se evaluaron los costos totales del proyecto, así como los ingresos totales

generados por brindar el servicio de energía eléctrica y todo esto coincide con la investigación de Mladen et al (2022).

- En el artículo de (Mahmoud, y otros, 2022) se analizó la velocidad del viento disponible en el campo, y la velocidad media fue de 4 m/s y con ello se concluyó que, al diseñar un rotor más adecuado en función de la velocidad del campo, el coeficiente de potencia máxima de las palas aumenta en más de un 60% en comparación con el rotor comercial. Todo esto difiere de lo revisado en este sistema eólico pues la velocidad media de viento promedio está muy por encima de ese valor, lo cual representa que la zona tiene un mayor potencial eólico para el desarrollo de la propuesta.
- El artículo revisado por (Neagoe, y otros, 2022) propuso un algoritmo generalizado para el modelado analítico cinemático y estático del sistema eólico reconfigurable en régimen estacionario y se detalló un nuevo enfoque para optimizar los principales parámetros de diseño, como la relación de los diámetros de los rotores eólicos, por lo cual se establece un modelo de simulaciones numéricas. Todo esto difiere del sistema eólico diseñado en este trabajo puesto que se analizaron otros factores para su desarrollo.
- El artículo de (Silva, y otros, 2022) analizó la relación de dependencia entre la velocidad del viento y la producción de energía eólica, una relación bastante compleja, por lo que este estudio sirvió para comprender la naturaleza estocástica de ambos fenómenos. Todo esto tiene concordancia con este desarrollo del sistema eólico en el centro poblado de Huaca Prieta puesto que también se analizó la relación entre la velocidad del viento y la generación de energía eléctrica a través del recurso eólico.
- A diferencia del artículo de (Silva, y otros, 2022) donde se propuso un estudio que tiene como objetivo la búsqueda de la función cópula referida a los datos en el período mencionado. En este sistema de generación fotovoltaico se desarrolló un método más simple para conocer los datos de evaluación del

recurso eólico e incluso se revisó un histograma de los niveles de generación eólica en la zona.

- A diferencia del artículo de (Liu, 2022) donde se propuso un modelo de energía eólica conectada a la red basado en un generador magnético síncrono permanente (PMSG). Para ello se analizó el ángulo de inclinación del aerogenerador y la forma de onda de las corrientes del lado de la red que son controlados por el controlador PI. En este diseño del sistema eólico se analizó la zona con mejor captación del recurso eólico sin necesidad de usar otras tecnologías que podrían resultar siendo costosas y poco rentables en esta zona.
- De forma similar al estudio de (Wang, y otros, 2022), en el que se analizaron las normas existentes relacionadas con la energía eólica, los escenarios y condiciones de aplicación de las distintas normas, se analizó también la aplicabilidad de las mismas. En esta investigación también se revisaron las normas para conocer el uso de la energía eólica acorde al requerimiento de la población.
- A diferencia de la investigación de (Wang, y otros, 2022) en la cual los resultados de ese estudio tienen utilidad en el avance en la generación de energía eólica y garantiza el funcionamiento seguro y estable de los sistemas de energía eólica a gran escala. En este sistema de generación fotovoltaica desarrollado se analiza el uso de un sistema de menor escala por el reducido grupo que conforma la población de Huaca Prieta.
- A diferencia del artículo de (Alkesaiberi, y otros, 2022), donde se desarrollaron modelos eficientes basados en datos para la predicción con precisión de la generación de energía eólica, en este análisis se desarrolló un solo modelo basado en la demanda de la población, la minimización de costos y los requerimientos de los pobladores de Huaca Prieta.

## VI. CONCLUSIONES

Dentro de las principales conclusiones y los objetivos propuestos se tiene lo siguiente:

- Primero se concluye que el recurso eólico con que cuenta el centro poblado de Huaca Prieta se encuentra dentro del promedio aceptable para su desarrollo y es que la energía eléctrica generada podría llegar a los 71 100 kWh; siendo la velocidad media del viento de 8,23 m/s y el potencial eólico en todo el año el requerido para su uso.
- En cuanto a la distribución de la energía eléctrica a los pobladores, se puede concluir que por el área cubierta y el dimensionamiento desarrollado en la distribución del recurso eléctrico en la zona se debe de considerar el uso de 8 postes de luz, para el abastecimiento de toda la zona.
- En función al tercer objetivo y después de desarrollar una encuesta para determinar la demanda total se concluye que, el requerimiento anual en base a los electrodomésticos y dispositivos usados por los pobladores de las 36 viviendas del centro poblado.
- En cuanto al diseño se concluye que es requerido utilizar 1 aerogenerador horizontales que cuenten con tres palas, marca Hummer modelo h21.0-60kw, con una potencia nominal de 13914 kW anual y con 2 baterías Power-150AH que nos darán un total de 1800WH.
- Finalmente, al desarrollar la evaluación económica de la propuesta se concluye que la propuesta del diseño de un sistema eólico para el suministro de energía eléctrica en el centro poblado de Huaca Prieta no sólo es viable sino también rentable
- **La conclusión global de este informe es la siguiente:** Es posible diseñar un sistema eólico en el centro poblado de Huaca Prieta de Magdalena de Cao, gracias a la necesidad de los pobladores por contar con el suministro de energía

eléctrica y por las condiciones geológicas y climáticas con que cuenta la zona para llevar a cabo el aprovechamiento de este tipo de recurso, por lo que finalmente la opción es viable y rentable según el análisis económico realizado en esta investigación.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a futuras investigaciones realizar un análisis de evaluación de riesgos del desarrollo de esta propuesta al realizarse el suministro de energía eléctrica en la zona y considerando los revestimientos de cada uno de los dispositivos utilizados en la red eléctrica.
- Se recomienda también realizar una evaluación posterior para extender el proyecto de suministro de energía eléctrica a las zonas aledañas a Huaca Prieta, para realizar una evaluación e ingeniería a gran escala y también incluir el uso de otro tipo de energías para desarrollarlo.
- Por último, se recomienda realizar en mayor detalle un análisis de los dispositivos utilizados en las diversas fuentes de generación de energía eléctrica y evaluar mediante una comparación la mejor fuente de energía para la zona de Huaca Prieta.

## REFERENCIAS

**Alkassem, Abdulrahman, y otros. 2022.** *Design Analysis of an Optimal Microgrid System for the Integration of Renewable Energy Sources at a University Campus.* Arabia Saudita : Sustainability (Switzerland), 2022.

**Alkesaiberi, Abdulelah, Harrou, Fouzi y Sun, Ying. 2022.** *Efficient Wind Power Prediction Using Machine Learning Methods: A Comparative Study.* Arabia Saudita : Energies, 2022.

**Alonzo, Concettini. 2022.** Profitability and Revenue Uncertainty of Wind Farms in Western Europe in Present and Future Climate. Francia. 2022.

**Arias, Jesús, Villasís, Miguel Ángel y Miranda, María Guadalupe. 2016.** *El protocolo de investigación III: la población de estudio.* México : Revista Alergia México, vol. 63, núm. 2, 2016.

**Baghayipour, Hajizadeh y otros. 2018.** Dynamic Placement Analysis of Wind Power Generation Units in Distribution Power Systems. Suiza, 2018.

**Bošnjaković, Katinić y otros. 2022.** Wind Turbine Technology Trends. Croacia, 2022

**Catarina. 2022.** Wind power generation in Brazil: An overview about investment and scale analysis in 758 projects using the Levelized Cost of Energy. Brazil, 2022

**Chen, H., El-Refaie, A. M., Zuo, Y., Cai, S., Xie, S., & Lee, C. H. 2022.** Evaluation of a Contra-Rotating Flux-Modulated Machine Featured With Dual Flux-Modulation for Wind Power Generation. Singapur: IEEE Transactions on Industrial Electronics.

**Chen, Hao, Xu, Deguang y Deng, Xin. 2020.** *Control for Power Converter of Small-scale Switched Reluctance Wind Power Generator.* EEUU : IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 2020.

**Chen, Hao, y otros. 2022.** *Evaluation of a Contra-Rotating Flux-Modulated Machine Featured With Dual Flux-Modulation for Wind Power Generation.* Singapur : IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2022.

Dui, Zheng y otros. 2022. Importance measure-based resilience analysis of a wind power generation system. Francia, 2022.

**Echiheb, Faraha, y otros. 2022.** *Robust sliding-Backstepping mode control of a wind system based on the DFIG generator.* Morocco : Scientific Reports, 2022.

- Eikeland, Hovem. 2022.** Probabilistic forecasts of wind power generation in regions with complex topography using deep learning methods: An Arctic case. Noruega, 2022
- Fernández Fernández, Leandro, y otros. 2021.** *Prevalence by health areas of chronic kidney disease in diabetic population of Extremadura during the years 2012, 2013 and 2014. An observational study.* España : Nefrología, 2021.
- Gaied, Hajera, y otros. 2022.** *Comparative analysis of MPPT techniques for enhancing a wind energy conversion system.* Arabia Saudita : Frontiers in Energy Research, 2022.
- He, Chai y otros. 2022.** A robust spatio-temporal prediction approach for wind power generation based on spectral temporal graph neural network. China, 2022.
- Hong, Ying-Yia, y otros. 2022.** *Chance-constrained unit commitment with energy storage systems in electric power systems.* Taiwan : Energy Reports, 2022.
- Holmukhe, Parikshit y otros. 2022.** Assessment of wind energy potential using Poisson distribution model - A field study in India. India, 2022.
- Hong, Apolinario y otros. 2022. Chance-constrained unit commitment with energy storage systems in electric power systems. Taiwan, 2022
- Labuschagne, Casper J J y Kamper, Maarten J. . 2022.** *Design and Performance Evaluation of PM Vernier Generator Technology for a Small-Scale Uncontrolled Passive Wind Generator System.* EEUU : IEEE Transactions on Industry Applications, 2022.
- Li, Quan y Zhao, Nan. 2022.** *A Novel Continuous Permutation Method for Wind Power Correlation Analysis.* Irlanda : IEEE Systems Journal, 2022.
- Liew y Rosemizi. 2022.** Design of Savonius model wind turbine for power catchment. Malasia, 2022
- Liu, Hengchao. 2022.** *Wind Power System for Grid-connection Based on PMSG and PI Controlling under Variable Wind Speed.* China : Journal of Physics: Conference Series, 2022.
- Magdalena Castro, E.M. 2019.** *Bioestadística aplicada en investigación clínica: conceptos básicos* *Biostatistics applied in clinical research: basic concepts.* s.l. : Revista Médica Clínica Las Condes, 2019.
- Mahmoud, Hasan, y otros. 2022.** *Experimental Examination for the Electric Power*

*Generation of a Commercial Small-scale Wind Turbine with Modified Aerodynamic Design.* Egipto : Informe de ingeniería Alexandria, 2022.

**Majout, El Alami y otros. 2022.** A Review on Popular Control Applications in Wind Energy Conversion System Based on Permanent Magnet Generator PMSG. Morocco, 2022.

**Neagoe, Mircea y Saulescu, Radu. 2022.** *Comparative energy performance analysis of four wind turbines with counter-rotating rotors in steady-state regime.* Rumania : Energy Reports, 2022.

**Nicieza García, María Luisa, y otros. 2022.** *Antibiotic consumption in primary care in the adult population of Asturias during 2014–2020 period.* España : Atención Primaria, 2022.

**Nicomedes, Esteban Nieto. 2018.** *Tipos de Investigación.* Lima-Perú : Universidad Santo Domingo de Guzmán- Institucional, 2018.

**Niyomtham, Jompobb y otros. 2022.** Wind power generation and appropriate feed-in-tariff under limited wind resource in central Thailand. Tailandia, 2022.

**Phipps, Lerch. 2022.** Evaluating ensemble post-processing for wind power forecasts. Romania, 2022

**Ríos Ramirez, Roger Ricardo. 2017.** *Métodología para la investigación. Primera edición.* España : Servicios Académicos Intercontinentales S.L., 2017.

**Rojas, García y Castillo. 2022.** Parametric Study of a Hybrid Renewable Energy Power Generation System in the Colombian Caribbean Region. Colombia, 2022.

**Shavolkin, Olexandra, y otros. 2022.** *Improvement of the Grid-Tied Solar-Wind System with a Storage Battery for the Self-Consumption of a Local Object.* Ucrania : Energies, 2022.

**Silva, Tuany Esthefany Barcellos de Carvalho, y otros. 2022.** *Modeling the dependency relationship between wind speed and wind power generation: An application of copula theory.* Rio de Janeiro : Renewable Energy and Power Quality, 2022.

**Vera Vidal, Jim Alex. 2020.** *DISEÑO DE UN SISTEMA EÓLICO AISLADO PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN POBLACIONES DISPERSAS EN LA PROVINCIA DE JUNÍN.* Huancayo, Perú : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU,

2020.

**Wang, Cong, y otros. 2022.** *Development of wind-energy modeling technology and standards.* China : Global Energy Interconnection, 2022.

**Wu, Dinghui y Gao, Cong. 2018.** *Short-Term Wind Power Generation Forecasting Based on the SVM-GM Approach.* China : Electric Power Components and Systems, 2018. ISSN: 1532-5008.

**Yazdanpanah, Rezaa, Afroozeh, Abdolkarima y Eslami, Mahdiyeh. 2022.** *Analytical design of a radial-flux PM generator for direct-drive wind turbine renewable energy application.* Iran : Energy Reports, 2022.

**Zhang, Jing, y otros. 2022.** *Operation state assessment of wind power system based on PSO + AHP—FCE.* China : Frontiers in Energy Research, 2022.

## ANEXOS

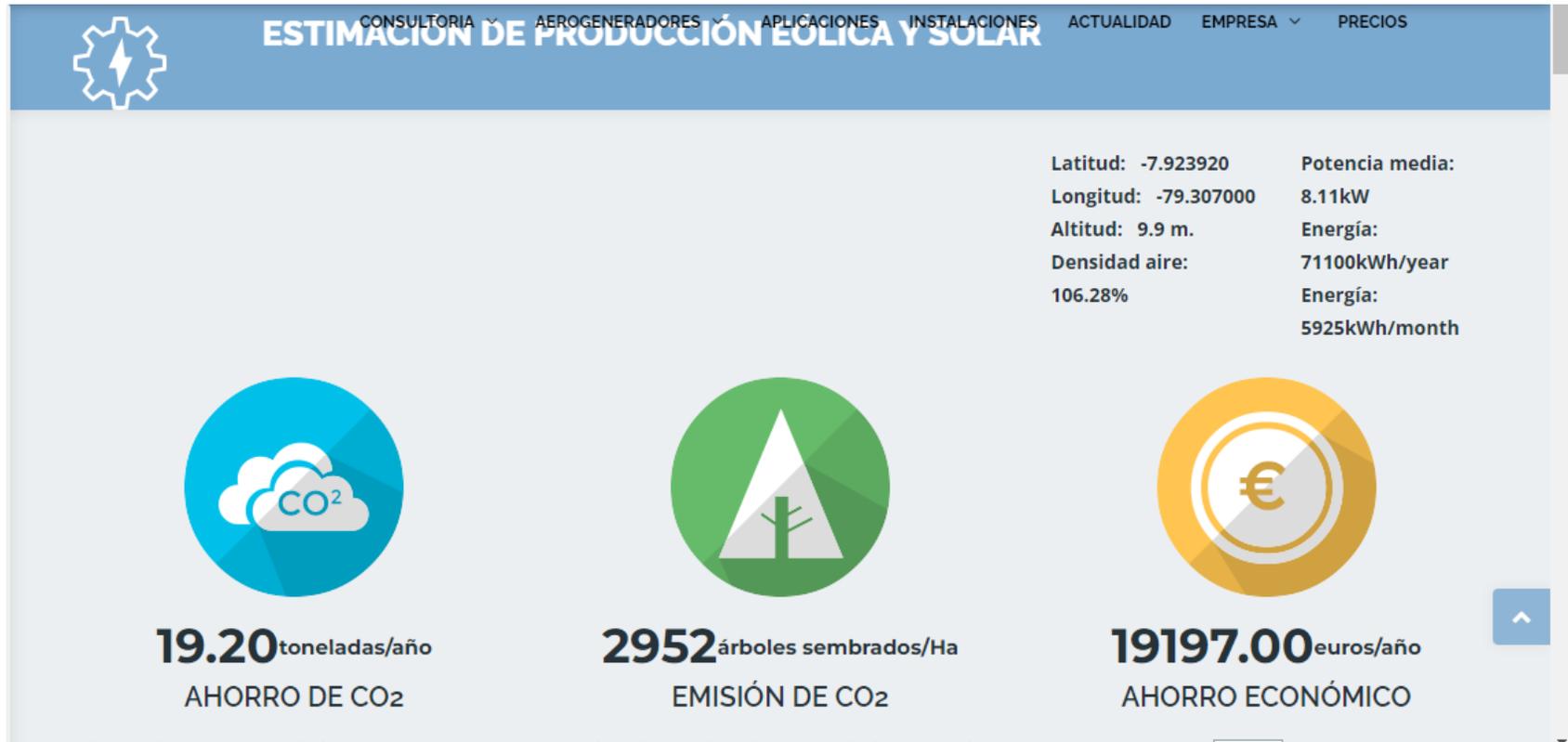
### Anexo N°01. Matriz de operacionalización de la variable Diseño de un sistema eólico

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>V.I. Sistema eólico</b>	Es un sistema de generación de energía eléctrica constituida por un aerogenerador y una estructura de soporte que utiliza la fuerza del viento para accionar un generador eléctrico, el cual está conectado a un inversor y banco de baterías para el abastecimiento de energía del usuario (Vera Vidal, 2020).	El sistema eólico se mide considerando las condiciones climáticas (Mahmoud, y otros, 2022) y los dispositivos que serán empleados (Yazdanpanah, y otros, 2022)	Condiciones climáticas	Velocidad del viento (m/s)	Razón
				Coordenadas geográficas	
				Densidad del aire	
			Aerogenerador	Rendimiento	Razón
				Capacidad de generación	
				Superficie de barrida de la hélice	

**Anexo N°01. Matriz de operacionalización de la Variable dependiente: Suministro eléctrico**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>V.D.</b>	El sistema de suministro de electricidad, es la responsable de la operación del sistema eléctrico y de la gestión de la red de transporte de energía eléctrica. (Vera Vidal, 2020).	El suministro eléctrico se mide tomando en consideración la cantidad total demandada y las horas utilizadas para determinar la energía eléctrica demandada (Li, 2022).	Energía eléctrica demandada	Demanda por domicilio más alumbrado público	Razón
<b>Suministro eléctrico</b>				Horas utilizadas	

**Anexo N°02.** Estimación de la producción eólica en Huaca Prieta mediante ejes coordenados



## Anexo N°03. Encuestas realizadas a los pobladores de Huaca Prieta

### ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DEMANDA MÁXIMA ELÉCTRICA

Para lograr determinar la demanda máxima de energía eléctrica se desarrolla la siguiente encuesta a los pobladores de Huaca Prieta:

1. N° de habitantes en su hogar: \_\_\_\_\_
2. Tiempo habitando el hogar: \_\_\_\_\_ años y \_\_\_\_\_ meses
3. Tipo de hogar:
  - Unifamiliar
  - Multifamiliar
  - Negocio
  - Empresa
4. ¿Cuántos y con cuáles de los siguientes electrodomésticos cuenta en su hogar?, marcar con una "X"

DETALLE	SI/NO	CANTIDAD	Horas utilizadas	Minutos utilizados
ELECTRODOMÉSTICOS				
Carga de celular				
Refrigeradora				
Lavadora				
Cocina eléctrica				
Computadora portátil o de escritorio				
Plancha				
Impresora				
Televisor				
Reproductor de video				
Radio u otro equipo de sonido				
Focos totales en casa				

5. De contar con algún equipo no mencionado en los anteriores campos, describir el tipo y el tiempo utilizado.

Equipo: \_\_\_\_\_

Tiempo utilizado: \_\_\_\_\_ horas y \_\_\_\_\_ minutos

Agradecemos su gentil ayuda en esta investigación.

**Anexo N°04.** Validación de instrumentos realizados en la investigación

**VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL CUESTIONARIO SOBRE “Energía eléctrica demandada”**

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos utilizado (cuestionario) para recoger la información en la presente investigación: Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

**MATRIZ DE VALIDACIÓN CUESTIONARIO SOBRE “Suministro eléctrico”**

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Suministro eléctrico	Energía eléctrica demandada	Demanda por domicilio más alumbrado público	1	1	1	1	
		Horas utilizadas	1	1	1	1	

## ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DEMANDA MAXIMA ELÉCTRICA

Para lograr determinar la demanda máxima de energía eléctrica se desarrolla la siguiente encuesta a los pobladores de Huaca Prieta:

1. N° de habitantes en su hogar: \_\_\_\_\_
2. Tiempo habitando el hogar: \_\_\_\_ años y \_\_\_\_ meses
3. Tipo de hogar:
  - Unifamiliar
  - Multifamiliar
  - Negocio
  - Empresa
4. ¿Cuántos y con cuáles de los siguientes electrodomésticos cuenta en su hogar?, marcar con una "X"

DETALLE	SI/NO	CANTIDAD	Horas utilizadas	Minutos utilizados
ELECTRODOMÉSTICOS				
Carga de celular				
Refrigeradora				
Lavadora				
Cocina eléctrica				
Computadora portátil o de escritorio				
Plancha				
Impresora				
Televisor				
Reproductor de video				
Radio u otro equipo de sonido				
Focos totales en casa				

5. De contar con algún equipo no mencionado en los anteriores campos, describir el tipo y el tiempo utilizado.

Equipo: \_\_\_\_\_

Tiempo utilizado: \_\_\_\_ horas y \_\_\_\_ minutos

Agradecemos su gentil ayuda en esta investigación.

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	CUESTIONARIO SOBRE “Energía eléctrica demandada”
<b>Objetivo del instrumento</b>	Determinar la máxima demanda requerida por la población de Huaca Prieta
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Iván Romaní Dipas
<b>Documento de identidad</b>	40844347
<b>Años de experiencia en el área</b>	6 años
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ing. Mecánico electricista colegiado
<b>Nacionalidad</b>	Peruano
<b>Institución</b>	Independiente
<b>Cargo</b>	Desarrollador de propuestas de mejora en el sector eléctrico
<b>Número telefónico</b>	948 566 748
<b>Firma</b>	
<b>Fecha</b>	12 de abril del 2023

## VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL CUESTIONARIO SOBRE “Energía eléctrica demandada”

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos utilizado (cuestionario) para recoger la información en la presente investigación: Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

*Nota.* Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

## MATRIZ DE VALIDACIÓN CUESTIONARIO SOBRE “Suministro eléctrico”

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Suministro eléctrico	Energía eléctrica demandada	Demanda por domicilio más alumbrado público	1	1	1	1	
		Horas utilizadas	1	1	1	1	

## ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DEMANDA MAXIMA ELÉCTRICA

Para lograr determinar la demanda máxima de energía eléctrica se desarrolla la siguiente encuesta a los pobladores de Huaca Prieta:

1. N° de habitantes en su hogar: \_\_\_\_\_
2. Tiempo habitando el hogar: \_\_\_\_ años y \_\_\_\_ meses
3. Tipo de hogar:
  - Unifamiliar
  - Multifamiliar
  - Negocio
  - Empresa
4. ¿Cuántos y con cuáles de los siguientes electrodomésticos cuenta en su hogar?, marcar con una "X"

DETALLE	SI/NO	CANTIDAD	Horas utilizadas	Minutos utilizados
ELECTRODOMÉSTICOS				
Carga de celular				
Refrigeradora				
Lavadora				
Cocina eléctrica				
Computadora portátil o de escritorio				
Plancha				
Impresora				
Televisor				
Reproductor de video				
Radio u otro equipo de sonido				
Focos totales en casa				

5. De contar con algún equipo no mencionado en los anteriores campos, describir el tipo y el tiempo utilizado.

Equipo: \_\_\_\_\_

Tiempo utilizado: \_\_\_\_ horas y \_\_\_\_ minutos

Agradecemos su gentil ayuda en esta investigación.

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	CUESTIONARIO SOBRE “Energía eléctrica demandada”
<b>Objetivo del instrumento</b>	Determinar la máxima demanda requerida por la población de Huaca Prieta
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Roger Manuel Mantilla Ávila
<b>Documento de identidad</b>	17942325
<b>Años de experiencia en el área</b>	12 años
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ingeniero Mecánico electricista-Colegiado
<b>Nacionalidad</b>	Peruano
<b>Institución</b>	Proyecto especial Chavimochic
<b>Cargo</b>	Jefe de mantenimiento
<b>Número telefónico</b>	959541300
<b>Firma</b>	 <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <b>Roger Manuel Mantilla Ávila</b> <b>ING. MECANICO ELECTRICISTA</b> <b>R. CIP. N° 189661</b>
<b>Fecha</b>	12 de abril del 2023

## VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL CUESTIONARIO SOBRE “Energía eléctrica demandada”

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos utilizado (cuestionario) para recoger la información en la presente investigación: Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

*Nota.* Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

## MATRIZ DE VALIDACIÓN CUESTIONARIO SOBRE “Suministro eléctrico”

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Suministro eléctrico	Energía eléctrica demandada	Demanda por domicilio más alumbrado público	1	1	1	1	
		Horas utilizadas	1	1	1	1	

## ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DEMANDA MAXIMA ELÉCTRICA

Para lograr determinar la demanda máxima de energía eléctrica se desarrolla la siguiente encuesta a los pobladores de Huaca Prieta:

1. N° de habitantes en su hogar: \_\_\_\_\_
2. Tiempo habitando el hogar: \_\_\_\_ años y \_\_\_\_ meses
3. Tipo de hogar:
  - Unifamiliar
  - Multifamiliar
  - Negocio
  - Empresa
4. ¿Cuántos y con cuáles de los siguientes electrodomésticos cuenta en su hogar?, marcar con una "X"

DETALLE	SI/NO	CANTIDAD	Horas utilizadas	Minutos utilizados
ELECTRODOMÉSTICOS				
Carga de celular				
Refrigeradora				
Lavadora				
Cocina eléctrica				
Computadora portátil o de escritorio				
Plancha				
Impresora				
Televisor				
Reproductor de video				
Radio u otro equipo de sonido				
Focos totales en casa				

5. De contar con algún equipo no mencionado en los anteriores campos, describir el tipo y el tiempo utilizado.

Equipo: \_\_\_\_\_

Tiempo utilizado: \_\_\_\_ horas y \_\_\_\_ minutos

Agradecemos su gentil ayuda en esta investigación.

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	CUESTIONARIO SOBRE “Energía eléctrica demandada”
<b>Objetivo del instrumento</b>	Determinar la máxima demanda requerida por la población de Huaca Prieta
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Velásquez Chero, Jaime Dennys
<b>Documento de identidad</b>	46034397
<b>Años de experiencia en el área</b>	11 años
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ingeniero en Energía eléctrica
<b>Nacionalidad</b>	Peruana
<b>Institución</b>	Universidad Nacional del Santa
<b>Cargo</b>	Consultor y auditor en energía eléctrica
<b>Número telefónico</b>	965 990 903
<b>Firma</b>	 VELASQUEZ CHERO JAIME DENNYS INGENIERO INDUSTRIAL CIP N° 164999
<b>Fecha</b>	12 de abril del 2023

## VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE LA FICHA DE REGISTRO SOBRE “Condiciones climáticas”

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos **Ficha de registro** que permitirá recoger la información en la presente investigación: Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

*Nota.* Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

## MATRIZ DE VALIDACIÓN DE LA FICHA DE REGISTRO SOBRE “Condiciones climáticas”

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Sistema eólico	Condiciones climáticas	Velocidad del viento (m/s)	1	1	1	1	
		Coordenadas geográficas	1	1	1	1	
		Densidad del aire	1	1	1	1	

**INSTRUMENTO: FICHA DE REGISTRO PARA DETERMINAR EL “Condiciones climáticas”**

**Tabla 17.** *Datos generales del potencial eólico en Huaca Prieta*

<b>Fuente de datos</b>	<b>Altura hub (m)</b>	<b>Velocidad media (m/s)</b>	<b>Grado de confianza</b>	<b>Dispersión zona (m/s)</b>	<b>Rosa de vientos</b>	<b>Variación mensual</b>
Hummer	20	4,6	80,0%	+-	NO	SI
DTU	18	7,5	90%	+0,12	SI	SI
MERRA-2	50	7,5	80%	+0,12	SI	SI
<b>Resultado</b>	<b>50</b>	<b>8,23</b>	<b>-</b>	<b>+0,12</b>		

**Tabla 18.** *Producción eólica en kWh de Huaca Prieta*

Detalle/mes	<b>Producción Eólica (en kWh)</b>												
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Velocidad del viento (m/s)	6.1	5.3	5.3	7.2	7.7	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.0	7.0
kWh/día	27	22	22	38	47	47	44	44	45	45	45	36	38
kWh/mes	810	660	660	1140	1410	1410	1320	1320	1368	1368	1368	1080	1159.5

Fuente: Hermmer (2023)

### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	FICHA DE REGISTRO SOBRE <b>“Condiciones climáticas”</b>
<b>Objetivo del instrumento</b>	Determinar y analizar las condiciones climáticas para determinar la generación eléctrica máxima con la que es posible contar en la zona de Huaca Prieta
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Iván Romani Dipas
<b>Documento de identidad</b>	40844347
<b>Años de experiencia en el área</b>	6 años
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ing. Mecánico electricista colegiado
<b>Nacionalidad</b>	Peruano
<b>Institución</b>	Independiente
<b>Cargo</b>	Desarrollador de propuestas de mejora en el sector eléctrico
<b>Número telefónico</b>	948 566 748
<b>Firma</b>	 
<b>Fecha</b>	12 de abril del 2023

## VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE LA FICHA DE REGISTRO SOBRE “Condiciones climáticas”

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos **Ficha de registro** que permitirá recoger la información en la presente investigación: Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

*Nota.* Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

## MATRIZ DE VALIDACIÓN DE LA FICHA DE REGISTRO SOBRE “Condiciones climáticas”

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Sistema eólico	Condiciones climáticas	Velocidad del viento (m/s)	1	1	1	1	
		Coordenadas geográficas	1	1	1	1	
		Densidad del aire	1	1	1	1	

**INSTRUMENTO: FICHA DE REGISTRO PARA DETERMINAR EL “Condiciones climáticas”**

**Tabla 19.** *Datos generales del potencial eólico en Huaca Prieta*

<b>Fuente de datos</b>	<b>Altura hub (m)</b>	<b>Velocidad media (m/s)</b>	<b>Grado de confianza</b>	<b>Dispersión zona (m/s)</b>	<b>Rosa de vientos</b>	<b>Variación mensual</b>
Hemmer	20	4,6	80,0%	+-	NO	SI
DTU	18	7,5	90%	+0,12	SI	SI
MERRA-2	50	7,5	80%	+0,12	SI	SI
<b>Resultado</b>	<b>50</b>	<b>8,23</b>	<b>-</b>	<b>+0,12</b>		

**Tabla 20.** *Producción eólica en kWh de Huaca Prieta*

<b>Producción Eólica (en kWh)</b>													
<b>Detalle/mes</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Promedio</b>
Velocidad del viento (m/s)	6.1	5.3	5.3	7.2	7.7	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.0	7.0
kWh/día	27	22	22	38	47	47	44	44	45	45	45	36	38
kWh/mes	810	660	660	1140	1410	1410	1320	1320	1368	1368	1368	1080	1159.5

Fuente: Hermmer (2023)

### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	FICHA DE REGISTRO SOBRE <b>“Condiciones climáticas”</b>
<b>Objetivo del instrumento</b>	Determinar y analizar las condiciones climáticas para determinar la generación eléctrica máxima con la que es posible contar en la zona de Huaca Prieta
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Roger Manuel Mantilla Ávila
<b>Documento de identidad</b>	17942325
<b>Años de experiencia en el área</b>	12 años
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ingeniero Mecánico electricista-Colegiado
<b>Nacionalidad</b>	Peruano
<b>Institución</b>	Proyecto especial Chavimochic
<b>Cargo</b>	Jefe de mantenimiento
<b>Número telefónico</b>	959541300
<b>Firma</b>	 <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <b>Roger Manuel Mantilla Ávila</b> <b>ING. MECANICO ELECTRICISTA</b> <b>R. CIP. N° 189661</b>
<b>Fecha</b>	12 de abril del 2023

## VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE LA FICHA DE REGISTRO SOBRE “Condiciones climáticas”

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos **Ficha de registro** que permitirá recoger la información en la presente investigación: Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta-Magdalena de Cao. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

*Nota.* Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

## MATRIZ DE VALIDACIÓN DE LA FICHA DE REGISTRO SOBRE “Condiciones climáticas”

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Sistema eólico	Condiciones climáticas	Velocidad del viento (m/s)	1	1	1	1	
		Coordenadas geográficas	1	1	1	1	
		Densidad del aire	1	1	1	1	

**INSTRUMENTO: FICHA DE REGISTRO PARA DETERMINAR EL “Condiciones climáticas”**

**Tabla 21.** *Datos generales del potencial eólico en Huaca Prieta*

<b>Fuente de datos</b>	<b>Altura hub (m)</b>	<b>Velocidad media (m/s)</b>	<b>Grado de confianza</b>	<b>Dispersión zona (m/s)</b>	<b>Rosa de vientos</b>	<b>Variación mensual</b>
Hermmer	20	4,6	80,0%	+-	NO	SI
DTU	18	7,5	90%	+0,12	SI	SI
MERRA-2	50	7,5	80%	+0,12	SI	SI
<b>Resultado</b>	<b>50</b>	<b>8,23</b>	<b>-</b>	<b>+0,12</b>		

**Tabla 22.** *Producción eólica en kWh de Huaca Prieta*

<b>Producción Eólica (en kWh)</b>													
<b>Detalle/mes</b>	<b>En</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Promedio</b>
Velocidad del viento (m/s)	6.1	5.3	5.3	7.2	7.7	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.0	7.0
kWh/día	27	22	22	38	47	47	44	44	45	45	45	36	38
kWh/mes	810	660	660	1140	1410	1410	1320	1320	1368	1368	1368	1080	1159.5

Fuente: Hermmer (2023)

### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	FICHA DE REGISTRO SOBRE <b>“Condiciones climáticas”</b>
<b>Objetivo del instrumento</b>	Determinar y analizar las condiciones climáticas para determinar la generación eléctrica máxima con la que es posible contar en la zona de Huaca Prieta
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Velásquez Chero, Jaime Dennys
<b>Documento de identidad</b>	46034397
<b>Años de experiencia en el área</b>	11 años
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ingeniero en Energía eléctrica
<b>Nacionalidad</b>	Peruana
<b>Institución</b>	Universidad Nacional del Santa
<b>Cargo</b>	Consultor y auditor en energía eléctrica
<b>Número telefónico</b>	965 990 903
<b>Firma</b>	 VELÁSQUEZ CHERO JAIME DENNYS INGENIERO INDUSTRIAL CIP N° 164999
<b>Fecha</b>	12 de abril del 2023

## Anexo N°05. Encuesta realizada a los pobladores de Huaca Prieta

### ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DEMANDA MAXIMA ELÉCTRICA

Para lograr determinar la demanda máxima de energía eléctrica se desarrolla la siguiente encuesta a los pobladores de Huaca Prieta:

1. N° de habitantes en su hogar: \_\_\_\_\_
2. Tiempo habitando el hogar: \_\_\_\_ años y \_\_\_\_ meses
3. Tipo de hogar:
  - Unifamiliar
  - Multifamiliar
  - Negocio
  - Empresa
4. ¿Cuántos y con cuáles de los siguientes electrodomésticos cuenta en su hogar?, marcar con una "X"

DETALLE	SI/NO	CANTIDAD	Horas utilizadas	Minutos utilizados
ELECTRODOMÉSTICOS				
Carga de celular				
Refrigeradora				
Lavadora				
Cocina eléctrica				
Computadora portátil o de escritorio				
Plancha				
Impresora				
Televisor				
Reproductor de video				
Radio u otro equipo de sonido				
Focos totales en casa				

5. De contar con algún equipo no mencionado en los anteriores campos, describir el tipo y el tiempo utilizado.

Equipo: \_\_\_\_\_

Tiempo utilizado: \_\_\_\_ horas y \_\_\_\_ minutos

Agradecemos su gentil ayuda en esta investigación.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SOVERO LAZO NELLY ROXANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de un sistema eólico para el suministro eléctrico en el centro poblado de Huaca Prieta - Magdalena de Cao", cuyos autores son MEJIA FALCON VICTOR, MUÑOZ ALVA OSWALDO ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, 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.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SOVERO LAZO NELLY ROXANA <b>DNI:</b> 20048561 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 23- 07-2023 09:40:07

Código documento Trilce: TRI - 0587585