



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para  
mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Cuayla Cordova, Franco Anthony (orcid.org/0009-0002-0049-4007)

Mamani Hualpa, Ruyer Omar (orcid.org/0009-0009-7830-629X)

**ASESORA:**

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**

**2024**

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a:

A nuestros padres y hermanos quienes con su gran esfuerzo, amor y comprensión lograron que pudiéramos cumplir una meta más en nuestra vida, agradecerlos por implantar sus valores en nuestra persona como el optimismo y la valentía ante las adversidades.

A nuestros catedráticos de la Universidad que con experiencia y conocimiento aportaron a nuestro trabajo de investigación.

## **Agradecimiento**

A todas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo, amigos y familiares apoyándonos de manera moral, para dar la finalización en nuestra 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: "Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo", cuyos autores son CUAYLA CORDOVA FRANCO ANTHONY, MAMANI HUALPA RUYER OMAR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, 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, 13 de Marzo del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
NELLY ROXANA SOVERO LAZO <b>DNI:</b> 20048561 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 19- 03-2024 11:53:16

Código documento Trilce: TRI - 0740132





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CUAYLA CORDOVA FRANCO ANTHONY, MAMANI HUALPA RUYER OMAR estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
FRANCO ANTHONY CUAYLA CORDOVA <b>DNI:</b> 73945671 <b>ORCID:</b> 0009-0002-0049-4007	Firmado electrónicamente por: FACUAYLA el 13-03-2024 15:03:45
RUYER OMAR MAMANI HUALPA <b>DNI:</b> 73062190 <b>ORCID:</b> 0009-0009-7830-629X	Firmado electrónicamente por: ROMAMANI el 13-03-2024 15:01:02

Código documento Trilce: TRI - 0740135



## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	iv
Declaratoria de Originalidad de Autores.....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización .....	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	15
3.7. Aspectos éticos .....	15
IV. RESULTADOS .....	16
V. DISCUSIÓN.....	19
VI. CONCLUSIONES .....	22
VII. RECOMENDACIONES.....	23
REFERENCIAS.....	24
ANEXOS .....	33

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Cuadro de cargas.....	16
<b>Tabla 2.</b> Componentes del sistema híbrido.....	17
<b>Tabla 3.</b> Indicadores de rentabilidad para la inversión del proyecto.....	18

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Diagrama del diseño experimental .....	12
--	----



## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo realizar el dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo. Se planteó una metodología de tipo aplicada, diseño no experimental transversal y de alcance descriptivo.

La población fue estudiada en su totalidad, conformada por el consumo eléctrico de las 100 viviendas rurales en Lomas de Ilo y se obtuvo como resultado una energía diaria requerida de 99.89 kWh. Para ello, se requiere 12 aerogeneradores con su respectivo controlador y para el sistema fotovoltaico un total de 64 paneles solares, 5 controladores, 56 baterías de 600 Ah y 3 inversores híbridos de 15 kW. Con lo expuesto, se logra una recuperación de la inversión inicial en el año 7, basado en un tiempo de vida útil de los equipos de 20 años. En conclusión, se identificó que el proyecto es rentable económicamente debido a que se obtuvo un costo beneficio de S/ 1.24, esto quiere decir que por cada un sol invertido se genera un beneficio de 0.24 céntimos, mientras que en los indicadores posterior al flujo de caja se obtuvo un VAN de S/ 58,918.26 y un TIR del 13.62%.

**Palabras clave:** Aerogenerador, eólica, solar y suministro eléctrico.

## **Abstract**

The objective of this research was to size a hybrid wind-solar energy system to supply electricity to rural houses in Lomas de Ilo. An applied methodology, non-experimental cross-sectional design and descriptive scope were used.

The population was studied in its entirety, made up of the electricity consumption of the 100 rural homes in Lomas de Ilo and the result was a daily energy requirement of 99.89 kWh. This requires 12 wind turbines with their respective controllers and for the photovoltaic system a total of 64 solar panels, 5 controllers, 56 600 Ah batteries and 3 hybrid inverters of 15 kW. With the above, a recovery of the initial investment is achieved in year 7, based on a useful life of the equipment of 20 years. In conclusion, it was identified that the project is economically profitable because a cost benefit of S/ 1.24 was obtained, this means that for every one sol invested a benefit of 0.24 cents is generated, while in the post-cash flow indicators an NPV of S/ 58,918.26 and an IRR of 13.62% was obtained.

**Keywords:** Wind turbine, wind, solar and electricity supply.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, el efecto invernadero es un fenómeno que en condiciones normales garantiza la continuidad de la vida en el planeta, sin embargo, en los últimos tiempos el aumento de los gases contaminantes en la atmósfera ha repercutido en el deshielo de los polares, desaparición de especies, aumento del nivel del mar, entre otros; por lo que, en diversas naciones se busca la descarbonización mediante el uso de energías renovables (Małkowski, Jaskólski y Pawlicki, 2020). Por ello, hubo un incremento en las investigaciones sobre los sistemas híbridos al generar un mayor rendimiento, sin embargo, en los diferentes trabajos académicos abordan aspectos específicos que no consideran usos finales o configuraciones en el servicio, esto demuestra la necesidad de seguir investigando en el campo (Mazzeo et al., 2021).

Según, Reyes y Osorio, (2018), los proyectos que poseen energía renovable también deben ser ampliados para su uso en pequeños establecimientos, lugares remotos, entre otros; puesto que contribuye a descarbonizar el planeta y ahorro en el pago de la facturación de energía eléctrica; no obstante, considerar un sistema híbrido aumenta la disponibilidad y confiabilidad, lo que reduce la dependencia de la energía eléctrica de la red pública. Lo mencionado, concuerda con los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que son impulsados por las Naciones Unidas que tienen como finalidad el fomento de proyectos que favorezcan en reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> (Iqbal et al., 2022).

Lo expuesto, resulta una necesidad para el Perú y otros países que carezcan de reservas fósiles, puesto que con el aumento de la inflación también se ha incrementado hasta en un 9.8% en el 2022 el pago de la tarifa de energía eléctrica (Andina, 2022). Aunado a ello, el estado peruano debe establecer iniciativas que promuevan el crecimiento de actividades productivas, pues un 4.3% de la población aún carece de energía eléctrica, siendo una cifra que no concuerda con el potencial energético que posee el Perú al estar compuesto el 47% de petróleo la matriz energética (ComexPerú, 2020).

Así también, en el Perú diversas entidades académicas han realizado convenios de investigación acerca de la demanda de energía eléctrica empleando sistemas fotovoltaicos, por lo que recopilaron información acerca de instalaciones aisladas

con inversión privada. La Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP) empezó un programa de energías renovables en la que consideraban la generación de dichas energías con tecnología fotovoltaica. Estas iniciativas se sustentan porque, comparando con otros países, en muchas localidades del Perú la disponibilidad de la energía solar es uniforme y bastante grande en todo el año, haciendo que su utilización sea muy atractiva (García et al., 2022).

Esta investigación se realizó en el distrito de El Algarrobal, específicamente en el sector Lomas de Ilo, la cual tiene necesidad y obligación de optimizar sus equipos y maquinarias, así como disminuir el consumo energético que generan los mismos, pues el pago por el servicio de electricidad es elevado, siendo esta situación un problema para la económica de las distintas familias, en consecuencia, se buscó una alternativa que garantice una alta disponibilidad y confiabilidad de un sistema de respaldo que permita reducir el pago por la electricidad y genere menos contaminación.

Se evidencio que, los habitantes de la localidad de Lomas de Ilo se enfrentan a dificultades para satisfacer sus necesidades básicas de electricidad. Para suplir esta carencia, recurren a través del uso de generadores eléctricos. Esto se debe a que la empresa concesionaria del servicio, no logra satisfacer la demanda eléctrica de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.

Bajo lo expuesto, se presentó el siguiente problema general: ¿Cómo el dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar contribuye al suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo? y se planteó como problemas específicos: ¿Cuál es el consumo de energía eléctrica de las viviendas rurales en Lomas de Ilo?, ¿Cuáles son los equipos necesarios para dimensionar un sistema híbrido eólico - solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo? y ¿Cuál sería la tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión en el dimensionamiento de un sistema híbrido eólico - solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo?.

Además, se planteó como objetivo general: Realizar el dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo, y como objetivos específicos: Determinar el consumo de energía eléctrica de las viviendas rurales en Lomas de Ilo, Determinar los equipos

necesarios para un sistema híbrido eólico-solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en las Lomas de Ilo y Determinar la tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión en el dimensionamiento de un sistema híbrido eólico – solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.

Así mismo, se tuvo como hipótesis general: El dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólico-solar, mejorara el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo. Las hipótesis específicas fueron: El análisis del consumo de energía eléctrica contribuye a determinar el consumo eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo, Los equipos necesarios para el sistema híbrido eólico - solar permiten suministrar energía eléctrica a las viviendas rurales en Lomas de Ilo y La tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión es favorable para la implementación de un sistema híbrido en las viviendas rurales en Lomas de Ilo.

## II. MARCO TEÓRICO

En los antecedentes a nivel internacional Seyedvahid y Aykut (2023) en su artículo tuvo como finalidad evaluar la viabilidad de un sistema de electrificación eólica-solar a fin de garantizar la autonomía de un puerto. La metodología de diseño experimental, de alcance transversal y nivel descriptivo analizó el potencial de energía en un puerto de Filipinas. Como resultado, se identificó que se obtiene un costo de electricidad de 0.081 \$/kWh y una reducción del 78% en el costo operativo y 73% en el costo actual. Como conclusión, se demuestra la viabilidad técnica en el programa Python de la optimización de la red inteligente al presentar costos reducidos con relación a un sistema tradicional.

Kohole et al. (2023) en su artículo tuvo como objetivo realizar el diseño de un sistema híbrido fotovoltaico/eólico para la electrificación rural en distintas zonas de Camerún empleando distintas tecnologías. El enfoque cuantitativo, diseño experimental y nivel explicativo establecido como zonas de evaluación Idabato, Figuil y Fotokol. Como resultado, se muestra que con 20 paneles fotovoltaicos, 1 turbina eólica y 27 baterías con valor LDP genera 10.0486 y un precio de 0.1570 \$/kWh, mientras que con 19 baterías, 1 generador y 8 paneles se obtiene un costo de 0.1942 \$/kWh: y con 5 paneles fotovoltaicos, 10 baterías y un generador se obtuvo 0.2120 \$/kWh. Como conclusión, la configuración resulta rentable presentó 38 baterías, 1 generador y 26 paneles fotovoltaicos a un costo de generación de 0.1937 \$/kWh, por lo tanto, es importante considerar la configuración según la ubicación.

Al-Ghussain et al. (2023) en su artículo tuvo como objetivo diseñar un sistema híbrido eólica-solar, debido a que se debe buscar alternativas que garanticen satisfacer la demanda en el mercado con base a energías renovables. La metodología de nivel explicativo, diseño experimental y la población estuvo conformada por el consumo eléctrico que se analizó. Como resultado, se evidenció que se requiere una capacidad de 194 GW para el sistema híbrido fotovoltaico/eólico, mientras que el sistema eólico requiere una capacidad mayor de almacenamiento en un 75.77% a comparación de un sistema híbrido. Como conclusión, los hallazgos obtenidos permitieron la formulación de políticas, pues el

mapeo de las capacidades de instalación y parámetros tecno económicos evidencian el beneficio de un sistema híbrido.

Martínez et al. (2022) en su artículo tuvo como objetivo realizar un diseño, análisis de recursos híbridos y simulación de una vivienda residencial en su conexión con la red pública. La metodología con un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel descriptivo, asimismo, consideró como población el consumo de una vivienda residencial. Los resultados del estudio fueron que, se requiere un costo capital inicial de \$ 111,284, siendo el costo de energía de \$ 0.01523, siendo un TIR de 19.1%, lo que indica que el proyecto es viable. Como conclusión, se evidenció un elevado costo de inversión, sin embargo, el precio de venta de la electricidad generada es menor costo a comparación con la red pública.

Así también, Cuahuey et al. (2023) en su artículo tuvo como objetivo realizar un prototipo de un sistema híbrido eólico y fotovoltaico que garantice la generación de manera sustentable. La metodología de enfoque cuantitativo, diseño experimental, nivel explicativo y alcance explicativo. Como resultado se identificó una potencia solar de 1.3677 KW/m<sup>2</sup>, y el diseño para el generador de 63W, por lo que el sistema eólico suministra 31.82W y la radiancia solar global de 5.827389 kWh/m<sup>2</sup>. Como resultado, se obtuvo un prototipo que suministra energía renovable mediante el aprovechamiento de energía solar y eólica.

A nivel nacional, Jamjachi (2021) en su investigación tuvo como objetivo realizar el diseño de un sistema eléctrico considerando paneles fotovoltaicos y el sistema de control para la maniobra, así como mediciones de la energía suministrada. La metodología de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel descriptivo, así también la población fue la demanda eléctrica de una vivienda. Como resultado se requirió para una demanda de 1086 W/h se requirió 2 paneles de 800W, 2 acumuladores y un interruptor termomagnético de 15 Amperios. Como conclusión, los dispositivos y tecnología planteada son viables para el sistema híbrido de la vivienda.

De igual manera, Calderón (2021) en su investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema eólico-fotovoltaico que garantice el abastecimiento de energía eléctrica en el centro poblado. La metodología fue de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel descriptivo, así como población fue la demanda eléctrica que

es 4,196 kW. Como resultado, se identificó una radiación promedio de 4.86 kWh/m<sup>2</sup>/día, por lo que el sistema híbrido se conformó de 22 módulos y un controlador de 85 A. Como conclusión, se obtuvo una potencia de 3.5 kW y 4.18 kW para el sistema eólico y solar respectivamente, mientras que se presentó 2 días como respaldo del suministro eléctrico mediante el uso de baterías.

Por último, Cubas (2020) en su trabajo tuvo como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico – eólico que suministre energía eléctrica en un caserío. La metodología de diseño no experimental, enfoque cuantitativo y de corte transversal, así también se consideró como población las viviendas del distrito que requieren una demanda de energía diaria de 11.3 kWh de manera diaria. Como resultado, se identificó mediante el análisis de Weibull la velocidad del viento que es 4.86 m/s y la radiación solar que es 5.11 kWh/m<sup>2</sup> que, con 16 baterías de 12 voltios, 8 paneles solares en paralelo y un generador de 5 kW se satisface la necesidad de energía eléctrica de la población. Como conclusión, es viable el proyecto al obtener un TIR de 37% y un VAN de S/ 29,965.59.

Se presentan las bases teóricas con relación a la variable independiente que es sistema híbrido de energía eólico-solar, que es definida como aquella combinación que posee más de una fuente de generación con base a energía renovable a fin de satisfacer una demanda de energía eléctrica, por lo tanto es importante el dimensionamiento a fin de satisfacer una demanda de un determinado lugar o población (Gavilanez et al., 2020). Así también, se define a la energía solar fotovoltaica como la que se emana del sol hacia la superficie terrestre, la cual es convertida en útil mediante dispositivos utilizados por el ser humano para su conversión en electricidad, por consecuencia, la potencia es ilimitada que depende de la latitud, hora, año y punto de la tierra (Tipán y Torre, 2021).

Además, se define a la radiación solar como la energía que se recibe en forma de radiación electromagnética y llega a la tierra en forma de radiación o espectro electromagnético con longitudes de aproximadamente 0,15 μm, que van hasta los 4 μm (Gallegos y Atienza, 2022). Por lo que, los tipos de radiación solar son la radiación directa, que está formado por rayos recibidos directamente del sol; radiación difusa, la cual proviene de toda la esfera celeste, excluyendo el disco solar, y está formado por rayos de luz dispersados desde la atmósfera hacia el



receptor; y la radiación reflejada, que es obtenida mediante el reflejo de vuelta al receptor desde el suelo. (Orozco y Ordóñez, 2019).

Según Tyler et al. (2020) en la primera dimensión del sistema híbrido, se consideró al dimensionamiento eólico que busca aprovechar la energía obtenida del viento, en ese sentido, se considera los indicadores que son:

La velocidad del viento, que es un factor importante en un sistema de energía eólica, el cual se refiere a la velocidad del viento con relación a un lugar en específico, siendo aprovechado la energía cinética a través de aerogeneradores que se conoce también como turbina eólica, siendo necesario precisar que un aerogenerador inicia a generar electricidad cuando el viento tiene una velocidad de 3 a 5 m/s como mínimo y posee una máxima velocidad de 10 a 25 m/s, por lo que para determinar la velocidad de viento se determina la siguiente fórmula (Hanan y Farah 2019).

$$v_h = v_{10} * \left(\frac{h}{10}\right)^\alpha \quad (1)$$

Donde:

$v_h$ : Velocidad del viento

$v_{10}$ : Velocidad de viento a altura de referencia (10 m)

$h$ : Altura donde se desea calcular la velocidad del viento

$\alpha$ : Exponente de ley de potencia de viento (0.1 a 0.4)

Así también, la potencia eólica es definida como la cantidad de energía que se puede obtener del viento y obtener como electricidad, para esto intervienen dos factores que son la velocidad del viento y el área efectiva de barrido de las palas de la turbina (Maradin, Cerovic y Segota, 2021).

$$P = \frac{1}{2} * \rho * \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^{Ns} (U_i)^3 \quad (2)$$

Donde:

$P$  = Potencia del viento

$\rho$  = Densidad del aire

$N$  = Número de datos

$U_i$  = Velocidad del viento al cubo

En el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, es esencial considerar la irradiación solar, ya que esta determina la cantidad de energía solar aprovechable para la generación de electricidad. La irradiación solar se refiere a la energía radiante del sol que llega a la superficie de la Tierra. Para dimensionar adecuadamente sistemas fotovoltaicos, se debe medir o calcular la irradiación solar incidente en la ubicación específica donde se instalará el sistema (Orozco y Ordóñez, 2020).

$$Irradiación\ promedio = \sum_{i=1}^N \left( \frac{RS_i}{N} \right) \quad (3)$$

Donde:

N: Número total de tomas diarias

RS: Son los valores de la irradiación diaria (kWh/m<sup>2</sup>/día)

No obstante, también es importante identificar la cantidad de paneles fotovoltaicos a partir del consumo de energía diaria requerida, como se muestra a continuación:

$$N_{paneles} = \frac{P_{min\ f\ v}}{P_{panel}} \quad (4)$$

Donde:

*P<sub>min f v</sub>*: Potencia mínima de trabajo

*P<sub>panel</sub>*: Potencia del panel

La acumulación de energía eléctrica adquiere una gran relevancia durante temporadas climáticas adversas. Por tanto, es necesario determinar el número de inversores en un sistema fotovoltaico, lo cual depende en cierta medida de la configuración y los requisitos del proyecto. Estos inversores desempeñan un papel fundamental al transformar la energía continua en corriente alterna para su posterior suministro.

$$N_{inv} = \frac{Cap_{inv}}{P_{inv}} \quad (5)$$

Un aspecto crucial en el dimensionamiento es la determinación de la cantidad de baterías, habiendo dos tipos principales: las baterías estacionarias y las de arranque. Las baterías estacionarias son utilizadas como acumuladores de energía.

$$B_t = B_p * B_s \quad (6)$$

Donde:

$B_T$ : Total de baterías

$B_S$  : Baterías en serie

$B_P$  : Baterías en paralelo

En lo que respecta a la electricidad generada para uso residencial, se utiliza corriente alterna con el objetivo de suministrar una frecuencia que oscila entre 50 y 60 Hz, y una variación de voltaje que va desde 100 hasta 240 voltios. Por lo tanto, resulta crucial garantizar la protección de los cables y asegurarse de que los gabinetes metálicos estén conectados a tierra, todo ello de acuerdo con las especificaciones necesarias (Vinogradov, Vinogradova y Bolshev, 2020).

Asimismo, la generación de electricidad está destinada a satisfacer las demandas de clientes tanto comerciales como residenciales, con requisitos mínimos de consumo. Esta generación incluye la utilización de energía eólica, que, mediante pequeñas turbinas, satisface las necesidades del sector comercial (Strielkowski et al., 2021). Al respecto, Čaušević, Warnier y Brazier (2019) sostuvo que, es importante garantizar el acceso a un suministro de energía sostenible y confiable, sin embargo, se vuelve una tarea difícil por la combinación de diversos factores, tales como el desequilibrio de oferta, envejecimiento de la infraestructura y robo de energía en algunas áreas.

El marco normativo de Generación Distribuida se refiere a la producción de energía eléctrica por al menos dos generadores diferentes destinados a un mismo usuario. Estos generadores pueden utilizar diversas fuentes de energía, como pequeñas hidroeléctricas, biomasa, eólica, solar, entre otras, con el propósito de contribuir a la Red Eléctrica Pública. Sin embargo, es fundamental resaltar que en caso de generar más energía de la que se consume, se debe inyectar el excedente a la red pública. El Estado Peruano ha establecido las siguientes condiciones para la operación de este sistema (Ministerio de Energía y Minas 2018):

Mediana Generación Distribuida (MGD) se refiere a la generación de energía con una capacidad menor a 10 MW pero mayor a 200 kW, con la conexión realizada a través de una red de media tensión. Por otro lado, la Microgeneración Distribuida

(MGD) se caracteriza por tener una capacidad de generación que no excede los 200 kW, y la conexión se realiza a través de una red de media o baja tensión. En este caso, no es necesario coordinar previamente con la compañía eléctrica, y la cantidad de energía inyectada en la red pública se descuenta de la facturación mensual del cliente.

En cuanto a la dimensión del consumo de energía eléctrica, se refiere a las variables utilizadas para medir o analizar la cantidad de energía eléctrica consumida por un dispositivo, proceso o sistema, con el propósito de evaluar su eficiencia en términos de consumo energético (Yelenis, Danny y Socarrás, 2021). Por lo tanto, se emplea la energía diaria requerida para satisfacer a una determinada población:

$$C_{energía\ eléctrica} = \sum_{i=1}^N (\text{Consumo total kWh/mes}) * (\text{Precio unt S/. kWh}) \quad (7)$$

Donde:

**N:** Número equipos que consume energía eléctrica

En cuanto a la dimensión de la demanda eléctrica, esta se refiere a la cantidad de energía eléctrica requerida para satisfacer el consumo de una población determinada. Para calcularla de manera precisa, es necesario evaluar la cantidad de electricidad necesaria para abastecer las cargas eléctricas a lo largo de un día típico. Esta demanda puede ser más elevada durante las horas pico o cuando se hace un uso intensivo de equipos eléctricos. En este contexto, la demanda eléctrica diaria se calcula teniendo en cuenta el consumo promedio a lo largo de un mes y considerando los días de dicho mes en particular (Ministerio de Economía y Finanzas 2011).

$$E_{consumida} = \sum_{i=1}^N (\text{Horas al día}) * (\text{Potencia kW}) \quad (8)$$

Donde:

**N:** Número equipos que consume energía eléctrica

En cuanto a los programas informáticos accesibles a través del Proyecto de Predicción de Recursos Energéticos Mundiales (POWER) de la NASA, la agencia pone a disposición de los usuarios mapas interactivos, aplicaciones y servicios de datos que ofrecen información sobre las condiciones meteorológicas y la irradiación

solar. Estos recursos permiten la visualización de cómo estas condiciones pueden cambiar a lo largo del tiempo. (NASA Prediction of Worldwide Energy Resources, 2022).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

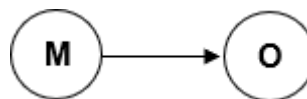
La investigación es de tipo aplicada. Según Ñaupas et al. (2018) busca encontrar soluciones a cuestiones específicas o problemas que se relacionan con un país, organización o población en específica, a su vez utiliza el conocimiento teórico existente para la comprensión de las variables. De enfoque cuantitativo, puesto que la recolección de datos será mediante instrumentos que poseen naturaleza numérica a fin de establecer el grado de mejora (Hernández y Mendoza 2018).

##### Diseño de investigación

El diseño es no experimental, la cual se define como estudios que no manipulan de manera directa o indirecta una variable deliberadamente en su situación o contexto actual (Bolaños y Gómez 2021). Asimismo, es de tipo transversal, puesto que se realizará la medición de las variables en un único momento para la generación de los resultados. Por su alcance es descriptivo según Fresno (2019) son estudios en los que buscan analizar el contexto actual a fin de describir la situación de una variable en un contexto determinado, por lo que su finalidad es describir un problema determinado. Por lo mencionado, se buscó identificar la situación actual del suministro eléctrico en las viviendas de la localidad de Lomas de Ilo.

##### Figura 1

*Diagrama del alcance descriptivo*



*Nota.* Tomado de Moreno 2021.

Donde:

M: Muestra

O: Observación de las variables

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Suministro eléctrico de viviendas rurales**

Es la variable dependiente de enfoque cuantitativo. Son los elementos y medios en general utilizados, tanto en la etapa de generación, transporte y distribución de la energía eléctrica, para ello en su arquitectura se establece la protección, seguridad y control (Burga, 2021).

La matriz de operacionalización se muestra en el anexo N° 01.

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

#### **Población**

Las 100 viviendas rurales de las Lomas de Ilo en el año 2023.

- **Criterios de inclusión:**

- Las viviendas rurales que pertenecen geográficamente a las Lomas de Ilo.

- **Criterios de exclusión:**

- Las viviendas que no se encuentran dentro de las áreas proyectadas en Lomas de Ilo no serán tomadas en cuenta para este estudio.

#### **Muestra**

Las 100 viviendas rurales de las Lomas de Ilo en el año 2023.

#### **Muestreo**

En esta investigación, se considera la muestra la misma cantidad de la población.

#### **Unidad de análisis**

Una vivienda rural en las Lomas de Ilo.

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

#### **Técnica**

Se emplea la observación, la cual es utilizada para recopilar información a través del uso de los sentidos, esto quiere decir que el investigador observa el problema o fenómeno que se está suscitando a fin de recabar información.

Adicionalmente, se consideró el análisis documental, la cual permitió recopilar información de un suceso o acontecimiento pasado que se encuentra relacionado

con la investigación, tales como reportes, censos nacionales, consumo eléctrico, entre otros.

### **Instrumentos**

Se consideró la ficha de registro, la cual permitió ejecutar un registro sistematizado, ordenado y coherente para la medición de variables, siendo diseñado previamente para permitir que se tengan los datos necesarios al analizar un fenómeno en específico.

La guía de análisis documental, que es un instrumento empleado para registrar la información extraída de fuentes primarias o secundarias a fin de generar información para la medición de los indicadores.

### **Validez**

La validez de los instrumentos estuvo a cargo de un profesional Ingeniero Mecánico Eléctrico especialista en proyectos de electrificación quien evaluó los instrumentos presentados. (Ver anexo 30).

### **3.5. Procedimientos**

Se considera los siguientes aspectos para elaborar la presente investigación:

- En primera instancia se inició con el permiso del dirigente de las viviendas rurales de las Lomas de Ilo, para dar consentimiento a nuestra investigación, esto con el fin de obtener información sobre el consumo eléctrico de la zona de estudio.
- En segunda instancia se realiza la recolección de datos históricos de velocidad del viento y radiación solar en la zona de estudio, a través del software Power Nasa Data Viewer.
- En tercera instancia para el cálculo de los componentes del sistema híbrido se utilizó las fórmulas expuestas en el capítulo de marco teórico, así como cálculos realizados por los trabajos previos expuestos en los antecedentes de nuestra investigación.
- En cuarta instancia se realiza la cotización de los componentes designados en la investigación, como el análisis de los indicadores económicos VAN y TIR para determinar qué tan viable financieramente resulta el proyecto en la



zona de estudio para posteriormente realizar la discusión de los resultados tras el procesamiento realizado.

### **3.6. Método de análisis de datos**

La investigación, busco presentar una propuesta utilizando energía híbrida eólica-solar para generar, otorgar y garantizar el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo, por lo tanto, se propone un conjunto de pasos a fin de que sea implementado, Todo ello siendo procesada la información en los programas.

Microsoft Excel, para calcular y analizar datos mediante de irradiación solar, velocidad del viento mediante distribución de frecuencias, demanda eléctrica, consumo eléctrico, dimensionamiento híbrido, cantidad de los equipos, así como el análisis económico.

Matlab, para elaborar el análisis de Weibull en función de la velocidad del viento a fin de tomar el valor óptimo de acuerdo al total de datos capturados por el Software Power Nasa Data Access Viewer, para obtener los valores de la velocidad del viento y la irradiación global.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo garantiza la autenticidad, integridad y confiabilidad de la información mediante distintos documentos tales como la Declaración de Autenticidad del Asesor, Declaratoria de Originalidad de los Autores, Reporte de Similitud de Plagio obtenido del software Turnitin, El uso de normas APA 7 así como respetando los lineamientos dictados por la guía de investigación de la Universidad Cesar Vallejo.

#### IV. RESULTADOS

Mediante la aplicación de los instrumentos ficha de registro, se identificó los valores para nuestras dimensiones consumo eléctrico y demanda eléctrica para el dimensionamiento del sistema híbrido eólico – solar, así mismo se evaluó 1612 datos de irradiación solar y 933 datos de velocidad de viento utilizando el software Power Nasa Prediction Of Worldwide Energy Resources en las coordenadas -17.7140 y -71.2351 pertenecientes a las viviendas rurales en Lomas de Ilo. Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Objetivo específico 1:** Determinar el consumo de energía eléctrica de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.

**Tabla 1.**

*Cuadro de cargas*

Descripción	Cantidad (Uds.)	Potencia (W)	Horas día (h)	Potencia total (W)	Consumo eléctrico diario (kWh)	Consumo Eléctrico mensual (kWh)
Focos Led	5	12	5	60	0.30	9.00
Televisor	1	150	3	150	0.45	13.50
Celular	2	20	2	40	0.08	2.40
Equipo de sonido	1	50	3	50	0.15	4.50
Laptop	1	250	2	250	0.50	15.00
Bomba de agua monofásica	1	373	0.5	373	0.19	5.70
Consumo eléctrico 01 vivienda (kWh)					1.67	50.10
Consumo eléctrico 100 viviendas (kWh)					99.89	

Fuente: Elaboración propia

#### **Interpretación**

Según las fichas de registro, se obtuvo un valor de consumo eléctrico diario de las 100 viviendas de 99.89 kWh en el presente año. Así mismo se muestra la ficha de registro de la dimensión consumo eléctrico de la vivienda con el consumo más elevado. Finalizando se llegó a afirmar que se necesita satisfacer un consumo

energético de 99.89 kWh diariamente con el sistema híbrido eólico-solar. Ver Anexo 9.

**Objetivo específico 2:** Determinar los componentes necesarios para dimensionar un sistema híbrido eólico solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo.

**Tabla 2.**

*Componentes del sistema híbrido*

<b>Equipos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad (Uds.)</b>
Aerogenerador + Controlador	Tripala	Power Wind	S - 600W	12
Panel fotovoltaico	Monocristalino	JA Solar	500W 24V Monocristalino	64
Controlador fotovoltaico	MPPT	Controlador de carga solar	SR-MC48100N25	5
Batería	Batería de ciclo profundo	Tensite	Tensite 6V - 600 Ah	56
Inversor	Hibrido	Victron	Energy Quatro 15 kW	3

Fuente: Elaboración propia

### **Interpretación**

Según lo dimensionado, se consideró un crecimiento anual de 2% para la proyección del consumo y la demanda eléctrica diaria de las 100 viviendas rurales, para un horizonte de 20 años. Donde dio como resultado que se requiere 12 Aerogeneradores Power Wind S-600W, 64 paneles fotovoltaicos monocristalinos 500W 24V Monocristalino, 5 controladores fotovoltaicos SR-MC48100N25, 56 baterías Tensite 6V - 600 Ah y 3 inversores Victron Energy Quatro 15 kW para satisfacer el consumo energético en la zona. Ver Anexo 11 y 12.

**Objetivo específico 3:** Determinar la tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión en el dimensionamiento de un sistema híbrido eólico – solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.

**Tabla 3.**

*Indicadores de rentabilidad para la inversión del proyecto.*

Indicadores de rentabilidad	Valores Económicos
Costo total del proyecto	S/240,519.26
VAN (Valor actual neto)	S/58,918.26
TIR (Tasa Interna de Retorno)	13.62%
Costo / Beneficio	1.24

Fuente: Elaboración propia

### **Interpretación**

Los indicadores económicos obtenidos fueron favorables, ya que con una inversión inicial de S/ 240,519.26 que comprende los componentes del sistema híbrido, mano de obra y transporte de materiales se obtuvo un TIR del 13.62%, Valor Actual Neto (VAN) de S/58,918.26 y un Costo/Beneficio de S/ 1.24. Por otro lado, el TIR obtenido de 13.62% se encontró por encima de la tasa de interés del 12% que se establece para proyectos relacionados a energía eléctrica por el Ministerio de Energía y Minas (2014). Referente a la proyección del análisis económico, se consideró al proyecto con un plazo de 20 años que requiere el cambio de las baterías y el controlador fotovoltaico en el año 12 y 13 respectivamente. Ver Anexo 14.

## V. DISCUSIÓN

En la investigación como objetivo general se planteó dimensionar un sistema híbrido de energía eólica – solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo. Jamjachi (2021) en su estudio de pregrado, tuvo como resultado de una vivienda de la zona de estudio, un consumo diario de 1357,5 Wh/día; siendo en nuestro estudio de 145.52 kWh/día; en cuanto a la potencia mínima de trabajo, el autor obtuvo una potencia de 672,02 W, conllevando a necesitar 2 módulos con arreglo en paralelo; en el presente estudio se obtuvo una potencia de 33.22 kW, necesario para alcanzar la energía de 100 viviendas con un total de 64 paneles fotovoltaicos de 500 W en cuanto a la elección del controlador, conociendo que la potencia total fue de 800 W, con un voltaje de sistema de 24 V, se obtuvo una corriente de 33.33 A, necesitando un regulador de carga MPPT SR-MC 40A/24V; en el estudio actual, conociendo que se necesita 64 paneles, una intensidad de 13.93 A, un factor de seguridad de 1,15 y un número de papeles en serie de 2, se obtuvo una corriente de 512.62 A, siendo de necesidad 5 controladores solares MPPT Maximum Power Point Tracking 100A/48V; en cuanto al inversor, el autor con una demanda máxima corregida de 247 W, se determinó elegir un inversor Phoenix Inverter VE.Direct 250VA; en el presente estudio con una capacidad de inversor de 34600W y una potencia de 15000W, se necesitan 3 inversores de 15 kW de la marca Victron Energy Growatt; en cuanto a los acumuladores de energía, conociendo la potencia, eficiencia y voltaje de sistema, se determinó el consumo del acumulador diario de 64,26 A h/día, resultando un arreglo en paralelo con una profundidad de descarga de 0,5, y 2 acumuladores en serie; en la investigación actual siguiendo las fórmulas, con una intensidad del sistema de 3096,72 Ah, se requieren 7 baterías en paralelo y 8 en serie; por otro lado para la elección de los conductores eléctricos, el autor en su estudio realizó 4 tramos, teniendo en cuenta los parámetros admisibles, siendo el tramo 1 un módulo fotovoltaico-regulador con una caída de tensión del 3%, un factor de corrección del 25%, una intensidad del corto circuito de 25.9 A por los dos módulos, una caída de tensión máxima de 0,72 V y una sección del conductor de 11.99 mm<sup>2</sup>, para el tramo 2 un módulo regulador - acumulador con una caída de tensión del 1%, un factor de corrección del 25%, una intensidad del corto circuito de 41.66 A, una caída de tensión máxima de 0,24 V y una sección del conductor de 16 mm<sup>2</sup>, para el tramo 3 un módulo acumulador -

inversor con una caída de tensión del 1%, un factor de corrección del 25%, una intensidad del corto circuito de 13.02 A, una caída de tensión máxima de 0,24 V y una sección del conductor de 6 mm<sup>2</sup>, para el último tramo un módulo inversor – tablero de distribución con una caída de tensión del 3%, un factor de corrección del 25%, una intensidad del corto circuito de 1,78 A, una caída de tensión máxima de 6,6 V y una sección del conductor de 2,5 mm<sup>2</sup>; en cuanto al presente estudio, se dimensionaron 6 tramos, usando 2 ecuaciones diferentes para el tramo 1 y 6, y para los tramos 2,3,4 y 5 respectivamente; siendo el tramo 1 un módulo aerogenerador – controlador con una longitud de 18 m, una corriente eléctrica de 18,04 A y una sección del conductor de 16 mm<sup>2</sup>, para el tramo 2 un módulo controlador - baterías con una longitud de 20 m, una corriente eléctrica de 18,04 A y una sección del conductor de 35 mm<sup>2</sup>, para el tramo 3 un módulo panel solar – controlador con una longitud de 20 m, una corriente eléctrica de 97,51 A y una sección del conductor de 70 mm<sup>2</sup>, para el tramo 4 un módulo controlador – baterías con una longitud de 25 m, una corriente eléctrica de 473,62 A y una sección del conductor de 400 mm<sup>2</sup>, para el tramo 5 un módulo baterías - inversor con una longitud de 6 m, una corriente eléctrica de 312,50 A y una sección del conductor de 150 mm<sup>2</sup>, y para el tramo 6 un módulo inversor – tablero general con una longitud de 8 m, una corriente eléctrica de 28,49 A y una sección del conductor de 25 mm<sup>2</sup>. Por último, el autor Jamjachi (2020) eligió el uso de un interruptor termomagnético de 15 A conectado a la salida del inversor a 220 VAC, a su vez en el tablero de distribución, para el cumplimiento de la norma técnica; y en el presente estudio se eligió el uso de 21 interruptores de protección termomagnético, diferencial y sobretensión, presupuestando un total de S/ 9,630.13 soles, además de cuatro puestas a tierra con un valor total de S/ 2,865.60 soles.

En la investigación se planteó el primer objetivo específico determinar el consumo de energía eléctrica de las viviendas rurales en Lomas de Ilo. Gavilanez et al. (2020) destaca la importancia del uso de energías renovables, como, por ejemplo, la energía eólica-solar como fuente de generación para viviendas rurales, ya que es la que mayor abundancia presencia. En ese sentido, para Kohole et al. (2023) el sistema híbrido se mide mediante datos reales de la velocidad del viento, mientras que el dimensionamiento de la energía solar es a través de la radiación solar a fin

de satisfacer una demanda de carga eléctrica. En la presente investigación se encontró que se requiere 99.89 kWh en el presente año, para satisfacer el consumo eléctrico diario de las 100 viviendas rurales en Lomas de Ilo. Seyedvahid y Aykut (2023), destacan la importancia del despliegue de sistemas híbridos. Esto se debe a que los beneficios son significativamente mayores en comparación con el uso de sistemas eléctricos tradicionales, especialmente al considerar el costo de la electricidad y los sobrecargos presentes en las facturas de electricidad de los sistemas convencionales. Adicionalmente, Kohole et al. (2023) llevaron a cabo un estudio de dimensionamiento en viviendas rurales y obtuvieron resultados satisfactorios al implementar un sistema híbrido fotovoltaico en una zona con costos de facturación elevados. Esto reafirma la ventaja y la viabilidad de utilizar sistemas híbridos para satisfacer las necesidades energéticas de áreas rurales como Lomas de Ilo.

En la investigación se planteó el segundo objetivo específico determinar los equipos necesarios para un sistema híbrido eólico-solar para el consumo eléctrico de las viviendas rurales en las Lomas de Ilo. Según Hanan y Farah (2019), en cuanto a la velocidad del viento es importante determinar las condiciones del lugar en específico, siendo aprovechado la energía cinética a través de aerogeneradores que se conoce también como turbina eólica, por lo que se debe poseer una velocidad de viento mínima de 3 m/s para que sea viable el uso de la velocidad del viento como fuente de generación. Así también, Orozco y Ordoñez (2020) mencionaron que, la radiación solar es un recurso aprovechable para generar energía eléctrica, en ese sentido, se debe medir o calcular la radiación solar incidente en la ubicación específica donde se instalará el sistema. Por lo general, la cantidad de radiación solar se cuantifica en términos de irradiancia o flujo de energía solar por unidad de superficie, y se expresa en unidades como kilovatios-hora por metro cuadrado al día ( $\text{kWh/m}^2/\text{día}$ ) o kilocalorías por metro cuadrado al día. En la presente investigación se determinó que se requiere 12 aerogeneradores con su respectivo controlador y para el sistema fotovoltaico un total de 64 paneles solares, 5 controladores SR-MC48100N25, 56 baterías de 600 Ah y 3 inversores híbridos de 15 kW. Lo encontrado, es concordante con Al-Ghussain et al. (2023), donde realizó la implementación de un sistema híbrido fotovoltaico/eólico y es

recomendable debido a que una vez que los aerogeneradores comienzan a girar, es poco probable que se detengan. Para tomar esta decisión, es esencial realizar un análisis de la velocidad promedio del viento y evaluar las distintas probabilidades. De manera similar, Cuahuey et al. (2023) subraya la importancia de un sistema híbrido para una generación sostenible de energía. Esto se vuelve fundamental en los días con poca incidencia solar, ya que la energía eólica se convierte en una fuente aprovechable en tales circunstancias.

En la investigación se planteó el tercer objetivo específico determinar la tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión en el dimensionamiento de un sistema híbrido eólico – solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo. Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2011) es importante realizar un análisis económico financiero a fin de determinar la viabilidad económica de un proyecto y se determine el retorno de la inversión. Así también, Yelenis et al. (2021) sostuvo que, para realizar un flujo económico es importante el consumo energético y el costo de generación de energía eléctrica, por lo que se debe evaluar a un horizonte de 20 años que es el tiempo de vida útil de los equipos. Esto se evidencia a través de la obtención de un Valor Actual Neto (VAN) de S/58,918.26, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 13.62%, y un índice de costo/beneficio de 1.24. Estos resultados sólidos demuestran de manera concluyente que el proyecto es viable desde una perspectiva financiera. Es importante destacar que estos hallazgos están en línea con la investigación de Martínez et al. (2022), quienes, a pesar de enfrentar un costo de inversión inicial significativo, lograron obtener beneficios sustanciales. Esto se debe a la circunstancia en la que el costo de utilizar la red pública resultó ser mayor en comparación con la implementación del sistema híbrido. Si bien existen costos adicionales que involucran la implementación se debe precisar que el sistema fotovoltaico que satisface el 95% de la demanda diaria se dimensionó considerando una radiación solar de 5.20 kWh/m<sup>2</sup>/día, por lo que en los meses de mayor radiación se obtendrá mejores ganancias.



## VI. CONCLUSIONES

1. Se estimó la irradiación mínima de 5.20 kWh/m<sup>2</sup>/día y una velocidad del viento de 3.29 m/s, siendo más favorable los valores obtenidos del sistema fotovoltaico. Así mismo, mediante el análisis realizado en nuestras fichas de registro se identificó que para abastecer el consumo eléctrico diario requerido en las 100 viviendas rurales en Lomas de Ilo, es 99.89 kWh en el presente año.
2. Se realizó el dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo. Identificando la cantidad de componentes necesarios del sistema fotovoltaico, tanto para la generación eólica y solar, por lo que se concluye que la zona de estudio cuenta con condiciones favorables para la generación de energía eléctrica con base a un sistema híbrido con fuente eólico-solar. Del mismo modo se comprueba que el sistema dimensionado logra abastecer el consumo eléctrico de la localidad en estudio.
3. Se identificó que el proyecto es rentable de manera económica debido a que se obtuvo un costo beneficio de S/ 1.24, esto quiere decir que por cada un sol invertido se genera un beneficio de 0.24 céntimos, mientras que en los indicadores posteriores al flujo de caja se obtuvo un VAN de S/58,918.26 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 13.62%, por lo que se concluye que el proyecto es viable económicamente con las condiciones establecidas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda priorizar la instalación de sistemas fotovoltaicos para el suministro eléctrico de las 100 viviendas rurales de las Lomas de Ilo, considerando el favorable potencial solar identificado.
- Debido a que el sistema eólico-solar dimensionado en el presente estudio reúne todas las condiciones adecuadas para suministrar energía eléctrica a las viviendas rurales en las Lomas de Ilo se recomienda elaborar el respectivo plan de mantenimiento del sistema eólico-solar con la finalidad de garantizar su máxima durabilidad.
- Teniendo en cuenta que los resultados de análisis económico del proyecto arrojan estimaciones favorables del VAN y TIR se recomienda buscar fuentes de financiamiento internas o externas que permitan masificar el uso de sistemas híbridos en las zonas bajo estudio.

## REFERENCIAS

AL-GHUSSAIN, L., ABUBAKER, A., HASSAN, M., AHMAD, A., HOVI, K. y ANNUK, A., 2023. No Title Techno-economic feasibility of hybrid PV/wind/battery/thermal storage trigeneration system: Toward 100% energy independency and green hydrogen production. Energy Reports [en línea], vol. 1, no. 1. DOI 10.1016/j.egyr.2022.12.034. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85144086805&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=04d31279c4d4764309f3e08c44884bdc&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28wind+solar+hybrid+system%29&sl=39&sessionSearchId=04d31279c4d4764309f3e08c44884bdc>.

ANDINA, 2022. Recibos de luz: Tarifas eléctricas vuelven a subir este mes, su novena alza en el año | RPP Noticias. [en línea]. [Consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <https://rpp.pe/economia/economia/recibos-de-luz-tarifas-electricas-vuelven-a-subir-este-mes-su-novena-alza-en-el-ano-noticia-1437189>.

BARROSO, L., 2023. Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar en Maracay, Edo Aragua. ARK, vol. 26, no. 2.

BOCÁNGEL, G., ROSAS, C.W., BOCÁNGEL, G.A., PERALES, R.S. y HILARIO, J., 2021. Ingeniería Industrial - Ingeniería de Métodos i [en línea]. 1. S.I.: La Biblioteca Nacional del Perú . [Consulta: 9 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/09/LIBRO-INGENIERIA-DE-METODOS-I.pdf>.

BOLAÑOS, C.A. y GÓMEZ, G., 2021. Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias. Tecnología en Marcha [en línea], vol. 36, no. 1. [Consulta: 24 mayo 2023]. Disponible en: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/5843/6335](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5843/6335).

BURGA, W.I., 2021. Propuesta del mejoramiento del sistema eléctrico para la USAR utilizando energías renovables. [en línea]. Chiclayo: [Consulta: 28 mayo 2023]. Disponible en: [http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/4313/TL\\_BurgaMartinezWalter.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/4313/TL_BurgaMartinezWalter.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

CALDERÓN, J.M., 2021. Diseño del sistema híbrido fotovoltaico – eólico aislado para

suministrar energía eléctrica al caserío Quirichima sector Coyuna distrito de Cañarís. [en línea]. Chiclayo: [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64035/Calderón\\_RJ M-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64035/Calderón_RJ_M-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ČAUŠEVIĆ, S., WARNIER, M. y BRAZIER, F.M.T., 2019. Self-determined distribution of local energy resources for ensuring power supply during outages. *Energy Informatics* [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 1-24. [Consulta: 28 mayo 2023]. ISSN 25208942. DOI 10.1186/S42162-019-0071-5/TABLES/7. Disponible en: <https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-019-0071-5>.

CERQUEIRA, A. y MEDINA, G., 2020. ANÁLISE DE SISTEMA HÍBRIDO SOLAR- EÓLICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ON GRID EM ASSENTAMENTO RURAL. VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar–Fortaleza [en línea], [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/993/993>.

CHAVEZ, T.E. y SOLIS, E.P., 2021. Diseño de un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el anexo Quebrada Honda, distrito de Catache - Cajamarca. [en línea]. Callo: [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6637/TESIS\\_PREG RADO\\_CHAVEZ\\_SOLIS\\_FIME\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6637/TESIS_PREG_RADO_CHAVEZ_SOLIS_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

COMEXPERÚ, 2020. ComexPerú - Sociedad de Comercio Exterior del Perú. ComexPerú [en línea]. [Consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/electrificacion-rural-no-perdamos-las-energias>.

CUAHUEY, M.E., MÉNDEZ, J.F., SÁNCHEZ, E.P., CARDEÑA, S.A. y HERNÁNDEZ, D.E., 2023. Prototipo de un sistema híbrido de energía fotovoltaica eólica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [en línea], vol. 7, no. 2. [Consulta: 26 mayo 2023]. ISSN 2707-2215. DOI 10.37811/CL\_RCM.V7I2.5863. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5863/8878>.

CUBAS, F.A., 2020. Diseño de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el caserío Tucto - Cajamarca. [en línea]. Pimentel: [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: [https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/9326/Cubas Vásquez%2CFidel Angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/9326/Cubas_Vásquez%2CFidel%20Angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

DIAGO, Carlos. 2019. Diseño de un aerogenerador Savonius para uso doméstico. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2019.

ESPINOZA, J.A., ZANONI, F. y ROJAS, A.M., 2021. Diseño de sistema fotovoltaico off-grid, red secundaria y conexiones domiciliarias para suministro eléctrico al caserio Tallapampa, distrito Salas, provincia Lambayeque. Repositorio Institucional [en línea]. Chiclayo: Universidad Señor de Sipán. [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/8082>.

FARFÁN, J.L. y CAMPOS, W.A., 2019. Diseño y Dimensionado de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico (Fundamentos, Dimensionado y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica). Redalyc [en línea], vol. 8, no. 1. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5217/521758809019/html/>.

FRESNO, C., 2019. Metodología de la investigación. S.I.: El Cid Editor. ISBN 1- 5129-6120-5.

GALLEGOS, H. y ATIENZA, G., 2022. Acerca de la representatividad temporal de los valores de radiación solar global medidos por la Red Solarimétrica. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente - AVERMA [en línea], vol. 0, no. 1, pp. 101-106. [Consulta: 28 mayo 2023]. ISSN 2314-1433. Disponible en: <http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/averma/article/view/2989>.

GARCÍA, J.O., GARCÍA, J.O., NAVARRO, C.O., LÓPEZ, R.S., MANOSALVA, M.A.C., TAPIA, A., LEÓN, B.A., BENAVENTE, M.V. y LEZAMA, L.M.A., 2022. Meta Análisis de los Sistemas Fotovoltaicos en Viviendas Rurales. Casos: Perú y Bolivia. Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable, vol. 6, no. 1, pp. 21-35. ISSN 2520-9760. DOI 10.25127/aps.20221.852.

GAVILANEZ, A., CAIZA, G., TAPIA, M.J. y MORA, J., 2020. Energías Renovables y Diseño Industrial: Influencia en Sudamérica. INGENIO [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 55-67. [Consulta: 26 mayo 2023]. ISSN 2697-3243. DOI 10.29166/INGENIO.V3I2.2722. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/INGENIO/article/view/2722>.

HANAN, M. y FARAH, D., 2019. Experimental and Theoretical Study on a Wind Energy Unit.

Journal of Ecological Engineering [en línea], vol. 20, no. 6. DOI <https://doi.org/10.12911/22998993/109459>. Disponible en: [http://www.jeeng.net/pdf-109459-39954?filename=Experimental and.pdf](http://www.jeeng.net/pdf-109459-39954?filename=Experimental%20and.pdf).

HERNÁNDEZ, R. y HERNÁNDEZ, C., 2018. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta [en línea]. S.l.: Edamsa Impresiones S.A. [Consulta: 4 octubre 2022]. ISBN 9781456260965. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abu so/Articulos/SampieriLasRutas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abu%20so/Articulos/SampieriLasRutas.pdf).

IQBAL, S., JAN, M.U., ANIS-UR-REHMAN, REHMAN, A.U., SHAFIQ, A., REHMAN, H.U. y AURANGZEB, M., 2022. Feasibility Study and Deployment of Solar Photovoltaic System to Enhance Energy Economics of King Abdullah Campus,

University of Azad Jammu and Kashmir Muzaffarabad, AJK Pakistan. IEEE Access, vol. 10, pp. 5440-5455. ISSN 21693536. DOI 10.1109/ACCESS.2022.3140723.

JAMJACHI, J.J., 2021. Diseño de un sistema eléctrico híbrido para una vivienda residencial. [en línea]. Huancayo: [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9879/2/IV\\_FIN\\_109\\_ TI\\_Jamjachi\\_Rojas\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9879/2/IV_FIN_109_TI_Jamjachi_Rojas_2021.pdf).

KOHOLE, Y., WANKOUO, C., FOHAGUI, C. y TCHUEN, G., 2023. Quantitative techno-economic comparison of a photovoltaic/wind hybrid power system with different energy storage technologies for electrification of three remote areas in Cameroon using Cuckoo search algorithm. Journal of Energy Storage [en línea], vol. 1, no. 1. DOI 10.1016/j.est.2023.107783. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85160763163&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=04d31279c4d4764309f3e08c44884bdc&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28wind+solar+hybrid+system%29&sl=39&sessionSearchId=04d31279c4d4764309f3e08c44884bdc>.

LATA, J.C., 2019. Mejoras al dimensionamiento óptimo de sistemas híbridos con energías renovables. Dialnet [en línea], [Consulta: 26 mayo 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=255271>.

MAŁKOWSKI, R., JASKÓLSKI, M. y PAWLICKI, W., 2020. Operation of the Hybrid Photovoltaic-Battery System on the Electricity Market—Simulation, Real-Time Tests and Cost Analysis. *Energies* 2020, Vol. 13, Page 1402 [en línea], vol. 13, no. 6, pp. 1402. [Consulta: 7 abril 2023]. ISSN 1996-1073. DOI 10.3390/EN13061402. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/6/1402/htm>.

MARADIN, D., CEROVIC, L. y SEGOTA, A., 2021. The efficiency of wind power companies in electricity generation. *Energy Strategy Reviews* [en línea], vol. 31, no. 1. DOI <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100708>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X21000948>.

MARTÍNEZ, A.J., CHERE, B.F., CHARCOPA, L.E., OROBIO, T.J. y ALCÍVAR, C., 2022. Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER. *Dominio de las Ciencias*, ISSN- e 2477-8818, Vol. 8, No. Extra 2, 2022 (Ejemplar dedicado a: Mayo Especial 2022), 479 págs. [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 469-479. [Consulta: 21 abril 2023]. ISSN 2477- 8818. DOI 10.23857/dc.v8i2.2766. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8637954>.

MAZZEO, D., MATERA, N., DE LUCA, P., BAGLIVO, C., CONGEDO, P.M. y OLIVETI, G., 2021. A literature review and statistical analysis of photovoltaic-wind hybrid renewable system research by considering the most relevant 550 articles: An upgradable matrix literature database. *Journal of Cleaner Production*, vol. 295, pp. 126070. ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/J.JCLEPRO.2021.126070.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS, 2011. Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Electrificación Rural, a Nivel de Perfil. [en línea]. S.I.: Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/energia/Diseno\\_ELECTRIFICACION\\_RURAL\\_corregido.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Diseno_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf).

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Normatividad eléctrica. Biblioteca Nacional del Perú. [en línea]. s.l 2014. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/bnp/normas-y-documentos>

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2018. El Peruano - Autorizan publicación de proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida - RESOLUCION MINISTERIAL - No 292-2018-MEM/DM - PODER

EJECUTIVO - ENERGIA Y MINAS. [en línea]. Lima: [Consulta: 28 mayo 2023]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/autorizan-publicacion-de-proyecto-de-decreto-supremo-que-apr-resolucion-ministerial-no-292-2018-memdm-1675717-1/>.

MUROS, F.J., SARACHO, D. y MAESTRE, J.M., 2022. Improving supply quality in distribution power networks: A game-theoretic planning approach. *Electric Power Systems Research* [en línea], vol. 213, pp. 108666. [Consulta: 28 mayo 2023]. ISSN 0378-7796. DOI 10.1016/J.EPSR.2022.108666. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378779622007350>.

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. Metodología de la investigación [en línea]. 5. México: Ediciones de la U. [Consulta: 4 octubre 2022]. Disponible en: [https://edicionesdelau.com/wp-content/uploads/2018/09/Anexos-Metodologia\\_Naupas\\_5aEd.pdf](https://edicionesdelau.com/wp-content/uploads/2018/09/Anexos-Metodologia_Naupas_5aEd.pdf).

OROZCO, K.R. y ORDÓÑEZ, Á.J., 2019. Diseño e implementación de una red de sensores para el monitoreo de los niveles de radiación solar en la ciudad de Loja. *MASKAY* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 44-55. [Consulta: 28 mayo 2023]. ISSN 1390- 6712. DOI 10.24133/maskay.v10i1.1523. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/maskay/article/view/1523>.

OROZCO, K.R. y ORDÓÑEZ, Á.J., 2020. Diseño e implementación de una red de sensores para el monitoreo de los niveles de radiación solar en la ciudad de Loja. *MASKAY* [en línea], vol. 10, no. 1. DOI <https://doi.org/10.24133/maskay.v10i1.1523>. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/maskay/article/view/1523>.

PISCO, J.C. y TORRES, Á.I., 2021. Diseño de un sistema híbrido aislado para abastecer a la hacienda quirola. *Universidad y sociedad* [en línea], vol. 13, no. 2. [Consulta: 26 mayo 2023]. ISSN 2218-3620. Disponible en: [https://sga.uteq.edu.ec/media/evidenciasiv/2021/10/27/evidencia\\_articulo\\_20211027144737.pdf](https://sga.uteq.edu.ec/media/evidenciasiv/2021/10/27/evidencia_articulo_20211027144737.pdf).

PROENZA, R.A., CAMEJO, J.E., RAMOS, R., MASSIPE, J.R. y VÁZQUEZ, L., 2022. Grid-Connected photovoltaic systems: a proposal to evaluate and quantify faults in the photovoltaic generator. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* [en línea], vol. 30, no. 1, pp. 197-210. [Consulta: 28 mayo 2023]. ISSN 0718-3305. DOI 10.4067/S0718-30



33052022000100197. Disponible en:  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052022000100197&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052022000100197&lng=en&nrm=iso&tlng=en).

REYES, A.M. y OSORIO, E.S., 2018. Implementación de un sistema híbrido solar fotovoltaico - diésel en la municipalidad de Puerto Lempira, Gracias a Dios, Honduras. *Innovare* [en línea]. [Consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/INNOVARE/article/view/8080/7951>.

SEYEDVAHID, V. y AYKUT, O., 2023. Techno-economic-environmental feasibility of photovoltaic, wind and hybrid electrification systems for stand-alone and grid-connected port electrification in the Philippines. *Sustainable Cities and Society* [en línea], vol. 96, no. 1. DOI 10.1016/j.scs.2023.104618. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85161707642&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=04d31279c4d4764309f3e08c44884bdc&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28wind+solar+hybrid+system%29&sl=39&sessionSearchId=04d31279c4d4764309f3e08c44884bdc>.

STRIELKOWSKI, W., CIVÍN, L., TARKHANOVA, E., TVARONAVIČIENĖ, M. y PETRENKO, Y., 2021. Renewable Energy in the Sustainable Development of Electrical Power Sector: A Review. *Energies* [en línea], vol. 14, no. 24. [Consulta: 28 mayo 2023]. ISSN 1996-1073. DOI 10.3390/EN14248240. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/24/8240>.

TALAVERA, Luis Kevin. 2023. Dimensionamiento de generación eléctrica fotovoltaica para abastecer al sistema de iluminación de la empresa Corporación Maderera JJ E.I.R.L. s.l. : Universidad César Vallejo, 2023.

TIPÁN, L. y TORRE, E.D. La, 2021. Caracterización de Energía Solar Fotovoltaica utilizando el Modelo Aniso Trópico de Muneer. *Revista Técnica «energía»* [en línea], vol. 17, no. 2, pp. 65-73. [Consulta: 21 abril 2023]. ISSN 2602-8492. DOI 10.37116/REVISTAENERGIA.V17.N2.2021.423. Disponible en: <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/423>.

VICUÑA, M., 2020. Densidad y sus efectos en la transformación espacial de la ciudad contemporánea: cinco tipologías para interpretar la densificación residencial intensiva en el área metropolitana de Santiago. *República* 180 [en línea], vol. 45, no. 1. DOI 31

[http://dx.doi.org/10.32995/rev180.num-45.\(2020\).art-659](http://dx.doi.org/10.32995/rev180.num-45.(2020).art-659). Disponible en:  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-669X2020000100111](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-669X2020000100111).

VINOGRADOV, A., VINOGRADOVA, A. y BOLSHEV, V., 2020. Analysis of the Major Constituents of the Power Supply System Efficiency for Rural Consumers. Revista de investigación IETE [en línea], vol. 68, no. 6, pp. 3951-3959. [Consulta: 28 mayo 2023]. ISSN 0974780X. DOI 10.1080/03772063.2020.1782782.

Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03772063.2020.1782782>.

YELENIS, L., DANNY, L. y SOCARRÁS, C., 2021. Diagnóstico del consumo de energía eléctrica en la planificación de un sistema de gestión y norma técnica de calidad ISO 50001:2011. Información tecnológica [en línea], vol. 31, no. 1. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100101>. Disponible en:

[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642021000100101](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642021000100101).

## Anexos

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Sistema híbrido</b>	Es definida como aquella combinación que posee más de una fuente de generación con base a energía renovable a fin de satisfacer una demanda de energía eléctrica (Gavilanez et al. 2020).	El sistema híbrido se compone del dimensionamiento de energía renovable como la eólica mediante datos reales de la velocidad del viento, mientras que el dimensionamiento de la energía solar es a través de la radiación solar a fin de satisfacer una demanda de carga eléctrica (Kohole et al. 2023).	Dimensionamiento eólico	Velocidad del viento (m/s)	De razón
				Densidad de potencia eólica (W/m <sup>2</sup> )	
			Dimensionamiento fotovoltaico	Irradiación solar (kWh/m <sup>2</sup> /día)	
<b>Suministro eléctrico de viviendas rurales</b>	Son los elementos y medios en general utilizados, tanto en la etapa de generación, transporte y distribución de la energía eléctrica, para ello en su arquitectura se establece la protección, seguridad y control (Burga, 2021).	El suministro eléctrico a las viviendas rurales se estima considerando los parámetros demográficos para identificar la población total y los parámetros de consumo que permiten identificar el consumo de energía, por lo que se debe considerar que es una tendencia creciente el consumo de energía y el número de abonados para cada año horizonte (Ministerio de Economía y Finanzas 2011).	Consumo eléctrico	Consumo de energía eléctrica mensual	De razón
			Demanda eléctrica	Demanda eléctrica diaria	

**Anexo 2: Matriz de consistencia**

<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>
¿Cómo el dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar contribuye al suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo?	Realizar el dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo.	El dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólico-solar, mejorara el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.
<b>Problema específico</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Hipótesis específicas</b>
¿Cuál es el consumo de energía eléctrica de las viviendas rurales en Lomas de Ilo?	Determinar el consumo de energía eléctrica de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.	El análisis del consumo de energía eléctrica contribuye a determinar el consumo eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.
¿Cuáles son los equipos necesarios para dimensionar un sistema híbrido eólico - solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo?	Determinar los equipos necesarios para un sistema híbrido eólico-solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en las Lomas de Ilo.	Los equipos necesarios para el sistema híbrido eólico - solar permiten suministrar energía eléctrica a las viviendas rurales en Lomas de Ilo.
¿Cuál sería la tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión en el dimensionamiento de un sistema híbrido eólico - solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo?	Determinar la tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión en el dimensionamiento de un sistema híbrido eólico – solar para el suministro eléctrico de las viviendas rurales en Lomas de Ilo.	La tasa interna de retorno y el valor actual neto de la inversión es favorable para la implementación de un sistema híbrido en las viviendas rurales en Lomas de Ilo.

Anexo 3: Carta de autorización

Figura 1. Carta de autorización

**AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA**

Yo Luis Dante Zubia Cortez  
(Nombre del representante legal o persona facultada en virtud del con. de poder)  
identificado con DNI 01556825 en mi calidad de Presidente de la comisión de Torturata Noq-ILC  
(Nombre del titular del representante legal o persona facultada en virtud del con. de poder)  
del área de Trabajo de ILO  
(Nombre del área de la empresa)  
de la empresa .....  
(Nombre de la empresa)  
con R.U.C N° ..... ubicada en la ciudad de ILO

**OTORGO LA AUTORIZACIÓN,**

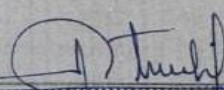
Al señor(a. ita.) Carly Cordeiro Franco Anthony - Mamani Huaco Reyes Omar  
(Nombre completo del o los estudiantes)  
Identificado(s) con DNI N° 73945671 - 73062190 de la Carrera profesional Ingeniería  
Mecánica Eléctrica para que utilice la siguiente información de la empresa:  
.....  
.....  
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su ( ) Informe estadístico, ( ) Trabajo de Investigación, ( )  
 Tesis para optar el Título Profesional.

( ) Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

( ) Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o  
( ) Mencionar el nombre de la empresa.

  
Firma y sello del Representante Legal  
DNI: 01556825

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Estudiante  
Firma del Estudiante  
DNI: 73945671

Estudiante  
Firma del Estudiante  
DNI: 73062190





**Anexo 6:** Instrumento de la variable dependiente de la dimensión consumo eléctrico para el indicador consumo de energía eléctrica mensual.

Descripción	Cantidad (Uds.)	Potencia (W)	Horas día (h)	Potencia total (W)	Consumo eléctrico diario (kWh)	Consumo Eléctrico mensual (kWh)
Consumo eléctrico 01 vivienda (kWh)						

*Nota.* Los ítems se reemplazan según los equipos que consume energía eléctrica.



**Anexo 7:** Instrumento de la variable dependiente de la dimensión demanda eléctrica para el indicador demanda eléctrica diaria.

Carga	Cantidad (Uds.)	Potencia eléctrica (W)	Potencia Eléctrica Total (W)	Factor de demanda	Potencia Eléctrica Instalada (kW)
Máxima demanda 01 vivienda (kW)					

*Nota.* Los ítems se reemplazan según los equipos que consume energía eléctrica.

**Anexo 8:** Consumo mensual del hogar en electricidad (kWh)

**Figura 2.** Consumo mensual según regiones del Perú

Departamento	Nacional	
	Media(kWh)	Mediana(kWh)
Amazonas	60.8	46.7
Ancash	64.4	27.0
Apurímac	38.3	8.0
Arequipa	90.3	74.0
Ayacucho	39.5	23.0
Cajamarca	47.0	24.8
Cusco	68.2	49.0
Huancavelica	38.2	28.3
Huánuco	66.1	52.0
Ica	91.3	68.0
Junín	52.5	40.0
La Libertad	75.2	55.0
Lambayeque	84.1	73.0
Lima Metropolitana	153.7	135.0
Lima Provincias	108.3	91.0
Loreto	56.2	35.0
Madre de Dios	146.8	108.0
Moquegua	51.4	17.0
Pasco	37.3	29.0
Piura	68.8	55.0
Puno	57.1	28.0
San Martín	77.6	68.0
Tacna	87.3	73.0
Tumbes	69.3	65.0
Ucayali	75.8	60.0
<b>Total</b>	<b>82.3</b>	<b>60.0</b>
Hogares encuestados:	7,454	
Hogares expandidos	4,088,122	

Nota. ERCUE – Osinergmin (2018).

## **Anexo 9:** Evaluación del consumo eléctrico

La investigación se llevó a cabo en las viviendas rurales de Lomas de Ilo. Este lugar es accesible desde Moquegua a través de la carretera interoceánica sur, hasta llegar al cruce en la pampa inalámbrica MO-612 a una distancia de 87.4 Km. Desde dicho cruce, se toma una carretera asfaltada de 1.5 km que conduce hasta la parcela A-1R, a través de un sendero ubicado en el margen izquierdo, con una extensión de 10.2 km. Referente al lugar de estudio cuenta con una altitud de 400 m.s.n.m. y el suelo posee una textura arenosa; mientras que fisiográficamente, son llanuras eólicas con presencia de terrenos planos.

Mediante el uso de Google Maps se identificó que el lugar de estudio presenta las coordenadas -17.7114 y -71.2351. A continuación, se detalla la información de la ubicación:

**Tabla 1**

*Resumen de información del lugar de estudio*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Sector	Lomas de Ilo
Distrito:	El Algarrobal
Provincia:	Ilo
Región:	Moquegua
Ubigeo:	180302
Latitud Sur:	17° 42' 41.04" S (-17.7114)
Longitud Oeste:	71° 14' 6.36" W (-71.2351)
Altitud:	400 m. s. n. m.

*Nota.* Elaboración propia

En la zona de estudio, específicamente en la región de Moquegua, se ha observado que la media de los ingresos es de S/ 51.4, con una mediana de S/ 17, según se detalla en el anexo 8. Al respecto, Mirada Ciudadana (1) sostuvo que, el ingreso per cápita mensual de la región de Moquegua asciende a 1268 soles, lo que la ubica en el tercer lugar a nivel nacional en términos de ingresos. Además, es relevante precisar que el gasto mensual en consumo de energía eléctrica en las viviendas, siendo en específico de una vivienda urbana objeto de estudio, la facturación alcanza los 100.00 soles, como se puede observar a continuación:

Ahora bien, se ha identificado que en la zona de estudio que es la región de Moquegua posee una media S/. de 51.4 y una mediana de S/ 17 (ver anexo 7). Por

lo tanto, según el informe de Mirada Ciudadana (1), la región de Moquegua posee un ingreso per cápita mensual de 1268 soles, esto quiere decir que ocupa el puesto tres del total de regiones a nivel nacional. Así también, es importante destacar el gasto en consumo de energía eléctrica mensual que posee las viviendas, siendo en el presente caso una vivienda rural que posee una facturación de S/ 47.00, como se muestra a continuación:

**Figura 3.**

*Categorías de niveles socioeconómicos*

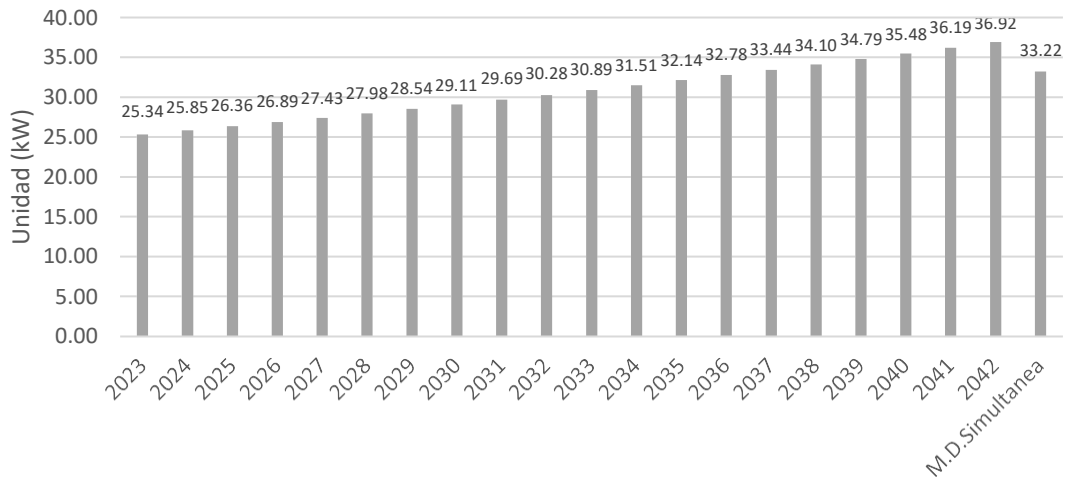
Categoría	Media (S/)	Mediana (S/)
Urbana	100	70
Rural	47	12
Pobre extremo	46	18
Pobre no extremo	65	48
No pobre	98	63
<b>Nacional</b>	<b>87</b>	<b>57</b>

*Nota.* “Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía ERCUE-2018 (2)”

Según MINEM (2023) en el anexo 7.1 metodología para la proyección de la demanda y expansión de la generación y transmisión para cargas incorporadas señala realizar una proyección de la demanda y consumo eléctrico de 2% anual de la sumatoria de las 100 viviendas considerando para un horizonte de 20 años.

**Figura 4.**

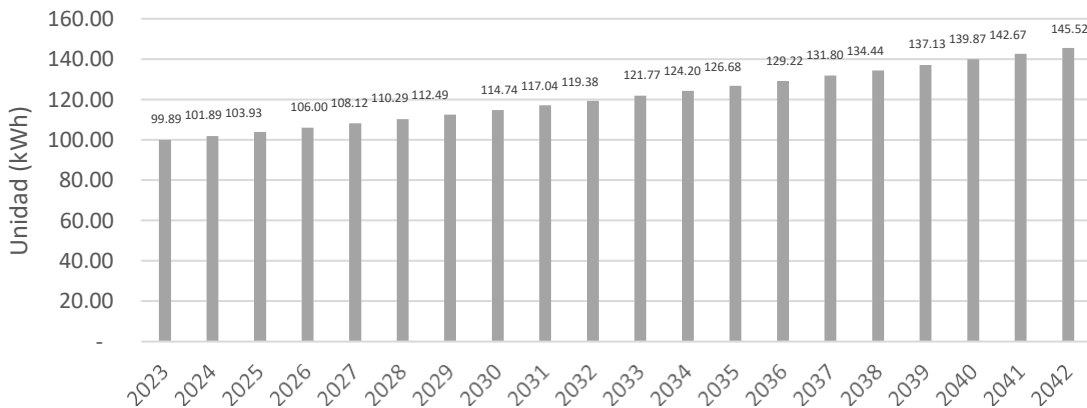
*Proyección de la máxima demanda energética en la zona de estudio*



*Nota.* Proyección de la máxima demanda en 20 años.

**Figura 5.**

*Proyección del consumo eléctrico en la zona de estudio*



*Nota.* Proyección del consumo eléctrico en 20 años.

Se observa que para las 100 viviendas se cuenta con una máxima demanda simultanea diaria de 33.22 kW, mientras que el consumo de energía diaria resultante es de 145.52 kWh.

Nuestro dimensionamiento eólico y fotovoltaico tendrá que producir como mínimo un 5% y 95 % respectivamente, del consumo de energía diaria resultante.

## **Anexo 10:** Disponibilidad de energía solar en la zona de estudio

Se evaluó la radiación entre enero del 2019 a mayo del 2023, siendo un total de 933 analizados de manera diaria que arrojó el software NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, por lo que se presenta el promedio mensual de la radiación global, considerando el instrumento del anexo 5.

**Tabla 2**

*Radiación solar mensual de 2019 a 2023*

Mes	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio	Mínimo	Máximo
Enero	8.36	8.35	8.47	8.35	8.45	8.40	8.35	8.47
Febrero	8.00	8.02	8.16	8.10	8.06	8.07	8.00	8.16
Marzo	7.53	7.36	7.38	7.35	7.40	7.40	7.35	7.53
Abril	6.56	6.57	6.58	6.57	6.59	6.57	6.56	6.59
Mayo	5.72	5.70	5.65	5.72	5.68	5.69	5.65	5.72
Junio	5.24	5.22	5.30	5.20		5.24	5.20	5.30
Julio	5.49	5.57	5.46	5.40		5.48	5.40	5.57
Agosto	6.27	6.24	6.31	6.32		6.29	6.24	6.32
Setiembre	7.13	7.24	7.20	7.41		7.25	7.13	7.41
Octubre	8.09	8.06	8.13	8.29		8.14	8.06	8.29
Noviembre	8.40	8.60	8.48	8.53		8.50	8.40	8.60
Diciembre	8.67	8.57	8.45	8.57		8.57	8.45	8.67

*Nota.* Valores obtenidos del software NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources, siendo el valor mínimo presentado en el mes de junio con 5.20 kWh/m<sup>2</sup>/día

En la tabla 3, se presenta la irradiación global solar mensual desde el 2019 a 2023, donde se consideró para el análisis la irradiación solar mínima que es 5.20 kWh/m<sup>2</sup>/día en el mes de junio, puesto que se busca priorizar la generación de manera continua mediante el dimensionamiento con la radiación solar global en el mes con menor valor.

## Anexo 11: Disponibilidad de energía eólica en la zona de estudio

### Proyección del potencial eólico mediante el promedio anual del viento

Mediante el software Power Nasa Data Access Viewer se obtuvo los valores de velocidad desde el 01 de enero del 2021 hasta el 31 de julio del 2023, teniendo en consideración una toma diaria que arroja el software a una distancia de 10 metros de altura sobre la superficie terrestre, por lo que los datos obtenidos se muestran en el anexo 4 y fueron procesados en una hoja Excel para obtener su frecuencia de distribución, como se muestra a continuación:

**Tabla 3**

*Frecuencia acumulada por rangos de velocidad de viento*

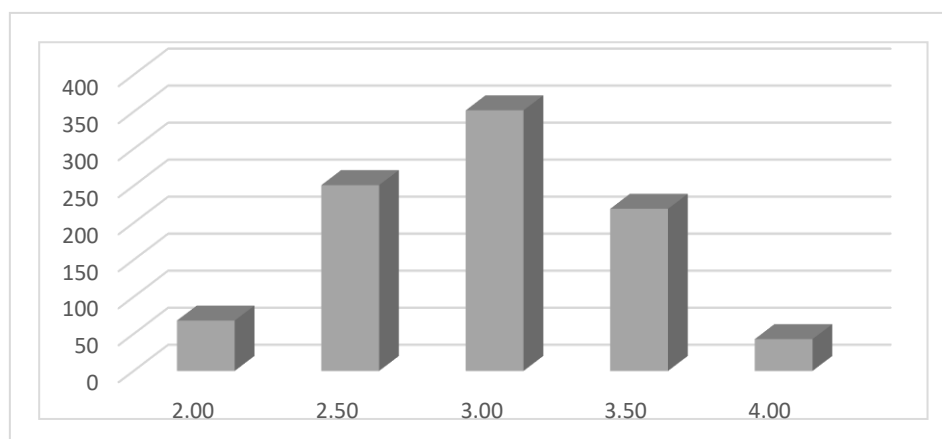
Rango mínimo (m/s)	Rango máximo (m/s)	Frecuencia Absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
2.00	2.50	68	7%	7%
2.50	3.00	251	27%	34%
3.00	3.50	352	38%	72%
3.50	4.00	219	23%	95%
4.00	4.60	43	5%	100%

*Nota.* Gráfica muestra la velocidad de viento en rangos considerados.

Se presenta el ordenamiento de 933 datos mediante su distribución absoluta, relativa y acumulada de la velocidad del viento a distintos rangos, por lo que en la siguiente grafica se muestra el acumulado de la frecuencia absoluta.

**Figura 6.**

*Frecuencia acumulada de velocidad del viento*



*Nota.* En el eje x la velocidad del viento se encuentra en m/s y en el eje y en cantidad acumulada

Mediante la ecuación de la recta de distribución de Weibull se busca obtener la probabilidad donde se presente mayor velocidad de viento.

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x^k} \quad (9)$$

La ecuación anterior se transforma en la siguiente expresión:

$$\ln(-\ln - F(x)) = k * \ln x - k \ln \lambda$$

Donde:

$\ln(-\ln - F(x))$ : Es el valor de la frecuencia acumulada

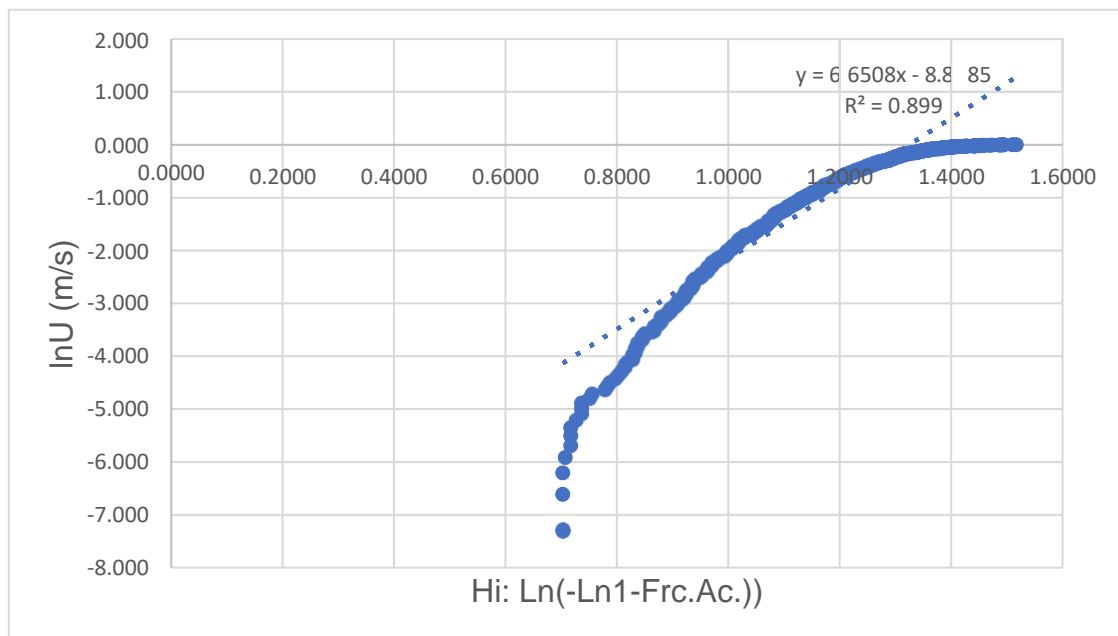
$k * \ln x$ :  $m * x$  (es la pendiente  $k$ ) y valor de  $x$  (velocidad del viento)

$k \ln \lambda$  :  $b$  (complemento de la ecuación pendiente)

A continuación, se presenta la ecuación de la recta mediante el ordenamiento de los 933 datos de velocidad de viento obtenido:

### Figura 7.

*Frecuencia acumulada de velocidad del viento*



*Nota.* Procesamiento de los datos realizados en una hoja Excel

De la figura 4, se procede a obtener los valores de la ecuación de la recta, como se muestra a continuación:

$$k \ln U = 6.6508$$



$$\exp(-8.8085/-6.6508)$$

La determinación de la velocidad de diseño para una turbina eólica generalmente implica la consideración de diversos factores, tales como la velocidad que más acontece en la ubicación del proyecto y los parámetros obtenidos de la ecuación de la distribución de Weibull. A continuación, se presenta el código en Matlab ejecutado con los datos específicos necesarios para calcular la velocidad de diseño de una turbina eólica:

### Figura 8.

*Código empleado para obtener la gráfica del análisis de Weibull con frecuencias estadísticas*

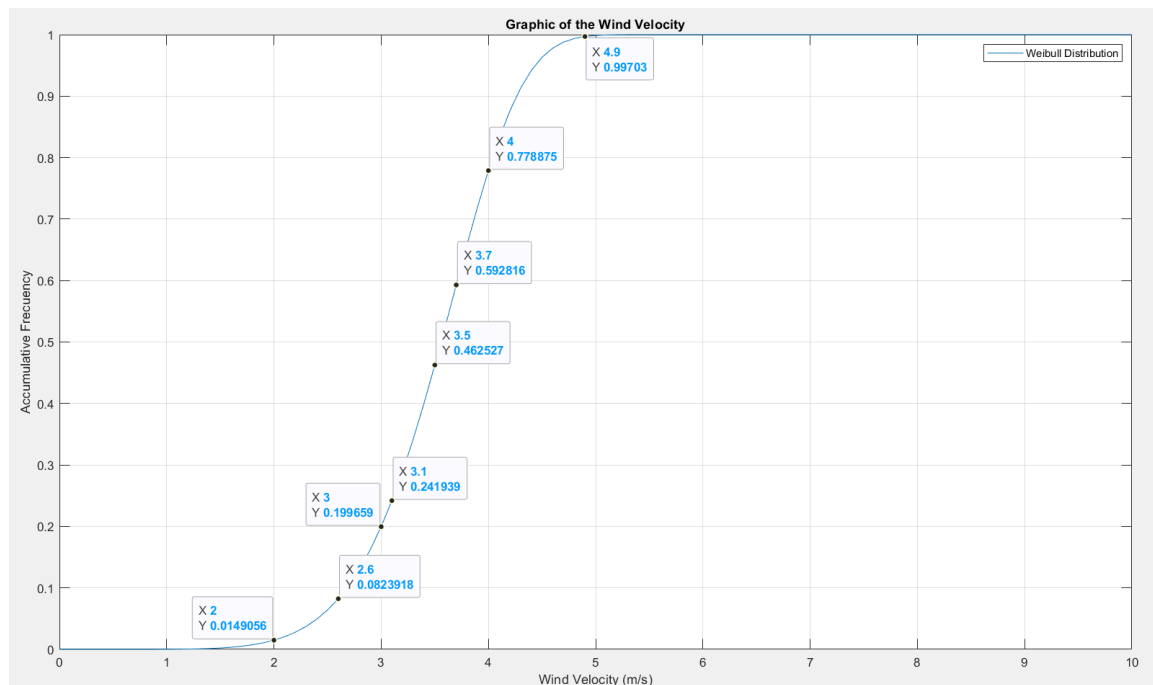
```
% Algoritmo para determinar la velocidad de diseño para la turbina eolica
clc;
clear all;
syms f
V = 0:0.1:10; % Variable que varia de acuerdo al lugar
k = 6.6508; % Variable de la distribución de Weibull
r = 3.7600308; % Variable de la distribución de Weibull
f = 1 - exp(-(V/r).^k); % Función de la distribución de Weibull
% subplot (2,1,1)
plot (V,f);
xlabel 'Wind Velocity (m/s)'
ylabel 'Accumulative Frecuency'
title ('Graphic of the Wind Velocity')
legend ('Weibull Distribution')
grid on
```

*Nota.* Elaboración propia

El gráfico generado tras la ejecución del código revela una mayor probabilidad de ocurrencia entre 3.1 m/s, con un 24.19%, y 4 m/s, con un 77.88%. Esto indica que es más probable que la velocidad de diseño se sitúe en estos valores. A continuación, se presenta el resultado obtenido al finalizar el procesamiento.

**Figura 9.**

*Grafica de resultado de mayor probabilidad de viento*



*Nota.* Tomado de Matlab

Con el fin de obtener valores más precisos en la medición de la velocidad del viento, se ha procedido a aumentar el número de divisiones. Para establecer los rangos correspondientes, se ejecutó en Matlab el siguiente script:

**Figura 10.**

*Script para nueva distribución con mayor cantidad de rangos de viento*

```
%Ejercicio estadística descriptiva E01
clc; clear all;
%leer datos desde excel
tablados=readtable('MATLAB.xlsx');
X=tablados.P;
%Histograma
n=length(X); %cantidad de datos en X
R=max(X)-min(X); %rango de los datos
m=fix(1+3.3*log10(n))+1; %cantidad de intervalos
c=R/m; %amplitud de cada intervalo (bins)
bordes=min(X):c:max(X); %extremos de cada intervalo (Li y Ls)
Hfig=histogram(X,bordes);
xlabel('Velocidad del viento (m/s)')
ylabel('#Numero de ocurrencias')
title('Distribucion de frecuencias')
grid on %agregar malla al grafico
```

*Nota.* Se utiliza los datos obtenidos del software Power Nasa Data Access Viewer que ha sido guardado como MATLAB.xlsx

Al no arrojar errores durante la compilación, los rangos obtenidos de la nueva distribución, donde se identifica una mayor probabilidad de ocurrencia del viento entre 3.17 m/s y 3.40 m/s, como se muestra a continuación:

**Tabla 4**

Frecuencias estadísticas

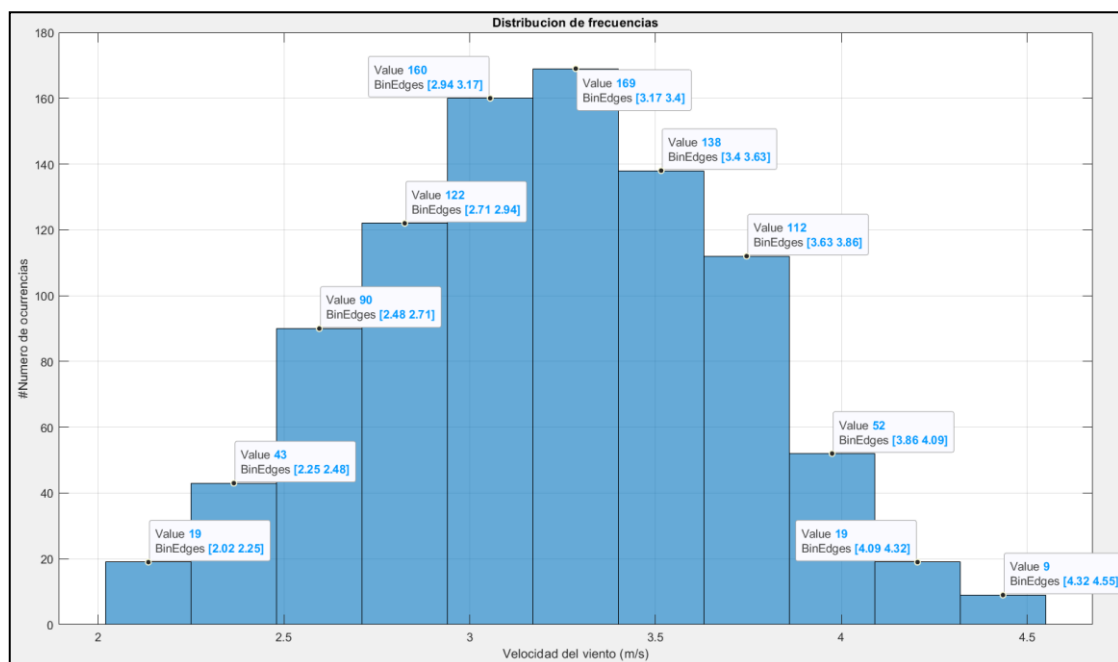
Rango mínimo (m/s)	Rango máximo (m/s)	Frecuencia Absoluta	Frecuencia relativa
2.02	2.25	19	2%
2.25	2.48	43	5%
2.48	2.71	90	10%
2.71	2.94	122	13%
2.94	3.17	160	17%
3.17	3.40	169	18%
3.40	3.63	138	15%
3.63	3.86	112	12%
3.86	4.09	52	6%
4.09	4.32	19	2%
4.32	4.56	9	1%
TOTAL		933	100%

*Nota.* Elaboración propia

Así también, se obtuvo el gráfico de histograma que muestra mayor tendencia de la velocidad del viento entre los valores intermedios, esto quiere que los datos obtenidos del software Power Nasa Data Access Viewer se reordenaron según los rangos establecidos, como se muestra a continuación:

**Figura 11.**

*Histograma de frecuencias estadísticas*



*Nota.* Gráfica obtenida a partir de simulación del Script de la figura 5.

Como se observa en la figura 11, la nueva distribución de los rangos favoreció en identificar con una mejor exactitud donde se encuentra la mayor acumulación de velocidad del viento, siendo entre 3.17 m/s y 3.40 m/s. Posterior a ello, se debe identificar la velocidad de viento a trabajar, siendo el valor medio entre los rangos establecidos, como se presenta a continuación:

$$Velocidad\ del\ viento = \frac{3.17\ m/s + 3.4\ m/s}{2} = 3.29\ m/s \quad (1)$$

La velocidad del viento al ser un único valor que es 3.29 m/s se procede reemplazarlo en la siguiente ecuación para obtener la densidad de potencia:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * 1.225 \frac{Kg}{m^3} * 1 * 35.61\ m^3/s^3 = 21.81\ W/m^2$$

Se observa que la densidad del aire es de 1.225 Kg/m<sup>3</sup> y al multiplicarse con la velocidad del viento elevado al cubo se obtiene una densidad de potencia de 21.81 W/m<sup>2</sup>. No obstante, la velocidad de viento resulta presentar un rango de nivel bajo, por lo que se aplicó la Ley Exponencial de Hellman a fin de determinar la velocidad de viento a una altura de 12 metros y se seleccionó un coeficiente de rugosidad ( $\alpha$ ) de 0.08 debido a que es una zona costera:

$$v_h = 3.29 \frac{m}{s} * \left(\frac{12}{10}\right)^{0.08} = 3.34\ m/s$$

### **Cálculo de potencia real aprovechable del aerogenerador**

Para calcular la potencia eólica necesaria, es crucial seleccionar el aerogenerador más adecuado para el proyecto. En este sentido, se optó por un aerogenerador de 600 W debido a la baja velocidad del viento que se ha identificado. De acuerdo con esta consideración, se eligió el aerogenerador Wind Power S-600, el cual posee una potencia de 600 W y un diámetro de barrido de 1.7 m. Por consiguiente, el área frontal barrida por la pala se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * (1.7\ m)^2}{4} = 2.27\ m^2$$

Ahora bien, se procede a reemplazar los datos obtenidos para obtener la potencia eólica:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \quad (2)$$

Donde:

$P_{eolica}$ : Potencia eólica (Watts)

$\rho$ : Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

A: Área (m<sup>2</sup>)

v: Velocidad de viento a 12 metros (m/s)

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$P_{eolica} = \frac{1}{2} * 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2.27 \text{ m}^2 * (3.34 \text{ m/s})^3 = 51.80 \text{ W}$$

La potencia eólica resultante resulta ser de 51.80 W de potencia nominal (máxima potencia) con una velocidad de viento de 3.34 m/s y un generador de potencia de 600 watts.

Se ha identificado que se obtiene 51.80 W de potencia nominal (máxima potencia), considerando una velocidad de 3.34 m/s y un aerogenerador de 600W. Por lo tanto, la especificación técnica del aerogenerador se muestra en el anexo 19.

Posterior a ello, se presenta la potencia mecánica del rotor utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{mec.rot} = C_p(P_{eolica}) = 0.59 * (51.80) = 30.56 \text{ W} \quad (3)$$

Ahora bien, se procede a calcular la potencia eléctrica utilizando la ecuación siguiente:

$$P_{electrica} = P_{mec.rot} * R_{sm} = 30.56 * 0.96 = 29.34 \text{ W} \quad (4)$$

Posterior a ello, se procede a calcular la energía producida del aerogenerador mediante la ecuación siguiente:

$$E_A = 29.34 \text{ W} * 24 \text{ h} = 704.16 \text{ Wh} \cong 0.70 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \quad (5)$$

Referente al consumo eléctrico diario es de 145.52 kWh, donde se consideró cubrir un 5% del consumo eléctrico mediante energía eólica, es decir, se estima satisfacer 7.28 kWh y el resto a través de energía fotovoltaica:

$$\text{Energía a cubrir} < \text{Energía diaria} * \text{cantidad de generadores}$$

$$7.28 \text{ kWh} < (0.70 * 12) \text{ kWh}$$

$$7.28 \text{ kWh} < 8.4 \text{ kWh}$$

Como se evidencia, se requiere un total de 12 aerogeneradores para cubrir un 5% del consumo eléctrico diario de la proyección realizada hasta el año 2042.

## **Anexo 12:** Selección de componentes del sistema híbrido - solar

El sistema fotovoltaico debe generar el 95% de la energía diaria, lo que equivale a 138.24 kWh. Como consecuencia, se llevó a cabo una exhaustiva investigación de mercado con el propósito de identificar paneles solares que se ajustaran a las necesidades específicas. Tras un análisis detallado, se decidió elegir los paneles monocristalinos de 500W fabricados por JA SOLAR y distribuidos en el mercado peruano por Auto Solar Energy Solutions.

### **Dimensionamiento de distancia y área entre paneles**

Según Cantos (2016), indica que la inclinación del panel ( $\beta$ ) es necesario para que los rayos solares impacten en el área del panel solar durante todo el año de tal forma pueda capturar la mayor irradiación solar, esta viene dada en función de la latitud geográfica ( $\phi$ ) y recomienda el uso de la siguiente fórmula para sistemas aislados.

$$\beta = 3,7 + 0.69 * \phi \quad (6)$$

Donde:  $\beta$ : Inclinación del panel;  $\phi$ : latitud geográfica.

$$\beta = 3,7 + 0.69 * 17.71$$

$$\beta = 15.92^\circ$$

### **Altura de los paneles**

$$h = \tan \beta * w * \cos \beta \quad (7)$$

Donde:  $h$ : altura del panel con respecto a la horizontal;  $\beta$ : Inclinación del panel;  $w$ : medida del largo del panel solar (m).

$$h = \tan 15.92 * 2.09 * \cos 15.92$$

$$h = 0.57 \text{ m}$$

A su vez también menciona que la distancia entre panel fotovoltaico colindantes está dada por la siguiente formula:

$$dp = \frac{h}{\tan (61 - \emptyset)} \quad (8)$$

$$dp = \frac{0.57 \text{ m}}{\tan (61 - 17.71)}$$

$$dp = 0.61 \text{ m}$$

### Consumo diario

Para el consumo diario, se deberá multiplicar por un factor de seguridad del 20% para un dimensionamiento óptimo. Como se muestra a continuación:

$$C_{dia} = C_{res} * F. s \quad (9)$$

$$C_{dia} = 138.24 \text{ kWh} * 1.2 = 166.88 \text{ kWh}$$

Se procede a obtener la hora solar pico (HSP) mediante la siguiente ecuación:

$$HSP = \frac{\text{Irradiación local}}{\text{Irradiación en pico solar}} \quad (10)$$

Se procede a reemplazar la irradiación mínima en junio y la irradiancia en pico solar, como se muestra continuación:

$$HSP = \frac{5.20 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kWh/m}^2} = 5.20 \text{ horas}$$

### Potencia mínima de trabajo

Ahora se procede a obtener la potencia mínima de trabajo de los módulos fotovoltaicos ( $P_{min fv}$ ) mediante la siguiente ecuación:

$$P_{min fv} = \frac{C_{dia}}{HSP} \quad (11)$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$P_{min fv} = \frac{166.88 \text{ kWh}}{5.20 \text{ h}} = 31.90 \text{ kW}$$

Se observa que cada hora los paneles generaran una potencia eléctrica de 31.90 kW, por lo que se procede a identificar la cantidad de paneles necesarios, teniendo en consideración la selección del panel JA Solar con una potencia por módulo fotovoltaico de 500 W (ver anexo 15).



## Número de paneles fotovoltaicos

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{\text{min fv}}}{P_{\text{panel}}} \quad (12)$$

De la ecuación 11, se tiene que  $P_{\text{min fv}}$  es la potencia mínima de trabajo de los módulos fotovoltaicos, mientras que  $P_{\text{panel}}$  es la potencia del panel seleccionado. Por consiguiente, se procede a reemplazar los valores:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{31900 \text{ W}}{500 \text{ W}} = 63.80 = 64 \text{ paneles}$$

Se determina que para satisfacer el 95% de la energía diaria requerida para las 100 viviendas se requiere un total de 64 paneles fotovoltaicos de 500 W.

## Dimensionamiento del controlador

Se diseñó la instalación fotovoltaica teniendo en cuenta la necesidad de determinar la capacidad nominal del regulador. Para ello, se aplicó un factor de seguridad de 1.15. Esto se debe a que la zona de estudio experimenta condiciones meteorológicas adversas en ciertas estaciones del año, lo que puede resultar en un incremento de las tensiones e intensidades que los paneles solares deben soportar al ser instalados.

$$Cap_{\text{control}} = \frac{N_{\text{paneles}} * I_{sc} * F. s}{NP_{\text{serie}}} \quad (13)$$

Despejando los valores obtenidos, se obtiene la capacidad del controlador ( $Cap_{\text{control}}$ ), como se muestra a continuación:

$$Cap_{\text{control}} = \frac{64 * 13.93 * 1.15}{2} = 512.62A$$

El cálculo previo ha resultado en una corriente controlable de 512.62 A, lo que llevó a la selección de un controlador solar MPPT (Maximum Power Point Tracking) con una capacidad de 100 A a 48 V (ver anexo 17).

A continuación, se calcula el número de controladores de carga solar.

$$N_{\text{controladores}} = \frac{512.62 \text{ A}}{100 \text{ A}} = 5.12 \approx 5 \text{ controladores} \quad (14)$$

Por lo tanto, se requiere 5 controladores solares MPPT con capacidad de 100 A – 48 V.

### **Dimensionamiento del sistema de acumulación de energía para el sistema híbrido.**

#### **Intensidad del sistema**

La capacidad total de almacenamiento de las baterías viene dada de la siguiente ecuación 15.

$$I_{sistema} = \frac{C \text{ dia}}{E_{inversor} * V_{sistema}} \quad (15)$$

El consumo diario a satisfacer es de 145.52 kWh, la eficiencia del inversor ( $E_{inversor}$ ) según la ficha técnica es 96% y el voltaje del sistema ( $V_{sistema}$ ) es de 48 V, siendo los valores reemplazados en la ecuación 15:

$$I_{sistema} = \frac{145.52 \text{ kWh}}{0.96 * 48} = 3157.98 \text{ Ah}$$

#### **Baterías en paralelo**

Mediante la siguiente formula se procede obtener las baterías en paralelo ( $B_p$ ):

$$B_p = \frac{I_{sist} * n^\circ}{P_d * C_{bat}} \quad (16)$$

Donde:

$B_p$  = Baterías en paralelo

$I_{sist}$  = Corriente sistema

$n^\circ$  = Dias de autonomia bateria

$P_d$  = Profundida de descarga

$C_{bat}$  = Capacidad de la bateria

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$B_p = \frac{3157.98 \text{ Ah} * 1}{0.80 * 600 \text{ Ah}}$$

$$B_p = 6.57 = 7 \text{ baterias}$$

Se identificó que se requiere un total de 7 baterías en paralelo.

## Baterías en serie

Mediante la siguiente ecuación se obtiene las baterías en serie ( $B_s$ ):

$$B_s = \frac{V_{sist}}{V_{bat}} \quad (17)$$

Donde:

$B_s$  = Baterías en serie

$V_{sist}$  = Voltaje del sistema

$V_{bat}$  = Voltaje de la batería

Se reemplaza en la ecuación anterior, obtenido:

$$B_s = \frac{48 V}{V} = 8 \text{ baterías} \quad (18)$$

## Baterías en total

$$B_t = B_p * B_s \quad (19)$$

Se procede a multiplicar las baterías en paralelo y baterías en serie, como se muestra a continuación:

$$B_t = 7 * 8 = 56 \text{ baterías}$$

## Cálculo del inversor para el sistema híbrido

El inversor seleccionado es de la marca Victron Energy Growatt 15 kW y 48V (ver anexo 18).

Mediante la siguiente fórmula se obtiene la capacidad del inversor:

$$Cap_{inv} = \frac{33.22 \text{ kW}}{96\%} = 34.60 \text{ kW}$$

Ahora bien, el número de inversores se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$N_{inv} = \frac{Cap_{inv}}{P_{inv}} \quad (20)$$

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$N_{inv} = \frac{34600 \text{ W}}{15000 \text{ W}} = 2.31 \approx 3 \text{ inversores}$$

Por consiguiente, se requiere un total de 3 inversores de 15 kW.

### Anexo 13: Selección del sistema eléctrico

Se ha determinado que el valor máximo de caída de tensión de los conductores de CC no disminuirá más del 1%. En consideración este criterio es seleccionado los conductores debido a las distancias más críticas de conexión que se presentan entre los equipos del sistema híbrido.

**Tabla 5**

*Datos obtenidos en cada tramo para selección de conductores eléctricos*

Tramo	Longitud	Corriente eléctrica (A)	Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )
Tramo A: Aerogenerador – Controlador	18	18.04	16
Tramo B: Controlador – Baterías	20	18.04	35
Tramo C: Panel solar – Controlador	20	83.51	70
Tramo D: Controlador – Baterías	25	473.62	400
Tramo E: Baterías – Inversor	6	312.50	150
Tramo F: Inversor – Tablero General	8	28.49	25

*Nota.* Elaboración propia

Para el tramo A y F se obtendrá la sección mediante la ecuación 21 y 22.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \emptyset} \quad (21)$$

$$\Delta V \% = \frac{\sqrt{3} * L * I * \cos \emptyset}{K * S} \quad (22)$$

Donde:

$L$  = Longitud de tramo más crítico (metros)

$I$  = Corriente que circulara por el conductor (Amperios)

$\cos \emptyset$  = Factor de potencia (0.8)

$K$  = Conductividad del cable ((58 m/( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ))

$S$  = Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

$V$  = Voltaje eléctrico (V)

Para los tramos B, C, D, E se usará la ecuación 23:

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V \%} \quad (23)$$

Donde:

$S$  = Sección nominal del conductor (mm<sup>2</sup>)

$I$  = Corriente que circulara por el conductor (Amperios)

$L$  = Longitud de tramo más crítico (metros)

$\sigma$  = Conductividad del cobre (58 m/( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ))

$\Delta V \%$  = Caída de tensión en el tramo (Voltios)

**Anexo 14:** Análisis de la rentabilidad económica y financiera del sistema híbrido usando Valor Actual Neto (VAN) y Tasa de Interna de Retorno (TIR)

Se procede a detallar la cantidad de componentes del sistema híbrido requerido:

**Tabla 6**

*Costos de los componentes del sistema híbrido*

Descripción	Modelo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Aerogenerador	Aerogenerador POWER Wind s-600W + Controlador eólico	12	S/ 3,820.10	S/45,841.20
Panel fotovoltaico	500W 24V Monocristalino	64	S/432.63	S/27,688.32
Controlador fotovoltaico	SR-MC48100N25	5	S/1,250.30	S/6,251.50
Batería	Tensite 6V - 600 Ah	56	S/1,024.10	S/57,349.60
Inversor	Victron Energy Quatro 15 kW	3	S/11,800.45	S/35,401.35
Estructura para paneles	Aluminio 6005 T5 (3 y 2 Paneles)	22	S/7,460.00	S/7,460.00
Interruptores de protección	Termomagnético, Diferencial y Sobretensión	21	S/9,630.13	S/9,630.12
Puesta a Tierra	Sistema de Puesta a Tierra	4	S/2,865.60	S/2,865.60
Conductores Eléctricos	INDECO THW, Power Flex RV-K, Solar PV ZZ-F	10	S/17,571.57	S/17,571.57
Total				S/210,059.26

*Nota.* Elaboración propia

Posteriormente, se muestra el gasto en mano de obra:

**Tabla 7**

*Otros gastos*

Personal	Cantidad	Costo unitario hora	Tiempo (horas)	Costo total
Ingeniero Mecánico eléctrico	1	S/18.00	368	S/6,624.00
Ingeniero de seguridad	1	S/16.00	368	S/5,888.00
Técnico Montajista	3	S/12.00	368	S/13,248.00
	Total			S/25,760.00

*Nota.* Elaboración propia

Así también, como inversión inicial el transporte fue necesario:

**Tabla 8**

*Costo en mantenimiento anual*

Descripción	Costo (S/)
Costos de los componentes del sistema híbrido	S/210,059.26
Mano de obra	S/25,760.00
Transporte	S/4,700.00
Total	S/240,519.26

*Nota.* Elaboración propia

Por otro lado, se presenta los gastos que son necesarios para el mantenimiento de manera anual en función de las horas empleadas. Se considero 24 horas como tiempo al consultar especialistas en la zona de estudio que realizan este tipo de servicio:

**Tabla 9**

*Costo en mantenimiento anual*

Recursos	Cantidad	Costo h/h	Horas	Total
Técnico electricista	3	12	24	S/864.00
Ayudante electricista	3	6	24	S/432.00
Otros	3	7	24	S/504.00
	Total			S/1,800.00

*Nota.* Elaboración propia

A continuación, se muestra el costo que se obtiene:

**Tabla 10**

*Costo anual en el consumo de energía eléctrica*

kWh-día	kWh-mes	kWh-año	Costo kWh (S/)	Total, S/
0.75	4370.1	52441.20	S/39,330.90	S/786,618.00

*Nota.* Elaboración propia



**Tabla 11***Flujo de caja económico*

Año	Egresos			Total, de egresos	Ingresos	Total, de ingresos	Flujo de caja
	Inversión	Cambio de equipos	Mantenimiento		Cobro de energía		
0	S/240,519.26	0	0	S/240,519.26		<b>-S/240,519.26</b>	S/240,519.26
1	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	-S/202,988.36
2	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	-S/165,457.46
3	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	-S/127,926.56
4	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	-S/90,395.66
5	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	-S/52,864.76
6	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	-S/15,333.86
7	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/22,197.04
8	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/59,727.94
9	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/97,258.84
10	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/134,789.74
11	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/172,320.64
12	0	S/57,349.60	S/1,800.00	S/59,149.60	S/39,330.90	<b>-S/19,818.70</b>	S/152,501.94
13	0	S/6,251.50	S/1,800.00	S/8,051.50	S/39,330.90	S/31,279.40	S/183,781.34
14	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/221,312.24
15	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/258,843.14
16	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/296,374.04
17	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/333,904.94
18	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/371,435.84
19	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/408,966.74
20	0	0	S/1,800.00	S/1,800.00	S/39,330.90	S/37,530.90	S/446,497.64

*Nota. Elaboración propia*

En la rentabilidad económica del dimensionamiento del sistema híbrido se obtiene los siguientes parámetros:

**Tabla 12**

*Indicadores económicos*

VAN	S/58,918.26
TIR	13.62%
COSTO/BENEFICIO	1.24

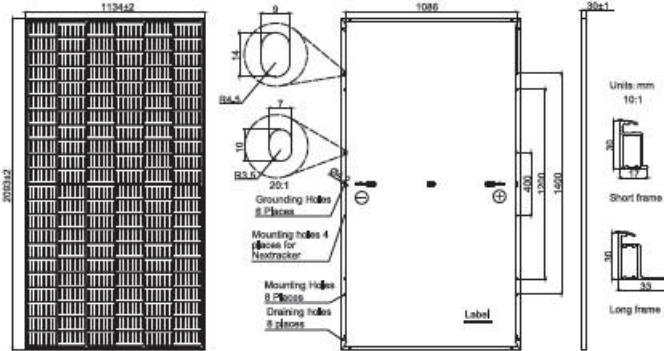
*Nota.* Elaboración propia

# Anexo 15: Ficha técnica de panel Solar 500W 24V Monocristalino



JAM66S30 480-505/MR Series

## MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

## SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	26.3kg
Dimensions	2093±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/QC 4,10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 792pcs/40HQ Container

## ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0→+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

## ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	363	367	370	374	378	382
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.15	42.30	42.43	42.58	42.72	42.86
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.54	35.67	35.76	35.84	35.93	36.02
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.99	11.06	11.13	11.20	11.27	11.34
Max Power Current(Imp) [A]	10.21	10.28	10.36	10.44	10.52	10.60
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

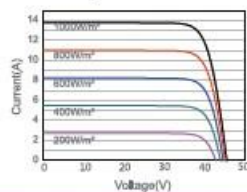
\*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

## OPERATING CONDITIONS

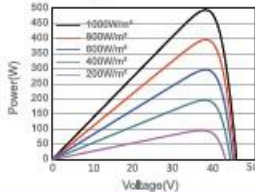
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C → +85°C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa (112lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load, Back*	2400Pa (50lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

## CHARACTERISTICS

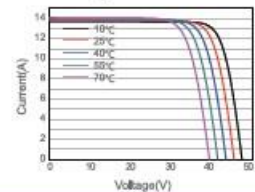
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global\_EN\_20220808A

## Anexo 16: Ficha técnica de Batería Tensite 6V-600.



### DEEP CYCLE GEL BATTERY 6V 600AH



#### DEEP CYCLE SERIES BATTERY

The Tensite deep cycle gel battery adopts the advanced nano gel electrolyte with super-C additive plus heavy duty plates design inside. It has a longer service life even deep cycle discharge use and can provide optimum and reliable service under extreme condition such as high temperature and frequent power failure, thus it is highly suited for tropical area in outdoor applications such as Telecom BTS stations and Off-grid PV system.

#### APPLICATION

- BTS Stations
- Solar and Wind energy system
- UPS system
- Telecom systems

#### GENERAL FEATURES

- Able to operate at 40-60°C
- Integrated design to ensure the best uniformity and reliability
- Longer life and higher stability under high temperature environment (no air-con needed)
- Super-C additives: Deep discharge recovery capability.

#### CERTIFICATIONS

- IEC 60896-21/22:2004;
- IEC 61247-2014;
- DIN 43539-t5:1984;
- DIN 40742-1999;
- GB/T 22473-2008;
- Passed ISO9001, ISO14001
- OHSAS18001, CE, UL and Golden Sun Certification

#### TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	Nominal voltage		6V	
	Rated capacity (120 hour rate)		600Ah	
DIMENSION	Cells Per battery		6	
	Length	Width	Height	Total Height
APPROX. WEIGHT	295 mm	178 mm	404 mm	424 mm
CAPACITY @ 25°C	57.0 kg ± 3%			
	10 hour rate (37.8A, 5.8V)	5 hour rate (66.8A, 5.25V)	1 hour rate (233.3A, 4.8V)	
MAX. DISCHARGE CURRENT	380 Ah	340 Ah	233.3 Ah	
INTERNAL RESISTANCE	1260 A (5 sec.)			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	Full charged Vat 25°C: Approx. 1.5mΩ			
	40°C	25°C	0°C	-15°C
SELF DISCHARGE @25°C	108%	100%	90%	70%
CHARGE METHOD @25°C	3% per month			
	Standby Use		Cycle Use	
	6.8-6.9V (initial charging current less than 84A)		7.2-7.45V	

#### BATTERY DISCHARGE TABLE

CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C												
F.V / TIME	15 min	30 min	45 min	30 min	2 hr	3 hr	4 hr	5 hr	8 hr	10 hr	20 hr	
1.60	A	540.5	344.2	254.1	233.3	148.1	104.0	70.7	46.7	41.6	22.6	5.03
	W	1040.5	662.6	489.1	449.1	285.0	200.1	136.1	89.8	80.0	43.7	9.69
1.65	A	530.7	337.9	249.5	229.1	145.4	102.1	69.4	45.8	40.8	22.2	4.94
	W	1021.6	650.5	480.2	441.0	279.9	196.5	133.6	88.2	78.6	42.9	9.51
1.70	A	520.9	331.7	244.9	224.8	142.7	100.2	68.1	45.0	40.1	21.8	4.85
	W	1002.7	638.5	471.4	432.8	274.7	192.8	131.1	86.6	77.1	42.0	9.33
1.75	A	511.1	325.4	240.2	220.6	140.0	98.3	66.8	44.1	39.3	21.4	4.76
	W	983.8	626.4	462.5	424.6	269.5	189.2	128.6	84.9	75.7	41.2	9.15
1.80	A	491.4	312.9	231.0	212.1	134.6	94.5	64.3	42.4	37.8	21.0	4.66
	W	945.9	602.3	444.7	408.3	259.1	181.9	123.7	81.7	72.8	40.4	8.97

Tensite  
info@tensitebatteries.com  
www.tensitebatteries.com

## Anexo 17: Ficha técnica de Controlador de carga solar MPPT SR-MC48100N25



POWER CATCHER  
MPPT TECHNOLOGY

### MPPT Solar Charge Controller

MC4885N15/MC48100N15/MC4885N25/MC48100N25

#### Product Accessories

RM-7 display, USB to TTL cable, BTS temperature sensor.



#### Product Characteristics



30% higher than PWM mode.



PV short-circuit protection, charge over-current protection.



RS485 Modbus protocol  
Built-in bluetooth module.



12/24V/36/48 identification.



Historical data storage.



MPPT tracking efficiency is up to 99.9%.



Built-in temperature detection.



Lead-acid batteries, coloidal batteries, open-ended batteries,  
lithium batteries.



Current-limiting charging mode.

#### Product Parameters

Model	SR-MC4885N15	SR-MC48100N15	SR-MC4885N25	SR-MC48100N25
System voltage	12V/24/36/48V			
Static power consumption	0.54W			
Maximum input voltage of solar energy (25°C)	150V		250V	
Voltage Range at MPP (Maximum Power Point)	Battery voltage +2~ 120V		Battery voltage +2~ 180V	
Charging current	85A	100A	85A	100A
Solar panel power (12V battery)	1100W	1300W	1100W	1300W
Solar panel power (24V battery)	2200W	2600W	2200W	2600W
Solar panel power (48V battery)	4400W	5200W	4400W	5200W
Support battery type	Lead-acid batteries, coloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries			
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V			
Operating temperature range	-35°C~60°C			
Humidity	95%, no condensation			
Protection grade	IP32			
Weight	5,7kg			
Communication mode	TTL(3.3V)/RS485/Bluetooth Module			
Product Dimensions	314*227*121 (mm)			
Terminal blocks	35mm <sup>2</sup> /2AWG			



## Anexo 18: Ficha técnica de Inversor Victron Energy Quattro 48V-15kW

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	SI				
Conmutador de transferencia integrado	SI				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
<b>INVERSOR</b>					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
<b>CARGADOR</b>					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de 'flotación' (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	SI				
<b>GENERAL</b>					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	SI				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
<b>CARCASA</b>					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm. <sup>2</sup> AWG	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
<b>NORMATIVAS</b>					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emisiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antillaz	Visite nuestra página web				



**Panel Digital Multi Control**  
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



**Mochila VE.Bus Smart**  
Mide la tensión y la temperatura de la batería y permite monitorizar y controlar Multis y Quattros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth.



Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador  
Hay varias interfaces disponibles:



**Color Control GX** y otros dispositivos  
Monitorear y controlar, de forma local e remota, no [Portal VRM](#).



**Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB**  
Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure](#)).

**Interfaz VE.Bus a NMEA 2000**  
Liga o dispositivo a una red electrónica marítima NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 e MED](#).






**Monitor de baterías BMV-712 Smart**  
Utilice un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth para:  
- personalizar los ajustes,  
- consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,  
- ver los datos del historial y actualizar el *software* conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.

## Anexo 19: Ficha técnica Aerogenerador



Los aerogeneradores son equipos que producen electricidad aprovechando la energía natural del viento. El mismo que es una fuente limpia, sostenible y que funciona de forma autónoma

Quotation for Horizontal Axis Wind Turbine						
Pic						
Model	RC-100	RC-200	RC-300	RC-400	RC-500	RC-600
Rated Output	100W	200W	300W	400W	500W	600W
Peak Output	150W	250W	400W	500W	650W	750W
Rated Voltage	12/24V AC	12/24V AC	12/24V AC	12/24V AC	12/24V AC	12/24V AC
Start-up Wind Speed	2 m/s	2 m/s	2 m/s	2 m/s	2.5 m/s	2.5m/s
Cut-in Wind Speed	3m/s	3m/s	3m/s	3m/s	3m/s	3m/s
Rated Wind speed	10m/s	10m/s	10m/s	10m/s	10m/s	12m/s
Survival Max. wind	50m/s	50m/s	50m/s	50m/s	45m/s	45m/s
Number of Blades	3/5/6	3/5/6	3/5/6	3/5/6	3	3
Rotor Diameter	1.1m	1.15m	1.3m	1.35m	1.65m	1.7 m
Swept Area	0.95 m <sup>2</sup>	1.04 m <sup>2</sup>	1.33 m <sup>2</sup>	1.43 m <sup>2</sup>	2.14 m <sup>2</sup>	2.27 m <sup>2</sup>
Blade Material	Nylon reinforced composite					
Generator Type	Brushless 3-phase PMA with high performance Neodymium Magnets					
Generator case	Casting aluminum alloy					
Controller Type	PWM					
Over speed control	Automatically adjust windward direction					
Net Weight	6kg	6.5kg	7kg	12kg	12kg	12.5kg
Tower Connector	Flange or Hoop					
Flange Size *	DN20	DN20	DN20	DN25	DN25	DN25
Tower Type *	Guy Cable Tower					
Tower Size *	3mX2, 48-3mm			3mX2, 60-3mm		
Working Temp. range	from -40°C to 60°C					
Product Life	15 years					
Warranty	1 years					
Applications	solar & wind hybrid lighting, off-grid power system etc.					
Measurement	71*28*20.5	71*28*20.5	71*28*20.5	96*41*23cm	96*41*23cm	96*41*23cm
Gross Weight	6.5kg	7kg	7.5kg	14kg	14kg	14.5kg

## Anexo 20: Cotización para sistema eólico.



Lynx Tech EIRL  
 RUC 20602238971  
 Dirección: Mz I Lote 4  
 Urb Los Productores Santa Anita - Lima  
 Teléfono 01-377 5690  
 RPM 962098089 - 988887750  
 Email: informes@trex.com.pe  
 Web Site: [www.trex.com.pe](http://www.trex.com.pe)

COTIZACIÓN N° 2023-1356  
 16/10/2023  
 PAGINAS: 1  
 AEROGENERADOR

**Ruyer Mamani Hualpa**  
**DNI 73062190**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRES.	CANT.	PRECIO UNIDAD	TOTAL
	Aerogenerador eólico - Capacidad de 600W - Cuerpo metálico y cuchillas de Fibra de vidrio - Voltaje 24V		01		
	Controlador de carga Híbrido - Solar - Control de velocidad y frenado automático - Turbina eólica hasta 600W - 30Ah - 300W en paneles solares - Tensión 24V - Grado de protección IP 32 - Protecciones electrónicas: sobre carga, alto voltaje y cortocircuito		01	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00
				IGV:	INCLUIDO

### Entrega

Los Aerogeneradores Eólicos se entregarán entre 30 - 45 días calendario para su importación

### Despacho

Envío gratis en Lima/Callao o agencia de transporte de su preferencia (Pago a destino)

### Garantía

Los eólicos por 2 años, demás equipos 1 año, plazo en el cual se hará cargo de toda reparación contra defectos de materiales y de fabricación a partir de la fecha de entrega.

Se excluye de esta garantía, la manipulación indebida por parte de terceros, deterioro intencional y mal uso de los equipos adquiridos.

### Servicio Técnico – Post Venta

Nuestro Servicio Técnico cuenta con todos los elementos necesarios para dar cumplimiento a los requerimientos de mantenimiento y reparación de todos los equipos sujetos a contrato de mantenimiento o garantía vigente

### Pago

Adelanto del 50% de los Aerogeneradores Eólicos y el 50% restante antes de enviar al cliente

Medio de pago deposito, transferencia o cheque (no efectivo)

Validez 15 días

**Banco Continental-Soles**  
 0011 0183 02010 71360  
 CI 011-183000 2010713-6016  
 LYNX TECH EIRL

**Banco Crédito BCP-Soles**  
 191-2678786-042  
 CI 002-1910026787860-4253  
 LYNX TECH EIRL



## Anexo 21: Cotización sistema Fotovoltaico y componentes.



## Cotización

**Autosolar Energía del Perú S.A.C**

Carrtera Panamerica Sur KM 29.5 Megacentro Lurín. Unidad I-6  
Referencia: Frente a Campomar, entrada al Megacentro altura Puente VIDU  
Teléfono: (01) 715-1357 Whatsapp: 993 943 927  
autosolar@autosolar.pe  
RUC: 20602492118

FRANCO ANTHONY CUAYLA CORDOVA

DOCUMENTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
Presupuesto	1 011737	1	14/11/2023

CLIENTE	RUC/DNI	AGENTE	CONDICIÓN DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
36922	73945671-G	12 pedro.matumay@autosolar.pe		5 días, salvo cambio de tarifa

**GARANTÍA DE UN AÑO EN LOS EQUIPOS OFERTADOS**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
<b>***REQUERIMIENTO***</b>						
1002327	Panel Solar 500W DEEP BLUE 3.0 Mono JA SOLAR	64	432,63	27.688,32		27.688,32
1702510	Batería TENSITE GEL 6V 600Ah C120	56	1.024,10	57.349,60		57.349,60
2006046	Regulador SRNE MPPT 250V 100A LCD 12/24/48V	5	1.250,30	6.251,50		6.251,50
3004076	Inv/Carg Quattro 15000VA 48V 200-100A VICTRON	3	11.800,45	35.401,35		35.401,35
1501662	Estructura Aluminio 6005 T5 (3 Paneles / 144 Celulas)	20	345,00	6.900,00		6.900,00
1501661	Estructura Aluminio 6005 T5 (2 Paneles / 144 Celulas)	2	280,00	560,00		560,00
7102078	Termomagnético 100A 1000Vdc PV MCCB 4P ZJ Beny	10	483,56	4.835,60		4.835,60
7107013	Termomagnético 32A 600Vdc 2P ZJ Beny	6	40,56	243,36		243,36
7102090	Termomagnético 630A 1000Vdc 4P DC Energy	2	1.432,45	2.864,90		2.864,90
7102046	Termomagnético 4x100A Trifásico ABB	1	1.145,32	1.145,32		1.145,32
7103054	Diferencial 4x63A Trifásico ABB	1	346,39	346,39		346,39
7102508	Proteccion Sobretensiones 385Vac 3P 40kA ZJ Beny	1	194,56	194,56		194,56
5201022	Cable Unifilar 16 mm2 SOLAR PV ZZ-F	3	974,78	2.924,34		2.924,34
5201025	Cable Unifilar 35 mm2 SOLAR PV ZZ-F	2	1.532,73	3.065,46		3.065,46
5201027	Cable Unifilar 70 mm2 SOLAR PV ZZ-F	2	2.450,34	4.900,68		4.900,68
5201034	Cable Unifilar 400 mm2 INDECO THW	1	3.452,12	3.452,12		3.452,12
5201032	Cable Unifilar 150 mm2 INDECO THW	1	1.983,84	1.983,84		1.983,84
5201026	Cable Unifilar 25 mm2 POWERFLEX RV-K	1	1.245,13	1.245,13		1.245,13
<p>Nota:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baterías con entrega para la primera semana de Enero (Precio de preventa)</li> <li>- Panel y regulador en stock para entrega inmediata.</li> <li>- Los costos pueden variar.</li> <li>- Envío solo a provincia por agencias Shalom ó Marvisur con pago a destino</li> <li>- No incluye envío a Lima Metropolitana (Pago adicional)</li> </ul>						

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.G.V	R.E.
	18,00	161.352,46				190.395,91	29.043,45	

COMPRAS DEL DÍA DE HOY SERAN PROCESADAS AL DIA SIGUIENTE LABORAL  
GARANTÍA DE TRANSPORTE A PROVINCIA SOLO PARA EMPRESAS: MARVISUR - SHALOM  
**NO INCLUYE ENVÍO A OTRAS AGENCIAS NI INSTALACION, SALVO LO INDIQUE EN LA COTIZACIÓN**

**TOTAL: S/. 190.395,91**

TIPO DE MONEDA: NUEVOS SOLES  
PARA DÓLARES: 3.63

**HORARIO DE ALMACÉN PARA RECOJO DE MATERIALES**

Lunes a viernes solo en el siguiente horario:  
Primer horario es de 9:00 a.m. - 1:00 p.m.  
Segundo horario es de 2:00 p.m. - 6:00 p.m.

**FORMA DE PAGO: TRANSFERENCIA BANCARIA**

BCP SOLES: 1942448005022 / CCI: 00219400244800502298 BCP DÓLARES: 1942552861183 / CCI: 00219400255286118390  
INTERBANK SOLES: 6373001500225 / CCI: 00363700300150022563  
BBVA SOLES: 00110397010001329070 / CCI: 01139700010001329070  
BBVA DÓLARES: 00110397010001330479 / CCI: 01139700010001330479

Firmado Autosolar



**Anexo 22:** Cotización puesta a Tierra para Tablero General



**CENTRO DE ILUMINACIONES ROJESAN S.C.R.LTDA.**  
 CAL. PROLOGANCION CALLE ANCASH MZA. A-6 LOTE 4  
 MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

FONOS: 981090576-981091931 E-Mail: ROJESAN\_3@HOTMAIL.COM

**RUC: 20532342911**

---

**COTIZACION**

---

**001 - 4998**

FECHA: <b>15-09-2023</b>	VEND.: EVERTH LUCIO HUALLPACHOQUE...	CONTROL: PRO-11-00251
CÓDIGO: <b>01</b>	NOTAS:	
SEÑOR(ES): <b>RUYER O. MAMANI</b>		
DIRECCION:		

CANTIDAD	U.M.	DESCRIPCION	P.U.	IMPORTE
4	UND	VARILLA DE COBRE ELECTROLITICO 2.4M(18MM)CUPURO3/4"	289.00	1156.00
2	UND	CEMENTO CONDUCTIVO THORGEM BLS X 25KG	69.00	138.00
8	UND	BENTONITA SODICA CERRO MOCHO BLS X 30KG	24.90	199.20
4	UND	CONECTOR ANDERSON DE COBRE 3/4" CU PURO ISO CERTIFIED	9.90	39.60
20	MTR	CABLE DE COBRE DESNUDO INDECO 50MM	23.00	460.00
1	UND	MOLDE DE GRAFITO - "X" - "T" ESTANDAR THERMOWELD MODELO	390.00	390.00
4	UND	CAPSULA SOLDADURA EXOTERMICA THERMOWELD 200GRAMOS	39.90	159.60
4	UND	SAL INDUSTRIAL GRANULADO NACIONAL BLS X50KG	39.90	159.60
4	UND	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO P/PZO.TIERRA IC MEL 0,4X0,4M	40.90	163.60

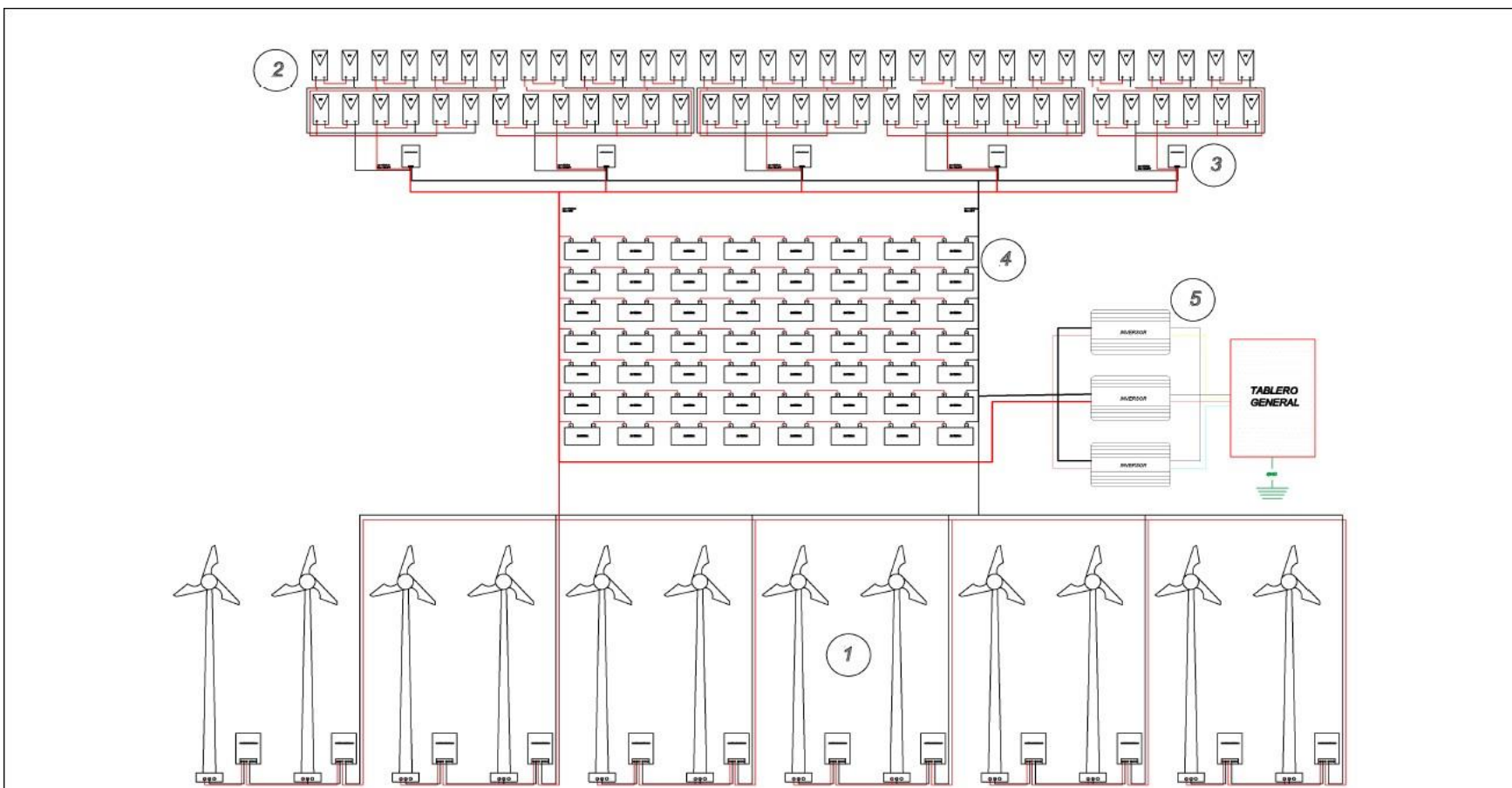
PERSONA NATURAL - PERSO  
 001-4998  
 17423.90  
 11-00251  
 www.mastercontable.net

SON: TRES MIL SEIS CIENTOS NOVENTA Y CINCO 60/100 SOLES

<b>BCP</b>	CUENTA CORRIENTE SOLES : 430-2223431-0-32	OP. GRAVADA: S/.	2,865.60
<b>BBVA</b>	CUENTA CORRIENTE SOLES : 0011-0621-00-0100000136	IGV 18%: S/.	515.81
TODO CAMBIO O DEVOLUCION DE PRODUCTO SE REALIZARA DENTRO DE LAS 72 HORAS SIGUIENTES A LA COMPRA *) NO APLICA A CORTES DE CABLES Y/O PRODUCTOS A PEDIDO		<b>TOTAL: S/.</b>	<b>3,381.41</b>

Agradecemos su Preferencia

### Anexo 23: Esquema de conexionado



Item	EQUIPOS	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	CANTIDAD
1	Aerogenerador + Controlador	Tripala	Power Wind	S - 600W	12
2	Panel fotovoltaico	Monocristalino	JA Solar	500W 24V Monocristalino	64
3	Controlador fotovoltaico	MPPT	Controlador de carga solar	SR-MC48100N25	5
4	Bateria	Bateria de ciclo profundo	Tensite	Tensite 6V - 600 Ah	56
5	Inversor	Hibrido	Victron	Energy Quatro 15 kW12	3

"Diagrama de conexión para el sistema híbrido eólico-solar"		
AUTORES :	<b>RUYER.M.H - FRANCO.C.C</b>	LÁMINA:
PROV. :	<b>ILO</b>	ESCALA :
DPTO. :	<b>MOQUEGUA</b>	FECHA :
	<b>JULIO - 2023</b>	<b>PE-1</b>

## Anexo 24: Cotización general para Red secundaria



**SOINEL EIRL**  
SOLUCIONES EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICO

RUC: 20609780496

**COTIZACIÓN N°- 063 - 2023**

**CLIENTE** : MAMANI HUALPA RIVER OMAR  
**DIRECCION** : P.J EL SIGLO CALLE MIRAFLORES LL-04  
**RUC** : 10730821901  
**TELEFONO** : 919013057  
**E-mail** :  
**SERVICIO** : INSTALACION DE SISTEMA DE DISTRIBUCION - RED SECUNDARIA  
**FECHA DE EMISION** : 08/12/2023  
**ELABORADO POR** : J. CADRES - 988027108

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNID.	CANT.	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL SIN IGV
1.00	Suministro e instalacion de red secundaria servicio particular y alumbrado publico en 380/220V	GLB	1.00	988,770.32	S/. 988,770.32

SON: UN MILLON CIENTO SESENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y OCHO CON NOVENTA Y OCHO NUEVOS SOLES

**SUB TOTAL SIN IGV** S/. 988,770.32  
**IGV 18%** S/. 177,518.66  
**TOTAL - PRESUPUESTO** S/. 1,166,289.08

CONDICIONES DE VENTA	
- MONEDA	: Soles
- VALIDEZ DE LA OFERTA	: 10 Dias
- LUGAR DE ENTREGA	: En obra

FORMA DE PAGO	
<input type="checkbox"/>	Valencacion
<input type="checkbox"/>	Contado, Adelantado
<input type="checkbox"/>	Contado, Contra Entrega
<input type="checkbox"/>	Cheque Diferido
<input checked="" type="checkbox"/>	Deposito en cuenta
<input type="checkbox"/>	Credito

**PAGO:**



DEPOSITOS CTA. AHORRO  
TRANSFERENCIA CCI

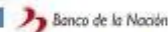
: 54032154709028  
: 002 540 12215470902831



DEPOSITOS CTA. CORRIENTE  
TRANSFERENCIA CCI

: 2611158  
: 009 417 0000261115073

**DETRACCION**



BANCO  
N° DE CUENTA  
CODIGO INTERBANCARIO

: BANCO DE LA NACION  
: 00-151-220365  
: 01015100015122036513

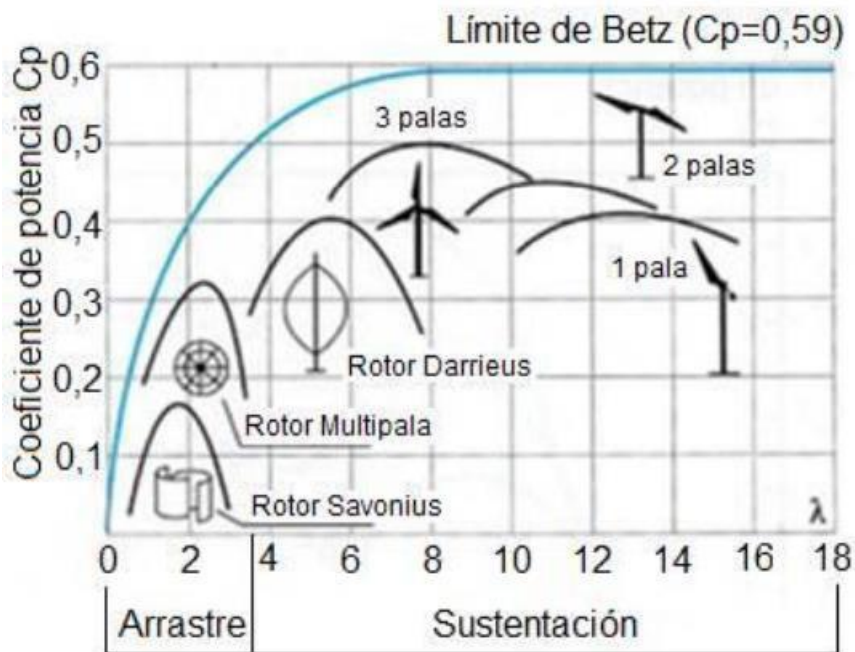
SOLUCIONES EN INGENIERIA ELECTROMECANICA S.R.L.  
 RUC: 20609780496  
  
 José Antonio Cadres Marquez  
 REPRESENTANTE LEGAL



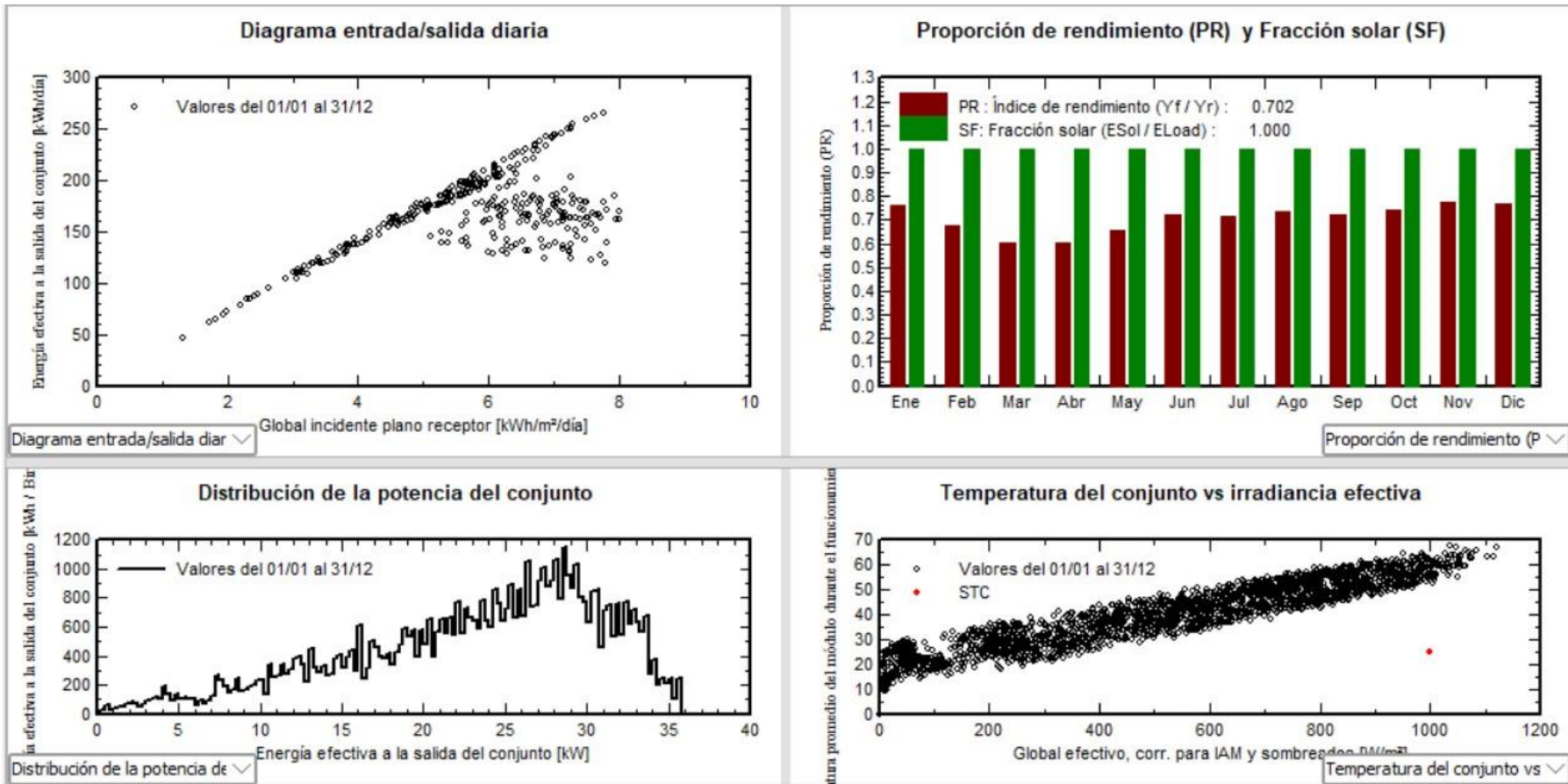
**Anexo 25:** Determinación del factor de simultaneidad en concordancia con norma UNE.

Coeficientes de simultaneidad en la concentración de circuitos principales, según UNE	
N.º de circuitos principales	Coeficientes de simultaneidad $k_s$
2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
6 a 9	0,7
10 a > 10	0,6

**Anexo 26:** Coeficiente de Potencia según Diagrama de Betz



Anexo 26: Resultados PVSYST 7.2



## Anexo 27: Requisitos de concesionaria ElectroSur S.A para nuevo suministro eléctrico.

electosur s.a. <small>Buzón de Sur</small>		REQUISITOS PARA INSTALACION NUEVA	electosur s.a. <small>Buzón de Sur</small>																
1.-	Fotocopia DNI del titular Ficha Registral Actual 2022 y/o Constancia de Posesión de																		
2.-	Municipalidad Provincial/Distrital Actual.(maximo 01 año de antigüedad)																		
3.-	Croquis de Ubicación (01 Juego)																		
4.-	Cuadro de Cargas Trifasico por un Ing. Electricista o Mecanico Electrico. (formato A4 en original)																		
5.-	Para un Medidor Adicional en el mismo predio debera presentar <u>Plano de Independizaci3n de Instalaciones Electricas</u> firmado por un Ing. Electricista o Mecanico Electrico. (formato A4 en original)																		
<p>NOTA: En caso de no estar el titular es procedente la suscripci3n del contrato mediante CARTA PODER LEGALIZADA NOTARIALMENTE.</p> <p><b>COSTOS</b></p> <table border="0"> <tr> <td>a.-</td> <td>Monofasica hasta 3 kw _____</td> <td>s/.383.50</td> </tr> <tr> <td>b.-</td> <td>Monofasica rural hasta 3kw _____</td> <td>s/.441.32</td> </tr> <tr> <td>c.-</td> <td>Trifasica 380/220 hasta 10 kw _____</td> <td>s/.733.95</td> </tr> <tr> <td>d.-</td> <td>Trifasica 220 mayor 10 kw _____</td> <td>s/.766.88</td> </tr> <tr> <td>e.-</td> <td>Reinstalaci3n _____</td> <td>s/.111.06</td> </tr> </table> <p>Medida nicho caja Monofasica: 36x24x12 centimetros Medida nicho caja Trifasico: 48x28x12 centimetros</p> <p>NOTA: MURETE DE CONCRETO VACEADO</p> <p><b>Maxima Duracion del Tramite: 12 Dias Habiles</b></p> <p>VER FIGURA DE INSTALACION MONOFASICA:</p> <p><b>NOTA: La Conexi3n Basica incluye (Caja, Medidor, Conductor, Sistema de Proteccion).</b></p>			a.-	Monofasica hasta 3 kw _____	s/.383.50	b.-	Monofasica rural hasta 3kw _____	s/.441.32	c.-	Trifasica 380/220 hasta 10 kw _____	s/.733.95	d.-	Trifasica 220 mayor 10 kw _____	s/.766.88	e.-	Reinstalaci3n _____	s/.111.06		
a.-	Monofasica hasta 3 kw _____	s/.383.50																	
b.-	Monofasica rural hasta 3kw _____	s/.441.32																	
c.-	Trifasica 380/220 hasta 10 kw _____	s/.733.95																	
d.-	Trifasica 220 mayor 10 kw _____	s/.766.88																	
e.-	Reinstalaci3n _____	s/.111.06																	

**Anexo 28:** Comparación de la irradiancia solar y velocidad del viento obtenidas del software Power Nasa Data Access Viewer con instrumentos de medición reales no validados (piranómetro y anemómetro).





**Anexo 29:** Certificado y ficha de validación de los instrumentos de medición para los indicadores ubicados en la matriz de operacionalización de variables.

**CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**DATOS GENERALES.**

**Apellidos y Nombres de Validador:** CUTIPA QUENAYA, ANGEL DAMIAN

**Cargo e institución:** Dirección Regional de Energía y Minas - Moquegua

**Especialidad del validador:** ING. MECÁNICO ELÉCTRICO Especialista en proyectos de electrificación

**Nombre del instrumento:** Ficha de registro velocidad de viento y densidad de potencia eólica

**Título de la investigación:** Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo

**Autores de los instrumentos:** Cuayla Cordova, Franco Anthony

Mamani Hualpa, Ruyer Omar

**ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico				✓	
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables				✓	
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				✓	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				✓	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia				✓	
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos - científicos				✓	
COHERENCIA	Entre los índices, dimensiones e indicadores				✓	
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico				✓	
PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación				✓	

### PERTINENCIA DE LOS ITEMS

DIMENSION	INDICADOR	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Dimensionamiento eólico	Velocidad del viento (mis)	/		
Dimensionamiento eólico	Densidad de potencia eólica (W/m <sup>2</sup> )	✓		

### PROMEDIO DE VALORACIÓN:

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado: )<

El instrumento puede ser mejorado al ser aplicado.

Moquegua, 15 de setiembre del 2023.



Firma del experto informante

DNI: 40874697

Teléfono: 959012481

## FICHA DE REGISTRO VELOCIDAD DE VIENTO Y DENSIDAD DE POTENCIA

TIPO DE MEDICION		UNA MEDICION DIARIA POR MES	POTENCIA EOLICA	
N°	Mes	Velocidad promedio (m/s)	Velocidad viento Cubica (m <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )	Densidad de potencia(W/m <sup>2</sup> )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

*Nota.* Se realiza la toma X datos en un intervalo por día en base al software POWER NASA.

### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del Instrumento	101 AC 12', <, h T f l D V W X, O A O O C V I E N T O Y i n, : i n I Y " 1 t t. v t /
Oblativo del instrumento	H E O I I Z i. A V f J. I X. I ' O ' 1 O f X V, ( J J T O V. C t 1 f 1 0 I I t ) ( ) ( : A, 7 t t - O i : l
Nombres y apellidos del exnarto	Cu11P4 IQI.ÚJAYA A,IJGEL DAHtAIII
Documento de identidad	0 8 1 l i C. t \ 1
Años de experiencia en el área	IOA o
Máximo Grado Académico	"IN6étJI
Nacionalidad	l'ca.uANO
Institución	OdU: < !. I O N 1 2. é E. I o. i A L e, j : f l, 6 7 {, j l \ y n 1 1 1 1 A ; j - t 1 0 Q > 1", * I
Carao	f s P é C ) 1 1. i T A f N U Q C N < - r o ; ( > ( . E u : C f 7 1. I F 1 C A ( 1. j
Número telefónico	" 1 5 q ó 1 2 1. 4 8 1
Firma	
Fecha	1 5 / 0 1 / ' U ) 2. 3



**CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**DATOS GENERALES.**

**Apellidos y Nombres de Validador:** CUTIPA QUENAYA, ANGEL DAMIAN

Cargo e institución: Dirección Regional de Energía y Minas - Moquegua

**Especialidad del validador:** ING. MECÁNICO ELÉCTRICO Especialista en proyectos de electrificación

Nombre del instrumento: Ficha de registro irradiación solar

**Título de la investigación:** Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo

**Autores de los instrumentos:** Cuayla Cordova, Franco Anthony

Mamani Hualpa, Ruyer Ornar

**ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje claro y preciso				✓	
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables				✓	
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				✓	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para mejorar aspectos de la estrategia					
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos científicos					
COHERENCIA	Entre los índices, dimensiones e indicadores				✓	
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					
PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación				✓	

**PERTINENCIA DE LOS ITEMS**

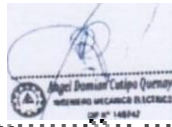
DIMENSION	INDICADOR	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Dimensionamiento fotovoltaico	Irradiación Solar (kWh/m <sup>2</sup> /día)	V		

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

El instrumento puede ser aplicado, tal como fue elaborado: X

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado:

**Moche, 15 de setiembre del 2023.**



.....  
Firma del experto informante

**DNI: 40874697**

**Teléfono: 959012481**

## FICHA DE REGISTRO IRRADIACIÓN SOLAR.

Tipo de medición		Irradiación solar
N°	Meses	Irradiación solar (kWh/m <sup>2</sup> /día)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		

*Nota.* Se realiza la toma X datos en un intervalo por día en base al software POWER NASA.

**FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO**

Nombre del instrumento	Ficha de registro irradiación solar
Objetivo del instrumento	Medir la Irradiación Solar por día
Nombres y apellidos del experto	CUTIPA QUENAYA ANGEL DAMIAN
Documento de identidad	40874697
Años de experiencia en el área	AD /Jñor
Máximo Grado Académico	
Nacionalidad	
Institución	
Cargo	
Número telefónico	
Firma	
Fecha	0





CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

**DATOS GENERALES.**

**Apellidos y Nombres de Validador:** CUTIPA QUENAYA, ANGEL DAMIAN

**Cargo e institución:** Dirección Regional de Energía y Minas - Moquegua

**Especialidad del validador:** ING. MECÁNICO ELÉCTRICO Especialista en proyectos de electrificación

**Nombre del instrumento:** Ficha de registro consumo de energía eléctrica mensual

**Título de la investigación:** Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo

**Autores de los instrumentos:** Cuayla Cordova, Franco Anthony

Mamani Hualpa, Ruyer Ornar

**ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico				✓	
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				✓	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				✓	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia				✓	
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos - científicos				✓	
COHERENCIA	Entre los índices, dimensiones e indicadores				✓	
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				✓	
PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación				✓	

**PERTINENCIA DE LOS ITEMS**

DIMENSION	INDICADOR	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Consumo Eléctrico	Consumo de energía eléctrica mensual (kWh)	y		

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado: X

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado:

**Moquegua, 15 de setiembre del 2023.**



**Firma del experto informante**

**DNI:40874697**

**Teléfono :959012481**

### FICHA DE REGISTRO CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL

Descripción	Cantidad (Uds.)	Potencia (W)	Horas día (h)	Potencia total (W)	Consumo eléctrico diario (kWh)	Consumo eléctrico mensual (kWh)
Ítem 1						
Ítem 2						
Ítem 3						
Ítem 4						
Ítem 5						
Ítem 6						
Ítem 7						
Ítem 8						
Ítem 9						
Item10						
Consumo eléctrico 1 vivienda (kWh)						

*Nota.* Los ítems se reemplazan según los equipos que consume energía eléctrica.

### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	FICHA DE JUICIO DE EXPERTO ( ; uno r. l. IA ) < E: TI 21 ( A / f. . . , S. j ,
Objeto del Instrumento	H( 01'2 e, N. C. j. . n & ( «. lúllO IXJd'11., t> r, F<1nh'. A = °. . . .
Nombres y apellidos del 8YnAr10	cv-r, PA Qu(AlAy, Q A , C. j. . O' I M1AN
Documento de Identidad	'109::j'4 (, q ::j
Años de experiencia en el <b>area</b>	o Año'>
Máximo Grado Académico	I. N(, (NI E. /1, )
Nacionalidad	P[D., JANO
Institución	OI/b.r, lft,io., IA{. IIC. OJCr. ó>A v n... , At. r,
Carao	O i: f<, , , , , , n1 EAJ Pto. NO c., u., , , if ic<Y, oIU
Número telefónico	'1>"I 0 1 24 81
Firma	
Fecha	5 / 01 / 202-i


**Angel Damian Cutipa Quenaya**  
 INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO  
 CIP N° 148742

**CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**DATOS GENERALES.**

Apellidos y Nombres de Validador: CUTIPA QUENAYA, ANGEL DAMIAN

Cargo e institución: Dirección Regional de Energía y Minas - Moquegua

**Especialidad del validador:** ING. MECÁNICO ELÉCTRICO Especialista en proyectos de electrificación

**Nombre del instrumento:** Ficha de registro demanda eléctrica diaria

**Título de la investigación:** Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para mejorar el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo

**Autores de los instrumentos:** Cuayla Cordova, Franco Anthony

Mamani Hualpa, Ruyer Ornar

**ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 81-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico					
OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables					
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia					
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos - científicos					
COHERENCIA	Entre los índices, dimensiones e indicadores					
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio					
PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación					

**PERTINENCIA DE LOS ITEMS**

DIMENSION	INDICADOR	Suficiente	Med ianamente suficiente	Ins uficiente
Demanda eléctrica	Demanda eléctrica diaria (kW)	y		

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado: )<.

El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado:

Moquegua, 15 de setiembre del 2023.



Firma del experto informante

DNI:40874697

Teléfono: 959012481

### FICHA DE REGISTRO DEMANDA ELÉCTRICA DIARIA

Carga	Cantidad (Uds.)	Potencia eléctrica (W)	Potencia Eléctrica Total (W)	Factor de demanda	Potencia Eléctrica Instalada (kW)
Ítem 1					
Ítem 2					
Ítem 3					
Ítem 4					
Ítem 5					
Ítem 6					
Ítem 7					
Ítem 8					
Ítem 9					
Item10					
Máxima demanda 01 vivienda (kW)					

*Nota.* Los ítems se reemplazan según los equipos que consume energía eléctrica.

### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	r IC.MA OE ISTI'W OEI-IAnt>A (Hüli1C.A D111túA
Objetivo del instrumento	MC01t> ELNJI! It"IA ©1AIJ0A CLE.cn21m njlV'lio
Nombres y apellidos del <b>experto</b>	C.'11"í0A (2,u[NqyA AfJGf:L 0/IM,AN
Documento de identidad	1./vIH4C.'11
Años de experiencia en el área	f0 AÑOS°
<b>Maximo</b> Grado Académico	:ΓΠG(L...:r.?ü
Nacionalidad	POLANO
Institución	014.lcc,;,:;. IU"<,1rNAL a: r,-,r(lf,in V M •N A, r'!CIElu
Carao	F PC<•AW5f/l CN Pflty.,<:CTr\$ Df. 6i.&::m1r,ÚK.10lÚ
Número telefónico	5qo,2."1/31
Firma	
Fecha	IS/ oq / :Z023

