



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**TESIS**

**DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO -  
SOLAR PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA  
A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE  
ETEN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autor**

**Bach. Cumpa Carvalho Luis Paul**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3280-0267>**

**Asesor**

**Dra. Gastiaburú Morales Silvia Yvone**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7657-819X>**

**Línea de Investigación**

**Infraestructura, tecnología y medio ambiente**

**Pimentel – Perú**

**Año 2024**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO - SOLAR PARA SUMINISTRAR  
ENERGIA ELECTRICA A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE  
ETEN”**

**Aprobación del jurado**

---

**Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS**  
**Presidente jurado de tesis**

---

**MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO**  
**Secretario del jurado de tesis**

---

**Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE**  
**Vocal del jurado de tesis**


## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) **egresado (s)** del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

### **DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO - SOLAR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE ETEN**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman

Cumpa Carvallo Luis Paul	DNI: 767671762	<p>Firma</p> 
--------------------------	-------------------	--

Pimentel, 25 de abril de 2024

## **Dedicatoria**

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

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

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

## **Agradecimientos**

“En primer lugar, les agradezco Dios y a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos”.

## Índice

<b>Dedicatoria</b> .....	4
<b>Agradecimientos</b> .....	5
<b>Resumen</b> .....	10
<b>Abstract</b> .....	11
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	26
1.3. Hipótesis.....	26
1.4. Objetivos. ....	27
1.5. Teorías relacionadas del tema.....	27
<b>II. MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	58
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	58
2.2. Población de estudio muestra muestreo y criterios de selección.....	61
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. .	61
2.4. Procedimientos de análisis de datos.....	62
2.5. Criterios éticos.....	63
<b>III. RESULTADOS y DISCUSION</b> .....	64
3.1. Resultados .....	64
3.2. Discusión.....	96
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	98
4.1. Conclusiones .....	98
4.2. Recomendaciones.....	99
<b>REFERENCIAS</b> .....	100
<b>ANEXOS</b> .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Piranómetro.....</b>	<b>29</b>
29	
<b>Figura 2. Solari metro.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3. Sistema Aislado .....</b>	<b>30</b>
31	
<b>Figura 5. Conexión en Paralelo .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 6. Conexión en Serie y Paralelo.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 7. Funcionamiento de un Módulo Fotovoltaico.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 8. Funcionamiento de un Módulo Fotovoltaico.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9. Instrumento Anemómetro.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 10. Aerogenerador eje Vertical.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 11. Aerogenerador eje Horizontal.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 12. Partes de un Aerogenerador.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 13. Sistema Híbrido de Generación .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 14. Demanda, CNE-Utilización.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 15. Ángulo solar horizontal .....</b>	<b>47</b>
Figura 14. Ubicación.....	64
Figura 15. Datos Radiación Atlas Banco Mundial .....	65

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Esquema de elementos que componen el sistema híbrido .....	40
Gráfico 1. Diseño de investigación.....	58
Gráfico 2. Procedimiento de análisis de datos.....	62
Gráfico 3. Gráfico de Irradiación Solar .....	66
Gráfico 4. Velocidad de viento Vs Frecuencia Relativa Acumulada.....	72
Gráfico 5. Proyección lineal .....	73
Gráfico 6. Gráfico de Distribución de Weibull .....	74
Gráfico 7. Conexión .....	78
Gráfico 8. Elevación del sol respecto a la Horizontal.....	80
Gráfico 9. Altura Obstáculo.....	82
Gráfico 10. Voltaje Corriente Aerogeneradores .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Promedio de Inclinación Paneles .....	33
TABLA 2.	Listado de equipos en vivienda unifamiliar básica.....	41
TABLA 3.	Radiación en día promedio de cada mes del 2021 .....	65
TABLA 4.	Tabla de radiación mensual .....	67
TABLA 5.	Velocidad de viento entre los meses abril 2021 hasta la fecha en millas por hora (mph).....	69
TABLA 6.	Velocidad de viento en m/s a una altura de 33 msnm en aeropuerto José Quiñones, Chiclayo.....	70
TABLA 7.	Variaciones de frecuencias de la Velocidad de viento entre Abril 2021 a abril 2022, en m/s a una altura de 33 msnm. ....	70
TABLA 8.	Variación de la velocidad de viento con la Frecuencia Relativa Acumulada	71
TABLA 9.	Variables de regresión lineal.....	72
TABLA 10.	Potencia Consumida .....	75
TABLA 11.	Total, Potencia .....	76
TABLA 12.	Datos Módulo Seleccionado.....	78
TABLA 13.	Sombras de obstáculos.....	83
TABLA 14.	Aerogeneradores .....	84
TABLA 15.	Cálculo número de aerogeneradores .....	84
TABLA 16.	Corriente en Aerogeneradores.....	85
TABLA 17.	Horas de incidencia diaria.....	86
TABLA 18.	Energía diaria del aerogenerador seleccionado.....	87
TABLA 19.	Resumen cálculo de paneles solares.....	90
TABLA 20.	Resumen aerogeneradores.....	91
TABLA 21.	Resumen otros equipos .....	91
TABLA 22.	Sección mínima de conductor entre equipos.....	91
TABLA 23.	Costos de los equipos.....	92
TABLA 24.	Costos de Instalación .....	92
TABLA 25.	Costo de Transporte de Equipos .....	92
TABLA 26.	Total, costo de Inversión.....	93
TABLA 27.	Mantenimiento mensual sistema híbrido.....	93
TABLA 28.	Costo total del sistema en 12 años.....	94
TABLA 29.	Energía generada en 12 años.....	94
TABLA 30.	Costo del KW hora .....	94



TABLA 31.	Ahorro Mensual.....	94
TABLA 1.	Egresos e Ingresos .....	95
TABLA 2.	VAN y TIR .....	95

## Resumen

Este trabajo consiste en el diseño de un sistema eólico solar fotovoltaico para una vivienda alejada de la red de distribución de la concesión eléctrica. Se obtiene la data histórica de radiación solar y velocidad de viento de bases de datos reconocidas por su fiabilidad a nivel internacional, mediante cálculos, análisis estadísticos y consideraciones de diseño se obtiene el valor del potencial energético eólico y solar. En la parte del diseño se consideró una potencia instalada promedio de cuatro mil Watts y un consumo aproximado a diez mil Watts hora por día, para lo cual resultó que se requiere cinco paneles solares de trescientos setenta y cinco Watts y un aerogenerador de dos mil Watts en potencia nominal, finalmente se desarrolló la evaluación económica donde se calculó el costo del Kilo Watt hora considerando la instalación y los gastos en un periodo de doce años, y para los índices del valor actual neto y tasa interna de retorno se consideró los ingresos y egresos en diez años de acuerdo al costo de kilo Watt hora calculado.

**Palabras clave:** Energía, Renovable, solar, fotovoltaica, paneles, eólica, aerogenerador, batería, controlador, inversor, potencia.

## **Abstract**

This work consists of the design of a solar photovoltaic wind system for a house far from the distribution network of the electricity concession. The historical data of solar radiation and wind speed is obtained from databases recognized for their reliability at an international level, through calculations, statistical analysis and design consideration, the value of the wind and solar energy potential is obtained. In the design part, an average installed power of four thousand Watts and an approximate consumption of ten thousand Watts hour per day were found, for which it turned out that five solar panels of four hundred and fifty Watts and a wind turbine of two thousand Watts in power are required. Finally, the economic evaluation was presented where the cost of the Kilo Watt hour was calculated considering the installation and the expenses in a period of twelve years, and for the indices of the net real value and internal rate of return, the income and expenses were estimated in years according to the cost per kilo Watt hour calculated.

**Keywords:** Energy, Renewable, solar, photovoltaic, panels, wind, wind turbine, battery, controller, inverter, power.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

A nivel mundial la situación de la energía es complicada, en un aspecto, la potencia energética demandada aumenta a pasos agigantados, y en otro aspecto, las fuentes de generación eléctrica de la actualidad dependen de recursos que se conoce se están acabando, se está llegando a los límites, además que involucran extremos daños al medio ambiente, destruyendo el planeta.

Se conoce que nuestra fuente de abastecimiento de energía eléctrica mayoritariamente es por combustible fósil, un treinta por ciento corresponde a petróleo, el veintisiete por ciento a carbón y el veinte por ciento es gas, los cuales emiten grandes cantidades de dióxido de carbono, es por ello que, el sector energía plantea los retos de implementar un sistema asequible, confiable y sostenible.

En los últimos días, el gas natural adquiere mayor utilización en el sector industrial, hasta se pronostica que dentro de unos años le ganará al carbón, tomando el puesto número dos en la generación eléctrica. Se dice que la industria automovilística muy pronto dejará de depender del sector petrolero, proyectándose que será sustituido por el gas e incluso por formas de uso eléctrico directamente.

El mercado del petróleo en la actualidad tiene proyección muy incierta, los planes de trabajo con este combustible se van reduciendo, se nota que cada hay menor inversión. [1]

Las fuentes de energía más fomentadas por la globalización son el petróleo y las afluentes hídricas. De ahí que en la lista de los problemas de generación eléctrica está la constante subida de precios de combustible, la dependencia de sistemas hidroeléctricos, y el aumento desenfrenado de la demanda eléctrica; así pues, se considera lo importante que es encontrar formas de generación eléctrica con sostenibilidad a largo plazo y permitan el cuidado ambiental.

[2] En el texto Visiones de las regiones rusas en el marco de las tendencias globales, hacen un análisis de la forma de desarrollarse las opciones energéticas del planeta, con la propuesta del uso de recursos renovables. Se determinó el nivel energético en Rusia con cada factor determinante, el fin de desarrollar su sector eléctrico es dar accesibilidad a la gran reserva de mineral energético y los recursos renovables. Un logro importante es que se demostró perspectivas y condiciones favorables respecto a la generación de energía con otras formas de fuente por parte de las regiones del país.

[3] Reporta los valores porcentuales de fuentes de energía eléctrica, combustible fósil 69 %, fuente nuclear 18 %, hidroeléctrica 6 %, y energía con recursos renovables 6 %, observamos que el combustible fósil es el recurso empleado en mayor cantidad actualmente, ahora también se hace mención de cuanto viene afectando el empleo de esta clase de generadores de energía eléctrica, ya que los datos afirman se supera el 50 % de todas las emisiones contaminantes del planeta.

[4] Reporta que un once por ciento no tiene energía eléctrica de entre todo el mundo, siendo el África del Sahara una de las zonas más afectadas; se ha estimado que incluso cumpliendo con todos los proyectos de electrificación pues se tendrá un promedio de 650000 de habitantes que aún no contarán con energía eléctrica al año 2030, de acuerdo al informe realizado en cooperación entre la “Agencia Internacional de la Energía (AIE)”, la “Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)”, el “Banco Mundial (BM)”, la “Organización Mundial de la Salud (OMS)” y la “División Estadística de Naciones Unidas (UNSD)”. Se conoce que las cifras de población sin energía eléctrica se reducen muy lentamente, 200 millones de personas más se beneficiaron entre el 2010 al 2016, y 150 millones hasta el 2019.

El BNEF ha hecho seguimiento de la generación eléctrica de veinticinco de los mercados más grandes del planeta, basados en estos datos concluyen que el uso del carbón será nulo dentro de un plazo corto y con ello aseguran una disminución de las emisiones de dióxido de carbono. Los estados de emergencia dispuestos por los gobiernos

para afrontar al COVID 19 han logrado una reducción de la energía demandada en por lo menos el 80% de los países analizados. [5]

En el país vecino de Ecuador, Borbor, W. (2021) menciona la importancia de proyectos para generar energía eléctrica aislada de la red debido a que las casas y familias que viven lejos de alguna empresa comercializadora de energía puede acceder al servicio independientemente y así elevar su estándar de vida.

El acceso a la electricidad es limitado para el 10% de la población en Perú, siendo la gran mayoría los lugares rurales y alejados. Si hablamos de regiones, resulta un ambiente muy desventajoso ya que va en incremento la potencia eléctrica demandada, cada día hay más gente que solicita suministro de energía eléctrica. A partir del año 2014 se ha implementado unos proyectos que consisten en electrificar las zonas rurales por medio de la dirección general de electricidad, del ministerio del ambiente y del ministerio de energía y minas, en coordinación con las municipalidades y otras entidades del sector estatal y empresarial; uno de los proyectos de los más recientes viene desarrollándose desde el 2015 hasta el 2024, busca elevar el nivel del sociabilidad entre los habitantes de la zona rural llevando energía eléctrica a los hogares. Se plantea que mientras se hace la instalación, se establezca una En mesa de diálogo con los pobladores y debatir sobre los avances de la obra, reconocer la aprobación o descontento, y compartir experiencias entre el gobierno con la población para así tomar decisiones congruentes a las necesidades. [6]

En el distrito de ciudad Eten se encuentra ubicado el domicilio que se está considerando para este trabajo, el cual se encuentra fuera del ámbito de la concesionaria eléctrica, por ello surge la necesidad de plantear alguna forma de abastecer con energía eléctrica a la vivienda, una de las formas ha venido siendo el uso de un grupo electrógeno a base de combustible hidrocarburo, sin embargo conociendo las limitaciones en costos, cargas de combustible y los y daños que genera este método es que se propone otra forma, reconociendo el potencial de radiación solar y el inmenso viento que tiene la zona entonces se ha optado por diseñar un sistema que aproveche estos recursos.

En un caserío lambayecano, San Pablo, a pesar de no estar muy alejado de la ciudad registraron datos de que la electricidad es muy baja. Muchos de los pobladores usan para su iluminación y energía eléctrica los métodos antiguos, el uso de velas, mecheros y otros ya con más acceso económico tienen sus grupos electrógenos. Pero se sabe que, esos métodos aparte de que son complicados en su constante compra de insumos, pues también generan residuos tóxicos dañinos para el medio ambiente. Se tiene conocimiento que el “Plan Nacional de Energías Renovables” viene implementando técnicas y programas para el desarrollo de energía con recurso renovable, mejorando así las vidas de la población peruana (De acuerdo al Ar. 11°DLEG2008). El fin principal consiste en reducir el uso de fuentes tradicionales, buscando eliminar la contaminación del medio ambiente, entre ellos se encuentran proyectos de producción de energía eléctrica. por el sol, por el viento, por las mareas del mar y las combinaciones de estos que son conocidos como híbridos. Para abastecer con suministro energético al caserío San Pablo se está implementando una central híbrida solar fotovoltaica – eólica. [7]

La municipalidad distrital de “Mórrope” en la región Lambayeque, cuenta con el centro poblado “Chochor” el cual registra 15 casas y un local comunal, y no se tiene más programas del estado debido que a la zona no cuenta con un sistema interconectado de energía eléctrica, esto involucra que un estancamiento social, se limita el acceso a la salud, las telecomunicaciones, actividades educativas, otros. El gobierno como forma de apoyo considera implementar un sistema de energía no convencional: biomasas, solares, y mareomotriz (De acuerdo al Art. 3 DLEG2008) los cuales cumplirán un valor importante para el bienestar venidero, ya que se plantea asegurar la calidad de vida de los pobladores y el cuidado de todo lo que nos rodea (De acuerdo al Artículo N°11 DLEG10022008). [8]

[9] A nivel internacional la " "Análisis de las capacidades de Energía Solar y Eólica para la implementación de iniciativas sostenibles en comunidades indígenas en La Guajira, Colombia" conlleva un análisis de los desafíos actuales en la sostenibilidad energética de

estas comunidades y la manera en que se pueden desarrollar diversos proyectos basados en energías limpias para satisfacer las necesidades del centro poblado.

El análisis se estructuró en dos etapas. La primera consistió en encuestas realizadas en el centro poblado para detectar las principales necesidades de la comunidad. En la segunda fase, se recopilaron datos sobre el potencial energético local con el fin de desarrollar soluciones apropiadas para atender las necesidades de la población.

Los hallazgos de la investigación evidenciaron un marcado entusiasmo por parte de la comunidad hacia la implementación de diversos proyectos que satisfagan sus necesidades. Se detectaron varios desafíos para promover la sostenibilidad y la competitividad de las comunidades indígenas locales mediante iniciativas sustentables.

La creación de potenciales proyectos se fundamenta en las necesidades presentes de cada comunidad y busca cubrir esas necesidades de manera eficiente y sostenible. Estos proyectos pueden estar enfocados en la instalación de mecanismos de energía solar y eólica, que aprovechan los recursos naturales disponibles en la región.

La descripción de las posibilidades de energía solar y eólica en esta situación busca fomentar un progreso energético sostenible en las comunidades indígenas de La Guajira, fomentando el empleo de energías limpias y renovables. Esta acción ayudará a elevar el bienestar de las comunidades, disminuir la dependencia de combustibles fósiles y contrarrestar los efectos ambientales perjudiciales ligados a su empleo.

[10], En el estudio llevado a cabo en la Universidad Ártica de Noruega, se investigó un caso específico que se enfocó en un sistema de energía híbrida a gran escala que integra la energía solar y eólica en la Fakken Wind Farm, en Troms. El objetivo principal era examinar y valorar el avance de la energía renovable procedente de la energía solar fotovoltaica y la eólica en comparación con la utilización de combustibles fósiles para la producción de electricidad.

En la investigación, se analizaron informes provenientes de instituciones gubernamentales y no gubernamentales acerca del consumo global de energía,



considerando tanto la electricidad producida a partir de combustibles fósiles como de fuentes renovables. Estos informes se basaron en la problemática del cambio climático y las políticas diseñadas para hacerle frente. Los resultados del análisis de costos demostraron que las instalaciones solares y eólicas en zonas con variaciones significativas en la velocidad del viento y la radiación solar son económicamente viables, ya que no emiten CO<sub>2</sub> y son respetuosas con el medio ambiente. Además, se destacó su bajo requerimiento de mantenimiento en comparación con otras formas de generación de energía.

Estos hallazgos respaldan la viabilidad económica y ambiental de la energía solar y eólica como alternativas a el uso de energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles. La introducción de instalaciones solares y eólicas en zonas favorables puede ayudar a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar el cambio hacia fuentes de energía más ecológicas y duraderas.

[11] El documento de la investigación titulado "Estudio de Caso de un Sistema Híbrido de Energía Solar y Eólica a Gran Escala en la Granja Eólica Fakken, Troms" se enfoca en examinar la factibilidad de un sistema combinado a gran escala en la granja Fakken, Troms. Este sistema híbrido fusiona la energía solar y eólica, con una capacidad de generación eólica de 54 megavatios (MW).

El estudio utiliza el software HOMER para simular y realizar análisis sobre la interacción entre los recursos solares y eólicos en la ubicación. El objetivo principal de esta investigación es optimizar la utilización de la red eléctrica en la zona, aprovechando al máximo los recursos eólicos disponibles durante la mayor parte del año. Esto es especialmente relevante debido a la variabilidad de los recursos de energía eólica en la región de Fakken, que se ve influenciada por las bajas temperaturas en ciertas épocas del año.

La utilización de un sistema mixto de energía solar y eólica permite aprovechar las fortalezas de ambos recursos y minimizar las limitaciones. La energía solar puede ser más

abundante durante los meses más soleados, mientras que la energía eólica puede ser más constante en otras épocas del año. Al combinar ambas fuentes de energía, se busca optimizar la producción de energía y mejorar la eficacia del sistema.

En síntesis, el propósito de este trabajo es examinar la factibilidad de un sistema híbrido de energía solar y eólica en el parque Fakken, Troms, y emplear el software HOMER para simular y conseguir análisis sobre la Relación entre los recursos de energía solar y eólica en la zona.

La implementación de este sistema híbrido tiene como objetivo mejorar la utilización de la red eléctrica y aprovechar al máximo los recursos energéticos disponibles en la zona. [11].

Este estudio analiza cómo se transfiere la energía entre sistemas híbridos de energía renovable y la red eléctrica, con el objetivo de satisfacer demandas específicas de potencia. Se examina minuciosamente el suministro de energía para dos tipos de demanda: una vivienda y un pequeño negocio o industria, utilizando sistemas renovables de pequeña escala ubicados cerca del usuario y conectados a la red eléctrica. Se han desarrollado modelos y simulaciones para todos los sistemas implicados: los recursos naturales de energía solar y eólica, así como los sistemas de paneles solares y turbinas eólicas de pequeña escala, junto con las demandas, considerando aspectos no tratados previamente en la literatura.

En resumen, se ha creado una plataforma de simulación integral que permite analizar la optimización de los recursos y su interacción con la red eléctrica en diversas configuraciones, basándose en la relación entre las demandas y los recursos renovables. Esta plataforma también facilita la evaluación del dimensionamiento de los recursos. Los criterios utilizados, en la evaluación se consideran la transmisión de energía a la red eléctrica, la contribución de la demanda (compra-venta), así como los costos y las pérdidas involucradas. [12]

[13] El propósito del estudio es diseñar y establecer un sistema integrado de energía eólica y solar para proveer electricidad a la Institución Educativa Luis Carlos Galán en Colombia.

Este sistema aprovecha la energía proveniente del sol y del viento para producir electricidad y abastecer las redes de suministro de la institución.

La introducción de energía eólica y solar se considera como una medida para enfrentar los desafíos relacionados con la sobrecarga del sistema convencional de la red eléctrica. El sistema combinado asegura un suministro de energía de respaldo, lo que asegura el rendimiento óptimo de las instalaciones de la institución educativa, facilita las actividades educativas de los estudiantes, mejora las condiciones de trabajo y contribuye al rendimiento escolar.

La propuesta de diseño tiene como objetivo aprovechar, complementar y optimizar al máximo el potencial de estas fuentes de energía sostenible con el fin de disminuir la contaminación ambiental. El enfoque híbrido permite utilizar a la energía solar o como la eólica, lo que resulta beneficiosa en zonas que presentan intermitencias en la disponibilidad de recursos naturales. Esto contribuye a elevar el bienestar de la población al ofrecer un suministro de energía más estable y respetuoso con el medio ambiente, al mismo tiempo que impulsa el progreso económico y social en el área.

En resumen, la propuesta de diseño de un sistema combinado de energía eólica y solar para la Institución Educativa Luis Carlos Galán en Colombia tiene como objetivo garantizar un suministro de energía eléctrica confiable, respaldando el funcionamiento de las instalaciones educativas y mejorando la calidad de vida de la comunidad. Al mismo tiempo, se busca reducir la contaminación ambiental al aprovechar fuentes de energía renovable. Esta aplicación de energía híbrida tiene un potencial significativo para generar bienestar, desarrollo económico y social en la zona. [13]

[14] En el artículo titulado "Alternativa de energía eólica y solar: Estudio de la Región Sur de Brasil entre 2006 y 2014", se realizó un estudio exhaustivo para determinar la cantidad de parques eólicos y fotovoltaicos instalados en la región sur del país, analizando la predominancia de cada tipo de instalación en cada estado en relación con el aumento en el suministro de energía. Los resultados señalaron que, a pesar del crecimiento

constante año tras año de fuentes de energía sostenible como la eólica y la solar, la energía no convencional, como la hidroeléctrica, sigue siendo la más predominante en comparación con otras formas de generación eléctrica en la región estudiada. Se concluye que, aunque las energías renovables son inagotables y respetuosas con el medio ambiente, su disponibilidad se ve limitada por factores como las condiciones geográficas, el clima y la tecnología”.

[15] En el ámbito nacional se plantea “la creación de un sistema eléctrico híbrido para una casa habitación, empleando paneles solares desconectados de la red eléctrica convencional, como una medida para aprovechar de forma sostenible la energía solar. Esta propuesta surge ante el aumento global en la demanda de electricidad y la urgencia de reducir las emisiones de dióxido de carbono asociadas a la utilización de combustibles fósiles.

El sistema híbrido sugerido integra la producción de energía solar mediante paneles fotovoltaicos con un sistema de control que facilita la administración y medición de la energía suministrada a la casa habitación. La energía generada a partir de la radiación solar se considera una opción favorable debido a su carácter natural y limpio, presente en todas las regiones del planeta.

La fundamentación teórica de este proyecto se apoya en la urgencia de reconsiderar nuestro estilo de vida y explorar opciones sostenibles para el uso de energía eléctrica. El aumento constante de la demanda energética plantea interrogantes sobre la viabilidad de continuar dependiendo de fuentes no renovables y altamente contaminantes. El uso de energía solar como fuente renovable ofrece una solución viable y sostenible a largo plazo.

En síntesis, el planteamiento de un sistema eléctrico híbrido para un hogar, empleando paneles solares desconectados de la red eléctrica convencional, se justifica desde una perspectiva teórica, social y práctica. Esta iniciativa busca hacer frente al

aumento en la demanda de electricidad, disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> y aprovechar la energía solar como una fuente natural y ecológica.

[16] La tesis titulada "Diseño de un sistema de generación solar-eólica para ser aplicado en electrificación rural en el distrito de Anduaga" tiene como meta proveer de energía eléctrica a una zona rural específica, en este caso, el distrito de Anduaga. La propuesta consiste en la construcción de una central híbrida que utilice tanto la energía solar como la energía eólica para transformarlas en energía fotovoltaica y eólica, respectivamente, con el fin de cubrir las necesidades. El enfoque de esta tesis es proporcionar una solución energética sostenible y eficiente para la electrificación rural en el distrito de Anduaga. Al combinar la energía solar y eólica, se aprovecha el potencial de dos fuentes renovables y se busca reducir la relación con combustibles fósiles y la liberación de gases de efecto invernadero.

En resumen, la tesis propone el diseño de una central híbrida solar-eólica para la electrificación rural en el distrito de Anduaga. Se realiza un análisis del potencial energético solar y eólico en la región, se seleccionan los equipos adecuados y se elabora un presupuesto aproximado para la construcción de la central. El objetivo final es proporcionar una solución energética sostenible y eficiente para satisfacer los requerimientos energéticos de la población rural..

[17] La tesis titulada "Diseño de sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío Choruro en Huambos, departamento de Cajamarca" el propósito es desarrollar e implementar un sistema combinado de energía eólica y solar para suministrar electricidad a la aldea Choruro en Huambos, Cajamarca. Esta iniciativa tiene como objetivo abordar la carencia de acceso a la electricidad por parte de los habitantes de esta comunidad, empleando fuentes de energía renovable, en particular la energía eólica y solar.

La demanda promedio diaria proyectada para el caserío Choruro es de 31,206 kWh/día, con una demanda máxima de 9,546 W. Se realizaron estudios utilizando fuentes

como el SENAMHI (Atlas 2003), el software METEORNOM y datos de la NASA para determinar la radiación solar promedio en la zona. Se demostró un índice de 4,61 kWh/m<sup>2</sup>/día utilizado en el diseño del sistema fotovoltaico, seleccionando el valor más conservador.

Respecto a la velocidad del viento, se recopilaron datos de estaciones meteorológicas convencionales ubicadas en Huambos y Chota. Basándose en esta información, el sistema híbrido eólico fotovoltaico estará compuesto por 30 paneles solares de 300 Wp de la marca YINKO, 16 baterías de acumuladores de 503 Ah de la marca ROLLS, 3 reguladores de carga de 150/60 de la marca VICTRON ENERGY, 2 inversores de 48/6000-230 V de la marca MUST SOLAR, un aerogenerador ENAIR de 5 kW con su controlador, junto con dispositivos de protección.

El precio del sistema fotovoltaico independiente se calcula en S/ 377,072.91. Esta cifra engloba tanto los dispositivos previamente mencionados como los costos relacionados con la instalación y la puesta en funcionamiento del sistema.

La tesis busca implementar una solución sostenible y eficiente para electrificar el caserío Choruro, aprovechando las energías renovables disponibles en la zona. El sistema híbrido eólico fotovoltaico permitirá cubrir la demanda energética de la comunidad, mejorando la calidad de vida de los pobladores y reduciendo la dependencia de fuentes de energía convencionales y contaminantes.

En resumen, la tesis propone el diseño y aplicación de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío Choruro en Huambos, Cajamarca. Se consideran la demanda energética del lugar y los datos de radiación solar y velocidad del viento para dimensionar el sistema. Se detallan los equipos necesarios y se estima el costo del sistema fotovoltaico aislado. El objetivo principal es proporcionar una solución energética sostenible y mejorar la calidad de vida de los pobladores de la comunidad.

[18] A nivel Local en la investigación sobre el diseño de un sistema eléctrico que combina energía solar y eólica para proveer electricidad al caserío Lanchemocho en el

departamento de Lambayeque, se propone diseñar un sistema híbrido que combine energía eólica y solar.

El estudio se basa en fuentes confiables de datos, como el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), para obtener información precisa sobre la zona donde se llevará a cabo la investigación. Estos datos son fundamentales para comprender las condiciones climáticas y los recursos eólicos y solares disponibles en la zona.

Para el diseño y la simulación del sistema, se utilizaron software especializados como SOLARIUS PLUS y METEONORM. Estas herramientas permiten realizar análisis detallados y simulaciones para calcular la capacidad necesaria de los paneles solares y los aerogeneradores, así como para evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema en diferentes escenarios.

El objetivo principal de este estudio es dimensionar un sistema eléctrico híbrido que pueda satisfacer las necesidades de electrificación del caserío Lanchemocho. Al combinar la energía solar y eólica, se busca aprovechar al máximo los recursos naturales presentes en la zona y garantizar un suministro eléctrico confiable y sostenible.

En resumen, el estudio se centra en dimensionar un sistema eléctrico híbrido que integra energía solar y eólica para proporcionar electricidad al caserío Lanchemocho en el departamento de Lambayeque. Se utilizan fuentes confiables de datos y software de simulación especializado para realizar el diseño del sistema y evaluar su rendimiento. El objetivo final es proporcionar una solución energética sostenible y confiable para la comunidad local.

[8] En la tesis sobre el dimensionamiento de un sistema eléctrico híbrido con energía solar y eólica para electrificar el caserío Chochor, en el distrito de Morrope, departamento de Lambayeque, el objetivo principal es proponer un diseño adecuado que combine estas

dos fuentes de energía para cubrir las necesidades energéticas de la comunidad. Debido a la falta de acceso a la electricidad en el caserío Chochor, las energías renovables se consideran la solución más viable para este desafío.

Para el estudio, se recopilaron datos sobre el recurso solar de tres fuentes diferentes. Según el SENAMHI, se obtuvo un valor de 4,75 kWh/m<sup>2</sup>/día, mientras que el software SOLARIUS PLUS arrojó un valor de 4,72 kWh/m<sup>2</sup>/día y el software METEONORM registró 4,55 kWh/m<sup>2</sup>/día. Estos datos son fundamentales para evaluar el potencial energético solar en la zona y determinar la capacidad de generación requerida.

En cuanto al recurso eólico, se utilizaron los datos de velocidad del viento de la estación meteorológica convencional Lambayeque. Se tomarán en cuenta los valores de velocidad mínima y máxima del viento durante los meses de junio y noviembre, respectivamente. Estos datos son esenciales para evaluar el potencial de generación de energía eólica y dimensionar adecuadamente los aerogeneradores necesarios en el sistema.

Con base en los datos recopilados, se procedió al dimensionamiento del sistema, considerando un valor de 4,55 kWh/m<sup>2</sup>/día para el solar y los valores de velocidad del viento obtenidos para el recurso eólico.

El objetivo final de esta investigación es diseñar un sistema eléctrico híbrido que aproveche la energía solar y eólica para electrificar el caserío Chochor en el distrito de Morrope. Al proporcionar acceso a la electricidad mediante fuentes renovables, se busca elevar la calidad de vida de la población y contribuir a su mejora sustentable.

En resumen, la tesis se centra en el dimensionamiento de un sistema eléctrico híbrido utilizando energía solar y eólica para electrificar el caserío Chochor en el distrito de Morrope, departamento de Lambayeque. Se recopilaron datos sobre el recurso solar y eólico, y se utilizó software especializado para dimensionar adecuadamente el sistema. El



objetivo principal es proporcionar una solución energética sostenible y mejorar las condiciones de vida de la comunidad.

[7] El objetivo de la tesis es diseñar un sistema de generación híbrido eólico-solar para proveer de energía eléctrica al caserío San Pablo, ubicado en el distrito de Pacora, departamento de Lambayeque, como alternativa al suministro de energía eléctrica convencional. La investigación se enfocó en determinar la demanda energética del caserío San Pablo, la cual se estimó en 20,456 kWh/día para un promedio de 43 viviendas con una potencia instalada de 6,492 kW.

Para el dimensionamiento del sistema, se tomarán en cuenta las fuentes de radiación solar disponibles. Según el SENAMHI (Atlas 2003), se obtuvo un valor de 4,75 kWh/m<sup>2</sup>/día, y utilizando el software SOLARIUS PLUS, se obtuvo un valor de 4,72 kWh/m<sup>2</sup>/día.

El sistema híbrido eólico-solar propuesto estará formado por un aerogenerador ENAIR 30 PRO, 24 paneles fotovoltaicos YINGLI SOLAR de 200 Wp, 12 baterías de 503 Ah cada una, 2 reguladores de carga Blue Solar 150/60 y un inversor de 48/10,000-230 V. Asimismo, se ha dimensionado la red de distribución secundaria para asegurar la entrega de energía a las viviendas.

El costo referencial del sistema híbrido eólico-solar, incluyendo la red de distribución secundaria, se estima en S/ 385,324.56.

El principal de esta tesis es proporcionar una solución energética sostenible y autónoma para electrificar el caserío San Pablo, superando la falta de acceso al suministro de energía eléctrica convencional. El sistema híbrido aprovecha la energía eólica y solar disponible en la zona, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables y contribuyendo a la mitigación de impactos ambientales.

En resumen, la tesis plantea el diseño de un sistema de generación híbrido eólico-solar para electrificar el caserío San Pablo en el distrito de Pacora.

[19] La tesis titulada "Generación Híbrida de 2 kW para el Centro Poblado Laguna Huanama en el distrito de Salas, departamento de Lambayeque" propone el desarrollo de un sistema híbrido (eólico-solar) utilizando paneles fotovoltaicos y aerogeneradores para proporcionar servicio eléctrico al Centro Poblado Laguna Huanama. Este sistema aprovecha la radiación solar y la velocidad del viento como fuentes de energía, mejorando así la calidad de vida y el bienestar de la población afectada.

El estudio realizado en el proyecto se enfocó en determinar la necesidad de energía eléctrica, considerando la máxima demanda de consumo necesaria por vivienda, con el objetivo de proporcionar un suministro adecuado a cada vivienda. Para obtener los parámetros de radiación solar y velocidad del viento, se utilizará un solarímetro para  
Como resultado, se obtuvo un sistema de

El objetivo principal de esta tesis es implementar un sistema de generación híbrida que aproveche las energías renovables disponibles, proporcionando un suministro eléctrico.

En resumen, la tesis propone el desarrollo de un sistema híbrido de 2 kW (eólico-solar) para el Centro Poblado.

### **1.2 Formulación del problema.**

¿De qué manera se pueden aprovechar los recursos solar y eólico para suministrar energía eléctrica a una vivienda unifamiliar en el distrito de Ciudad Eten?

### **1.3 Hipótesis.**

Mediante el diseño de Generación Híbrida (eólica-solar) es posible abastecer de electricidad a la vivienda unifamiliar de ciudad Eten

## **1.4 Objetivos.**

### **Objetivo general.**

Diseñar un sistema híbrido eólico solar para suministrar de energía eléctrica a una vivienda unifamiliar en granja ciudad de Eten, Chiclayo, Perú.

### **Objetivos específicos.**

- a) Evaluar las condiciones meteorológicas de la zona para conocer la disponibilidad de radiación solar y velocidad del viento.
- b) Determinar la potencia requerida para abastecer de electricidad a la vivienda de estudio.
- c) Dimensionar el sistema eléctrico híbrido Eólico fotovoltaicos para la vivienda de estudio ubicado en el distrito de Ciudad Eten.
- d) Evaluación económica para el sistema híbrido

## **1.5 Teorías relacionadas del tema.**

### **Energía Solar**

La energía solar, generada por el sol, se convierte en una forma útil de energía para los humanos, ya sea para calentar objetos o generar electricidad. Se estima que el sol emite 4,000 veces más energía de la que consumimos, lo que la convierte en una fuente inagotable. La cantidad de energía solar disponible en un lugar específico de la Tierra varía según el día del año, la latitud y la orientación del módulo solar utilizado para captarla o absorberla.

### **¿Cómo transformamos la energía solar en una forma aprovechable para nuestras actividades diarias?**

Mediante células solares que absorben la radiación solar y luego la convierten en otra forma de energía, como la electricidad.

### **Radiación solar**

Es la radiación solar que llega directamente desde el sol sin experimentar alteraciones en su dirección.

### **Radiación Difusa**

Parte de la radiación solar atraviesa la atmósfera y es reflejada o absorbida por las nubes. Esta radiación se dispersa en múltiples direcciones debido a las reflexiones y absorciones no solo por las nubes, sino también por partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios y el suelo. Se distingue por no generar sombras sobre los objetos opacos en su trayectoria.

### **Radiación Reflejada**

La radiación reflejada emana de la superficie terrestre y su cantidad depende del coeficiente de reflexión de dicha superficie. Las superficies horizontales no captan radiación reflejada, mientras que las verticales son las que más la reciben.

### **Radiación global**

“La radiación total se obtiene al sumar las tres formas de radiación. En días soleados, la radiación directa prevalece sobre la radiación difusa. En cambio, en días nublados, no hay radiación directa y toda la radiación que llega es difusa”.

### **Instrumentos medición de radiación solar**

Hay dos tipos principales de instrumentos utilizados para medir la energía solar, conocidos como solarí metros:

#### **Piranómetro**

El dispositivo envuelve una pequeña placa de metal negra, equipada con una termocupla y resguardada por una cúpula de vidrio. La placa negra se calienta al recibir radiación solar, y la termocupla detecta el incremento de temperatura, permitiendo así su medición. La salida de la termocupla se utiliza para calcular la radiación total en tiempo real.



## Figura 1. Piranómetro

### Solari metro

El dispositivo de medición de energía solar calcula los niveles de radiación solar en unidades de vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). Este medidor detecta tanto la radiación solar directa como la difusa presente en la atmósfera. La mayor parte de la radiación solar que llega a la superficie terrestre se ubica en las porciones infrarroja y visible del espectro electromagnético, ya que la radiación ultravioleta es absorbida por la atmósfera. Este dispositivo funciona en condiciones óptimas y está certificado por el fabricante y el laboratorio, con validación de la entidad correspondiente.



Figura 2. Solari metro

En la actualidad, con todo el entorno globalizado, se ha implementado un nuevo sistema para obtener los datos, donde simplemente se comparte la información de las empresas que han tomado los datos de este tipo, muchas empresas confiables suben los datos de radiación solar a sus páginas web o en libros con la finalidad de motivar la implementación de la energía solar, algunas de las páginas más confiables son el Atlas Solar Energy del banco Mundial, el de la NASA, etc.

### Sistema Aislado

Los sistemas autónomos recogen la energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos, almacenando la electricidad generada en baterías. Este método permite proporcionar energía eléctrica a áreas remotas fuera del alcance de la red eléctrica, como viviendas rurales, instalaciones ganaderas, refugios de montaña y pequeñas comunidades.

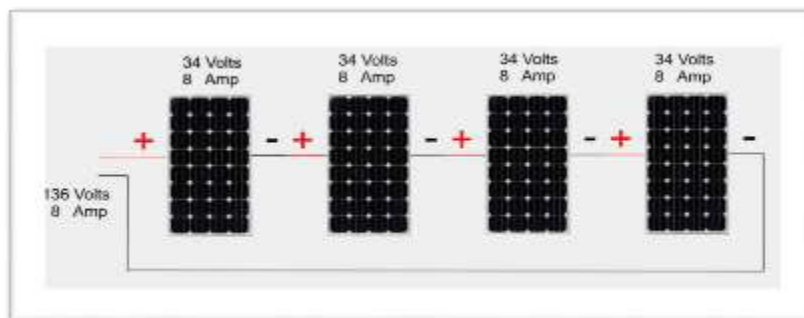


**Figura 3.** Sistema Aislado

### Conexiones de módulos fotovoltaicos

#### a) Conexión en Serie.

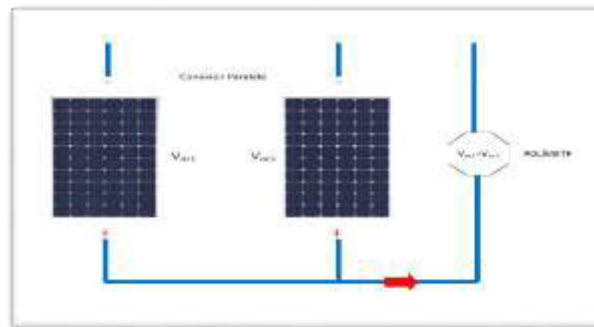
En la conexión en serie, se conecta el polo positivo de un módulo fotovoltaico al polo negativo del siguiente. Esto permite aumentar la tensión mientras la corriente generada permanece constante. La tensión total viene a ser la suma de las tensiones de cada módulo fotovoltaico.



**Figura 4.** Conexión en Serie

#### b) Conexión en paralelo

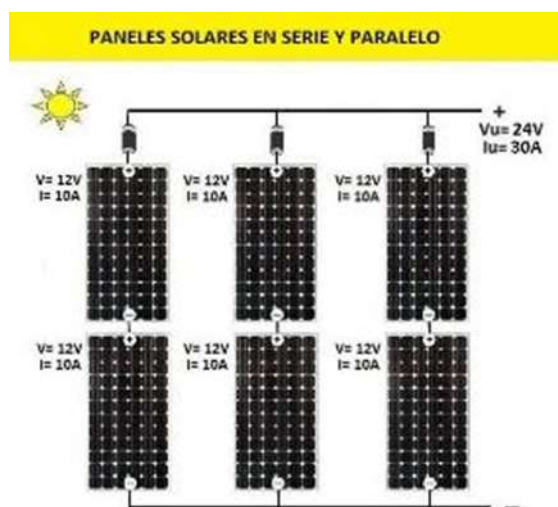
- c) Al conectar los módulos en paralelo, se conectan todos los polos positivos entre sí y todos los polos negativos entre sí. Esto hace que la corriente en su totalidad sea la suma de las corrientes generadas por cada módulo, creciendo así la corriente creada mientras la tensión se conserva constante.



**Figura 5.** Conexión en Paralelo

- d) **Mixto.**

La tensión del generador se obtiene multiplicando la tensión de un módulo por el número de módulos conectados en serie, mientras que la intensidad de corriente es el resultado de multiplicar la corriente de un módulo por el número de módulos conectados en paralelo.



**Figura 6.** Conexión en Serie y Paralelo

## Funcionamiento de un módulo fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico está compuesto por un conjunto de celdas solares, que son pequeñas unidades fabricadas con arseniuro de galio o silicio cristalino. En otras palabras, las celdas son cristales de silicio o arseniuro de galio, materiales que funcionan como semiconductores.

Una parte de la celda será un semiconductor del tipo N (electrones = negativo y otra P (huecos = positivo).

El efecto fotovoltaico es el fenómeno en el que la energía luminosa genera cargas negativas y positivas en dos semiconductores diferentes que están próximos entre sí.

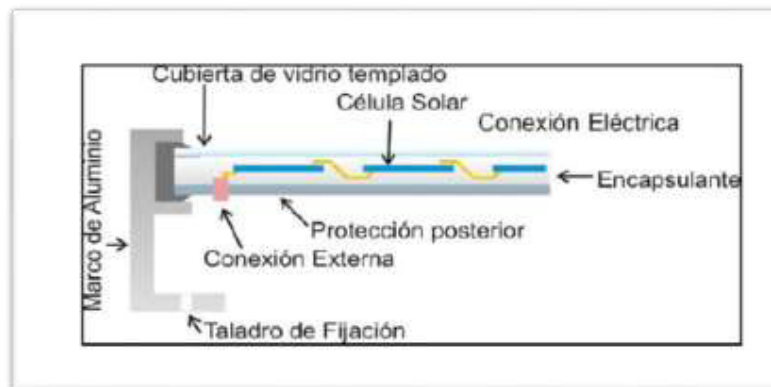


Figura 7. Funcionamiento de un Módulo Fotovoltaico

## Tipos de paneles solares

Los tipos de paneles solares se determinan por la tecnología utilizada en la fabricación de las células.



Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Figura 8. Funcionamiento de un Módulo Fotovoltaico



- **Inclinación de paneles fotovoltaicos**

La inclinación de los paneles fotovoltaicos consigue variar con el tiempo, por lo que debe ajustarse según la latitud del lugar. Esto se ilustra en la tabla.:

Latitud del Lugar	Angulo en invierno	Angulo en verano
0 a 15°	15°	15°
15° a 25°	Latitud	latitud
25° a 30°	Latitud + 5°	Latitud - 5°
30° a 35°	Latitud + 10°	Latitud - 10°
35° a 40°	Latitud + 15°	Latitud - 15°
>40°	Latitud + 20°	Latitud - 20°

TABLA 1. Promedio de Inclinación Paneles

### Energía eólica

Se trata de la energía del viento, una manifestación de energía cinética que podemos aprovechar en nuestro beneficio, como en el caso de los molinos de viento y las embarcaciones a vela..

### Viento

El viento es el desplazamiento del aire en la atmósfera (troposfera) y constituye un fenómeno meteorológico natural.

Para su aprovechamiento energético, se emplea la medida de la velocidad del viento en metros por segundo (m/s), considerando únicamente la dirección y velocidad en las componentes horizontales.

### Recolección de datos de Velocidad de viento

Para determinar la dirección y velocidad del viento, se emplean dispositivos llamados anemómetros, equipados con dos sensores: uno para la dirección y otro para la velocidad del viento. Es importante seguir los procedimientos internacionales establecidos para evitar interferencias, que indican que, a partir de los 10 metros de altura, las perturbaciones no afectan significativamente la medición.

Otra técnica frecuentemente empleada implica el uso de bases de datos almacenadas en las subestaciones existentes, que contienen registros históricos confiables y, en algunos casos, están disponibles de manera gratuita. Es importante tener en cuenta la ubicación de la estación meteorológica lo más cerca posible del sistema para una mayor precisión.



**Figura 9.** Instrumento Anemómetro

### **El aerogenerador**

Los aerogeneradores o turbinas eólicas están compuestos por numerosos componentes. Entre los dos diseños principales, el de eje horizontal es generalmente más eficiente que el de eje vertical. Usualmente, la potencia nominal de los aerogeneradores se establece para velocidades de viento que oscilan entre los 8 y 12 m/s.

### **Categorización de aerogeneradores basada en su eje de operación.**

#### **Eje vertical**

Este tipo de aerogenerador gira alrededor de un eje vertical propio y se utiliza poco en la generación eléctrica dado que su diseño no le permite alcanzar altas velocidades de rotación, lo que resulta en un rendimiento insuficiente para la producción de electricidad.

**Figura 10.** Aerogenerador eje Vertical



### **Eje horizontal**

Este aerogenerador es el más utilizado para generar electricidad. Con esta configuración se ha logrado el máximo rendimiento para la recepción energética del viento.



**Figura 11.** Aerogenerador eje Horizontal

## **Clasificación según tamaño y potencia del aerogenerador**

### **Microturbina**

Aerogeneradores con palas pequeñas, suelen tener de 0.5 a 1.25 metros de diámetro.

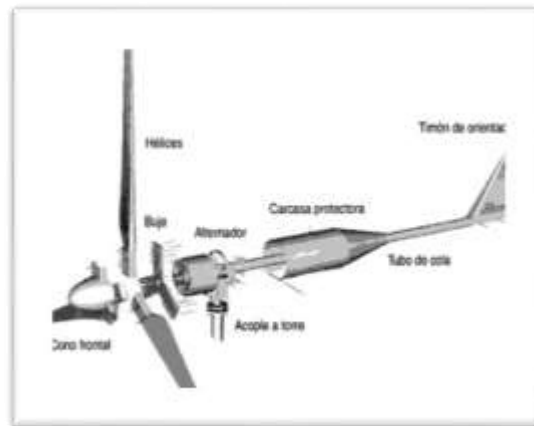
### **Mini turbinas**

Son mayores que la micro. Su diámetro de pala oscila entre 1.25 a 2.75 metros.

### **Turbinas de tamaño domestico**

Por lo general, el diámetro del rotor de estos aerogeneradores oscila entre 2.75 y 7 metros.

### **Partes de un aerogenerador**



**Figura 12.** Partes de un Aerogenerador

**Cono frontal:** Tiene la función de presentar la armonía y belleza física del aerogenerador.

**Hélice:** Tiene la capacidad de absorber la energía cinética del viento.

**Buje:** pieza que mantiene unidos a los ejes.

**Alternador:** Permite obtener energía eléctrica a cambio de la captación de otros sonidos

**Timón de orientación:** Para conducir la nave.

**Carcasa:** Proteger y resguardar los componentes eléctricos de los efectos externos.

**Controlador eólico:** El controlador utiliza la energía generada por el aerogenerador para cargar las baterías y suministrar electricidad al usuario. Además, convierte la corriente en corriente continua mediante diodos rectificadores. También cuenta con un interruptor de frenado para emergencias o para desactivar el sistema cuando sea necesario.

### **Sistema eólico - solar fotovoltaico**

Los sistemas de generación de energía híbrida integran dos o más fuentes de energía con el propósito principal de generar electricidad para un uso específico, ya sea de

forma aislada o integrada en la red. Estos sistemas suelen estar formados por fuentes de energía renovable, cuyas fuentes son virtualmente ilimitadas y, si es necesario, se apoyan con generadores que emplean motores de combustión. Esta elección se presenta como una alternativa concreta, que es compatible en términos medioambientales y sociales. [8]

### **Energía solar y eólica en la generación de energía eléctrica**

Esta opción se considera cuando el área de instalación cuenta con recursos tanto de viento como de luz solar. Dado que estas condiciones no son universales, es esencial evaluar detalladamente el potencial eólico y solar de la ubicación antes de optar por esta alternativa. Este sistema de generación consta de un aerogenerador que, a través de un regulador de carga, suministra la energía generada a las baterías. Simultáneamente, se incluye un sistema modular de paneles fotovoltaicos que se conectan a la batería mediante su propio regulador de carga. Dado que este sistema es más fiable en su conjunto que los sistemas individuales de energía eólica o solar, requiere un controlador más complejo. Por lo tanto, el regulador de carga utilizado no será el mismo que el de una instalación exclusivamente fotovoltaica o eólica.

### **Ventajas y desventajas de los sistemas híbridos**

La mayor ventaja de los sistemas híbridos radica en la optimización conjunta de los recursos naturales disponibles, lo que los convierte en una solución práctica para satisfacer las necesidades de energía eléctrica en áreas aisladas o sin acceso a la red eléctrica. En el pasado, las soluciones se limitaban a generadores diésel, los cuales, especialmente en condiciones de baja carga, presentaban eficiencia reducida, altos costos de mantenimiento y una vida útil limitada. Los sistemas híbridos ofrecen una manera de mitigar estos problemas al aprovechar los recursos renovables locales. Esto los convierte en una opción ambiental y socialmente favorable y viable.

Por otra parte, debido a la imprevisibilidad de las condiciones meteorológicas, no se puede considerar un sistema híbrido como la fuente de energía principal para aplicaciones

críticas. Además, si el sistema no genera suficiente energía, las baterías podrían no cargarse por completo en un período de tiempo adecuado. En caso de que se genere un exceso de energía, esta simplemente se desperdiciaría. Además, los costos iniciales de inversión siguen siendo significativamente altos.

### **Composición del sistema híbrido eólico – solar**

**Módulo de paneles** solares está compuesto por una serie de módulos solares interconectados, ya sea en serie o en paralelo.

**Aerogenerador:** proporciona la energía eléctrica requerida utilizando la energía generada por la velocidad del viento.

**Regulador fotovoltaico:** regula el flujo de corriente de la batería.

**Controlador eólico:** Convierte la corriente alterna generada por el aerogenerador en corriente continua para cargar las baterías. El controlador también dispone de un mecanismo para disipar el exceso de energía generada.

**Baterías de acumulación:** Acumula la electricidad producida por el sistema híbrido.

**Inversor:** Un aparato electrónico que transforma la corriente continua proveniente de un sistema de almacenamiento con baterías en corriente alterna, similar a la que se utiliza en la red eléctrica.



**Figura 13.** Sistema Híbrido de Generación

### Instalaciones de híbrido eólico fotovoltaico

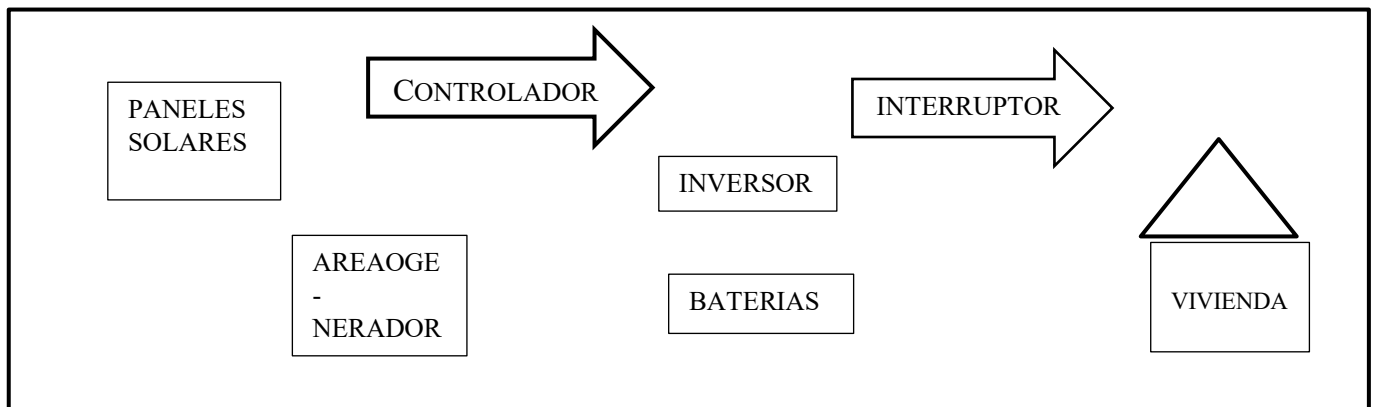
Se recomienda seguir la siguiente lista ordenada:

- ✓ Módulos fotovoltaicos o paneles solares
- ✓ Aerogeneradores
- ✓ Controladores de voltaje
- ✓ Sistema de baterías
- ✓ Inversores
- ✓ Interruptores termomagnéticos, diferenciales

El sistema híbrido consta de dos conjuntos de paneles solares y un conjunto de aerogeneradores, todos ellos conectados a un mismo banco de baterías que se encarga de almacenar la energía generada por los paneles solares y el aerogenerador.

Cada conjunto está equipado con su propio regulador, que controla los niveles de corriente y voltaje en todo el sistema. La energía almacenada en las baterías se dirige al inversor, donde se convierte en corriente alterna y se puede utilizar en la red eléctrica, como se muestra en el diagrama.

Esquema de elementos que componen el sistema híbrido



- **Potencia Eléctrica**
- ✓ **Cargas de Equipos**

Los equipos que se usa en una vivienda unifamiliar básica son:



<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA (Watts)</b>
FOCO LEDS	12	20
LAPTOPS	2	40
TELEVISOR	1	100
PLACHA ELÉCTRICA	1	1000
LAVADORA	1	500
LICUADORA	1	1000
REFRIGERADOR	1	350
ROTER	1	5
MICROONDAS	1	1100
CELULARES	3	5

TABLA 2. Listado de equipos en vivienda unifamiliar básica

- **Potencia de Consumo**

Para obtener la potencia de consumo solo se debe multiplicar la cantidad por la potencia de cada equipo, entonces tenemos:

$$Potencia = Cantidad \times Potencia \text{ de cada Equipo}$$

Considerando un factor de simultaneidad  $fs$ .

Considerando un porcentaje de seguridad  $ps$ .

Entonces tenemos nuestra Potencia requerida como la multiplicación de Total Potencia Consumida por el factor de simultaneidad y a esto le sumamos % de factor de seguridad.

$$Total \text{ pot Requerida} = 4390 * fs + ps\%(4390 * fs)$$

- **Potencia según Código Nacional de Electricidad**

En el Código Nacional de Electricidad, sección 050 CARGAS DE CIRCUITOS Y FACTORES DE DEMANDA, tenemos que: En el ítem 050-110, titulado “Establecimiento de zonas y posibilidad anticipada de la máxima demanda total en caso de carecer de

información.” se establece una cantidad de Demanda máxima total para provisionar de acuerdo al área techada, establecida en la siguiente imagen:

<b>050-110</b>	<b>Determinación de Áreas y Previsión Opcional de la Demanda Máxima Total Cuando No Se Dispone de Información</b>
(1)	Las áreas de vivienda designadas en las Reglas 050-200 y 050-202 deben ser determinadas por las dimensiones interiores (áreas techadas) e incluyen: (a) 100% del área del primer piso; más (b) 100% del área de los pisos superiores, dedicada a vivienda; más (c) 75% del área del sótano.
(2)	Opcionalmente, en el caso de viviendas unifamiliares o departamentos en edificios de vivienda, cuando no se dispone de información específica sobre las cargas, la demanda máxima total a prever no será inferior a: (a) 3 000 W, para viviendas de hasta 90 m <sup>2</sup> , según dimensiones interiores. (b) 5 000 W, para viviendas de más de 90 m <sup>2</sup> hasta 150 m <sup>2</sup> , según dimensiones interiores. (c) 8 000 W, para viviendas de más de 150 m <sup>2</sup> hasta 200 m <sup>2</sup> , según dimensiones interiores.

**Figura 14.** Demanda, CNE-Utilización

➤ **Potencia de Diseño**

Se debe seleccionar la potencia la potencia mayor de entre las potencias totales requeridas por cálculo con las cargas y la potencia por cálculo según CNE.

Si  $P. \text{cargas} > P. \text{CNE}$ , entonces:  $P. \text{diseño} = P. \text{cargas}$

Si  $P. \text{cargas} < P. \text{CNE}$ , entonces:  $P. \text{diseño} = P. \text{CNE}$

➤ **Consumo de energía en un día promedio**

Es la multiplicación de la potencia por un tiempo determinado, por las horas de consumo al día de cada carga para evaluación diaria.

➤ **Proporciones de energía eólica y solar**

Observando que energía solar hay solamente en día, son un promedio de 12 horas al día, de donde se puede aprovechar la energía del sol, sin embargo, viento hay durante todo el día, así que de alguna manera hay velocidad de viento en las 24 horas.

En proporciones tenemos:

$$\text{Energía Eólica} + \text{Energía Solar} = 100 \% = 24 \text{ horas} + 12 \text{ horas}$$

Ahora quedaría

$$100\% = 36 \text{ horas}$$

$$\text{Energía eólica} = 24 \text{ horas}$$

Usando regla de tres, encontramos que:

$$\text{Energía Eólica} = 67 \%$$

$$\text{Energía Solar Fotovoltaica} = 33\%$$

Luego de observar el potencial Solar Fotovoltaico y Eólico se identificó que los dos están bien abastecidos de potencial energético, sin embargo, la velocidad de viento está baja respecto a los aerogeneradores que existen en el mercado, así que se la aumentará la oportunidad a la energía solar fotovoltaica.

Por lo cual se tomará las siguientes proporciones para el diseño:

$$\text{ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA: } 60 \%$$

$$\text{ENERGÍA EÓLICA: } 40 \%$$

➤ **Tensión del sistema (Tsist.)**

Trataremos de configurar el sistema, de tal forma que se va a usar el voltaje directo también en corriente directa, por ello se trabajará con una tensión de 24 V que es el voltaje nominal de los módulos fotovoltaicos, habrá una conexión que llega directo a la vivienda unifamiliar.

$$Tsist = 24 V$$

➤ **Ecuaciones irradiación solar**

**Cálculo del Ángulo óptimo**

Según ecuación basada en análisis estadísticos tomando de referencia a la latitud de la ubicación, la inclinación óptima está definida por:

$$B \text{ óptimo} = 3,7^\circ + 0,69 * |\text{Latitud}| \dots \dots \dots (E1)$$

**Valor del factor por inclinación de módulo fotovoltaico (K)**

Es el valor que determina cuanto varía la intensidad de irradiación de acuerdo a su inclinación, consideraremos el factor para la inclinación óptima, según datos de ATLAS SOLAR ENERGY.

$$k = \frac{\text{Irradiación Inclined}}{\text{Irradiación Horizontal}} \dots \dots \dots (E2)$$

Para corregir el valor de hora solar pico también se le multiplica por tal factor.

**MJ/m2 a Hora Solar Pico (HSP)**

Se refiere al número de horas durante las cuales se recibiría una irradiación hipotética de 1000 W/m<sup>2</sup> de energía solar en un lugar específico. Calculando obtenemos que el factor de conversión resulta:

$$\left(\frac{MJ}{m2}\right) = 3,6 * HSP$$

$$HSP = \frac{MJ/m2}{3,6} \dots \dots \dots (E3)$$

*MJ = Mega Joule*

*m2 = metros cuadrados*

**Valor de Corrección Atmosférico**

Hace referencia al factor que considera cómo está la atmósfera en la zona dónde se ubicara nuestro cálculo.

Depende a cómo está la atmosfera del lugar donde se hará la instalación, entonces se le agregará o quitará un porcentaje considerado a la irradiación normal directa de un día promedio del mes seleccionado.

La atmósfera es zona de nubes, nieblas u otros tipos de contaminación solar, entonces se le resta su 5% a la irradiación normal directa de un día promedio del mes seleccionado.

La atmósfera está limpia, cielo despejado o en parte alta, entonces se le agrega su 5% a la irradiación normal directa de un día promedio del mes seleccionado.

✓ **Dimensionamiento de módulos fotovoltaicos**

**Consumo en energía solar en un día**

*Cons. Energía Solar Fot. = Porcentaje Total solar \* Total de energía diaria ... .. (E4)*

**Rendimiento global del sistema fotovoltaico (Rf)**

$$Rf = (1 - Kb - Kc - Kr - Kv) \dots \dots \dots (E5)$$

Donde:

Kb: Factor de pérdidas por rendimiento del módulo fotovoltaico.

Se estima que equipos nuevos y de alta calidad logran un rendimiento del 98%. entonces

Kb=0,2

Kc: Factor de pérdidas por el rendimiento inversor

Nuevo y de alta gama, se considera un rendimiento de 98%, entonces Kc=0,02

Kr: Factor de pérdidas del controlador de carga

Se estima un desempeño de 96%, entonces Kr=0,04

Kv: Factor por otras pérdidas no consideradas en los puntos anteriores.

Se ha examinado meticulosamente todo el sistema, se considera un Kv = 0,02

▪ **Número de paneles o módulos fotovoltaicos**

✓ **Energía diaria necesaria del sistema fotovoltaico( Ef)**

$$Ef = \frac{\text{Consumo Energía Solar Fotovoltaica}}{Rf} \dots \dots \dots (E6)$$

✓ **Energía en Ah producida al día por un panel fotovoltaico (Emp)**

$$Emp = Imp \times HSP \dots \dots \dots (E7)$$

*Imp = Corriente maxima de Potencia*

*HSP = Horas Solar pico*

✓ **Número de paneles en serie (N serie)**

$$N \text{ serie} = \frac{Tsist}{Vnom} \dots \dots \dots (E8)$$

*Tsist = Tension del Sistema*

*Vnom = Voltaje Nominal*

✓ **Número de paneles en paralelo (N paralelo)**

$$N \text{ paralelo} = \frac{Ef}{Emp * Tsist} \dots \dots \dots (E9)$$

*Ef = Energía diaria necesaria del sistema fotovoltaico*

*Emp = Energía en Ah producida al dia por un panel*

*Tsist = Tension del Sistema*

✓ **Total, Número de Módulos fotovoltaicos (N)**

$$N = Nserie \times N \text{ paralelo} \dots \dots \dots (E10)$$

✓ **Intensidad de corriente sistema fotovoltaico**

$$I_{sfot} = I_{mp} \times N_{paralelo}$$

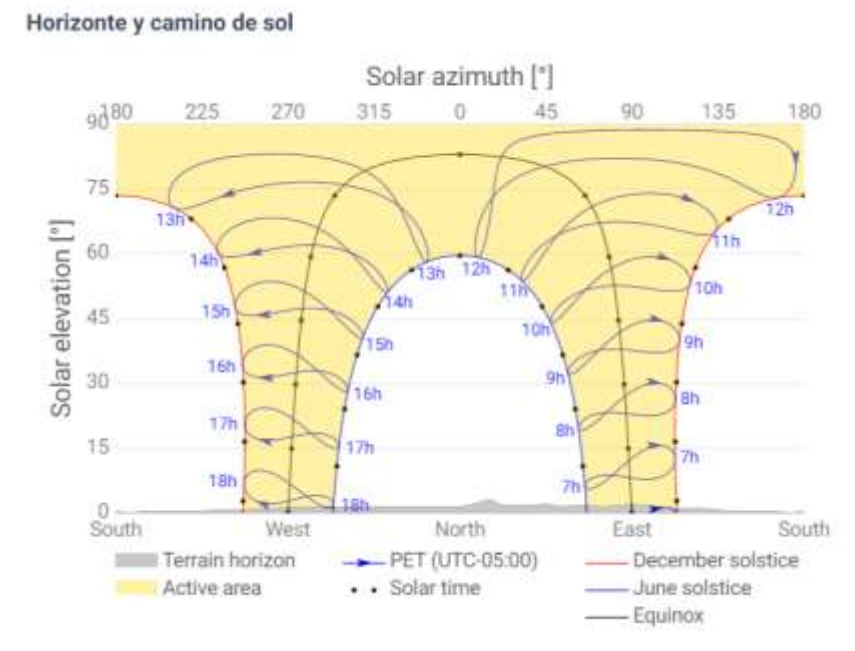
➤ **Disposición de módulos fotovoltaicos (sombras)**

Calcularemos la separación en metros entre series de paneles o de algún obstáculo

La separación entre filas de paneles debe ser tal que garantice la ausencia de sombreados entre las 11:00 am y las 2 pm

➤ **Ángulo de inclinación del sol con respecto a la ubicación del sistema**

Hay un gráfico que muestra la variación del sol respecto a la horizontal. Si seleccionamos este ángulo alrededor del mediodía y le restamos la latitud del lugar de trabajo, obtendremos el ángulo de inclinación del sol en relación con el sistema de trabajo.



**Figura 15.** Ángulo solar horizontal

$$\alpha = \text{ángulo solar horizontal} - \text{latitud de la ubicación del sistema} \dots \dots \dots (E11)$$

➤ **Distancia entre filas de paneles**

$$D = \frac{H_p}{\tan(\alpha)} \dots \dots \dots (E12)$$

*D = distancia ente filas de panels*

*H<sub>p</sub> = Haltura de paneles*

*Tan(α) = angulo salar del sistema*

✓ **Ecuaciones velocidad de viento**

**Proyección estadística para análisis de velocidad de viento**

Santa Cruz (2018) menciona que se usa el análisis estadístico cuando existe pocos datos prácticos, si la velocidad de viento se tiene solo de uno o dos años, se realiza el análisis estadístico para determinar la variación a futuro de las velocidades por medio de proyecciones, la que se detalla a grandes rasgos es el análisis por Distribución de Weibull.

✓ **Frecuencia absoluta (F Abs.)**

Saire (2018) define como el número de veces que aparece un valor tal o intervalo tal de entre un total (T) de valores.

✓ **Frecuencia Relativa (f)**

Saire (2018) refiere que el valor del cociente entre la frecuencia absoluta del rango y suma total de frecuencia absoluta

$$f = \frac{F \text{ Abs.}}{T} \dots \dots \dots (E13)$$

✓ **Distribución de Weibull**

En probabilidad y estadística, la distribución de Weibull es una distribución de probabilidad continua. Es un caso particular de la distribución de confiabilidad que incorpora el perfil de riesgo como una función del tiempo.

Así se obtiene proyección de cómo variará la velocidad.



Santa Cruz (2018) explica que se emplea dos parámetros: parámetro de forma y de escala, con la siguiente fórmula:

$$W(v) = \frac{k}{C} \cdot \left(\frac{v}{C}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k} \dots \dots \dots (E14)$$

Donde:

K: Forma

C: Escala

La herramienta MICROSOFT EXCEL permite obtener el dato ya calculado de Weibull colocando en su función los parámetros K, C y el dato a evaluar:

**DISTR.WEIBULL (celda de velocidad; valor de k; valor de C; FALSO)**

✓ **Distribución acumulada**

Es la probabilidad de que la velocidad del viento no exceda el valor de x, se define con:

$$F(v) = \int_0^v w(v)dv = \int_0^v \frac{k}{C} \cdot \left(\frac{v}{C}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k} dv$$

$$F(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k} \dots \dots \dots (E15)$$

✓ **Frecuencia relativa acumulada (F)**

Saire (2018) lo determina como la variación de los valores de frecuencia relativa mientras se van acumulando respecto a la medida que avanzan los intervalos, en este caso se usa este dato como valor de distribución acumulada F(v).

$$F(v) = f(v) + F(v - 1) \dots \dots \dots (E16)$$

✓ **Distribución acumulada complementaria**

Es la probabilidad de que la velocidad sea mayor que el valor de x, se define con:

$$1 - \int_0^v w(v)dv = 1 - F(v) = 1 - 1 + e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k}$$



$$y = \ln(\ln(\frac{1}{1-F(v)})) \dots \dots \dots (E18)$$

$$x = \ln(v) \dots \dots \dots (E19)$$

$$b = -k \cdot \ln(C)$$

Comparando las ecuaciones:

$$y = k \cdot x - K \cdot \ln(C) = \mathbf{k \cdot x - b}$$

**Entonces:**

$$b = K \cdot \ln(C)$$

$$C = e^{\frac{b}{K}}$$

✓ **Dimensionamiento de sistema eólico**

***Energía pedida de energía eólica (Eeo)***

*E. Eólica (Eeo) = Porcentaje total de Consumo de Energía*

✓ **Potencia Requerida de energía eólica (Peo)**

*Potencia Eólica (Peo) = Porcentaje total de Potencia de diseño*

✓ **Comparación de aerogeneradores**

De los catálogos de vendedores de aerogeneradores se selecciona los que están próximos a la Potencia Necesaria de energía eólica, con sus datos de velocidad nominal, diámetro, potencia nominal, coeficiente de potencia (Cp)

✓ **Número de aerogeneradores requeridos (NA)**

$$N_A = \frac{Peo}{PNom} \dots \dots \dots (E20)$$

$P_{eo} = \text{Potencia de energía Eólica}$

$P_{Nom} = \text{Potencia Nominal}$

### **Cálculo de corriente de aerogeneradores ( $I_{ae}$ )**

Según el voltaje nominal en corriente continua de los aerogeneradores, y con tensiones cercanas, calculamos el valor de la corriente utilizando la siguiente ecuación:

$$I_{ae} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot (fp)} \dots \dots \dots (E21)$$

$P_{nom} = \text{Potencia Nominal}$

$V = \text{Voltaje}$

$fp = \text{Factor de potencia}$

### ✓ **Energía diaria producida por el aerogenerador ( $E_{pae}$ )**

$$\text{Horas dia} = \text{Weibull} * 24 \dots \dots \dots (E22)$$

$$E_{pae} = (\text{horas dia}) * P_{nom} * C_p \dots \dots \dots (E23)$$

$P_{nom} = \text{Potencia Nomimnal}$

$C_p = \text{Coeficiente de potencia}$

### ✓ **Energía diaria producida por el aerogenerador ( $E_{pae}$ )**

Se obtiene primero las horas de incidencia al día por cada velocidad de acuerdo a los datos de Distribución de Weibull, la ecuación consiste en multiplicar los datos de Weibull por el número de horas, que en este caso sería 24h al tratarse de un día.

$$h = Weibull * 24$$

La energía viene a ser la multiplicación de la Potencia nominal de aerogenerador con su correspondiente Cp y por el número de horas que acabamos de determinar, posteriormente para tener el dato de todo un día, pues se suma y así se obtiene el total.

✓ **Controlador de carga de baterías**

Es el dispositivo que regula el voltaje y la corriente producidos por los paneles solares y el aerogenerador hacia las baterías.

Se necesita un regulador con bornes tanto para la energía solar y para la energía eólica, el regulador de carga debe operar al mismo voltaje que el sistema fotovoltaico y ser capaz de manejar una corriente que sea al menos un 10% superior a la intensidad máxima del sistema.

Se tiene que considerar siempre un 10 % más de la corriente del sistema, para que soporte, y el voltaje de trabajo debe tener acceso igual al voltaje de las baterías.

$$Corriente\ del\ Controlador = 1.1(I_{sistema}) = 1.1 \times (I_{fotovoltaica} + I_{eólica}) \dots (E24)$$

También es importante asegurarse de que sus picos de potencia no excedan la potencia de operación.

✓ **Baterías**

En base a los datos de una batería seleccionada, se calcula cuantas unidades se va a necesitar.

✓ **Capacidad requerida de baterías**

$$Cap.\ Req.\ Bat. = \frac{Consumo\ energía\ día * autonomía}{Voltaje\ de\ Batería * Profundidad\ de\ descarga} \quad (Ah)$$

Autonomía= Horas que se considera funcionarán solo baterías, en unidades día.

Profundidad de descarga: Hasta cuanto se va a permitir se descargue la batería.

✓ **Número de baterías**

$$\text{Número de Baterías} = \frac{\text{Cap. Req. Bat.}}{\text{Capacidad Nominal de Batería}}$$

✓ **Inversor**

Es el dispositivo que transforma corriente continua en corriente alterna. El voltaje representa la cantidad de energía entregada por electrones a un circuito.

Se selecciona un inversor con capacidad de corriente continua igual al de las baterías, y que convierta a corriente alterna de 220 V para uso.

La potencia mínima del inversor debe ser igual o algo mayor a la potencia de diseño.

✓ **Cálculo de sección mínima de conductor entre equipos**

Para determinar la sección del cable en diferentes tramos de la instalación híbrida, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Sección} = \frac{(2 * L * I)}{(\kappa * \Delta V)} \text{ [mm}^2\text{]}$$

Donde:

L = longitud del cable,

I = intensidad (A),

$\kappa$  = conductividad (m/ $\Omega$  mm<sup>2</sup>), (Del cobre=56mm/ohm mm<sup>2</sup>)

$\Delta V$  = caída de tensión permisible = (% caída permisible) x Voltaje

✓ **Evaluación económica**

Se trata de contabilizar con mediciones y cálculos el impacto económico que genera el proyecto, la viabilidad de usar los recursos planteados. Duarte, T. Jimenez R. y Ruiz M. (2007) afirman en su artículo:

El análisis económico de proyectos de inversión implica evaluar el efecto real en la economía de un país y la eficacia en la utilización de los recursos empleados. (pág. 6)

Mencionan Duarte, T. Jimenez R. y Ruiz M. (2007) que se debe considerar lo siguiente:

### **Costos de Inversión**

Los precios de equipos, los valores del transporte de las piezas hasta el lugar de la instalación, los gastos por mano de obra.

### **Costos de Mantenimiento**

De acuerdo a consideraciones de limpieza general de equipos, revisiones e inspecciones, mantenimientos preventivos cada medio año, siguiendo un plan u observando el proceso de la máquina.

### **Costos de Operación**

Cuando se trata de un proyecto que requiera trabajo para operarse, se tiene que considerar la mano de obra, las herramientas, los insumos.

### **Impuestos**

Siempre hay que considerar los impuestos del estado, ya sea tanto municipal, regional o nacional, incluso por usar el espacio también se paga.

#### ➤ **Costo del KW-h**

Se obtiene haciendo una relación entre el dinero gastado en inversión, mantenimiento y la cantidad de KW-hora generadas en un tiempo determinado.

$$\text{Costo KW} = \frac{\text{Costo TOTAL en tiempo determinado}}{\text{KW - h Total generados en el tiempo determinado}} \dots (E. 25)$$

#### ✓ **VAN**

Mete (2014) menciona sobre el Valor Actual Neto (VAN): “el valor presenta la diferencia entre ingresos y egresos periódicos. Se utiliza una tasa de descuento, también llamada tasa de oportunidad, que indica el retorno mínimo necesario por el proyecto para recuperar la inversión, cubrir los gastos y generar ganancias.

Ingresos = Todo lo que se gana en valor monetario, de acuerdo a un plazo determinado.

Egresos = Todo lo que se gasta en valor monetario, de acuerdo a un plazo determinado, incluiría en un primer momento, los gastos de compra de equipos y lo que conlleva la instalación, luego en forma constante se considera el mantenimiento.

#### ✓ TIR

Mete (2014) menciona que la TIR (Tasa Interna de Retorno) Es un criterio empleado para la toma de decisiones acerca de proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que hace que el valor presente de los ingresos del proyecto sea igual al valor presente de los egresos.

### **Definición de términos**

Principios fundamentales utilizados en el ámbito del diseño de la Generación Híbrida (eólica - fotovoltaica) que resultarán útiles para comprender el tema.

### **Energía**

La energía es una propiedad física que se manifiesta en múltiples formas..

### **Energías renovables**

La energía derivada de recursos naturales prácticamente inagotables. El sistema híbrido que fusiona energía eólica y fotovoltaica tiene la ventaja de que ambas fuentes se complementan.

### **Energía solar**



Se trata de la energía generada por el sol y transformada en una forma utilizable por los seres humanos.

### **Radiación directa**

Radiación solar directa.

### **Velocidad de viento**

La velocidad del viento en la superficie terrestre.

### **Energía eólica**

La energía eólica es la energía generada mediante el viento.

### **Aerogenerador**

Produce electricidad utilizando la energía cinética del viento.

### **Generador fotovoltaico**

Grupo de paneles solares conectados en serie o en paralelo.

### **Tablero**

Un dispositivo electromecánico diseñado para simplificar la conexión eléctrica.

### **Paneles Solares**

Producen energía eléctrica mediante la radiación.

### **Regulador**

Regula la energía producida por la turbina eólica y/o los paneles solares.

### **Batería**

La batería retiene la energía generada por el aerogenerador y los paneles solares.

### **Inversor**

Convierte la energía almacenada de corriente continua de las baterías.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Esta investigación es de tipo Cuasi Experimental Analítica,

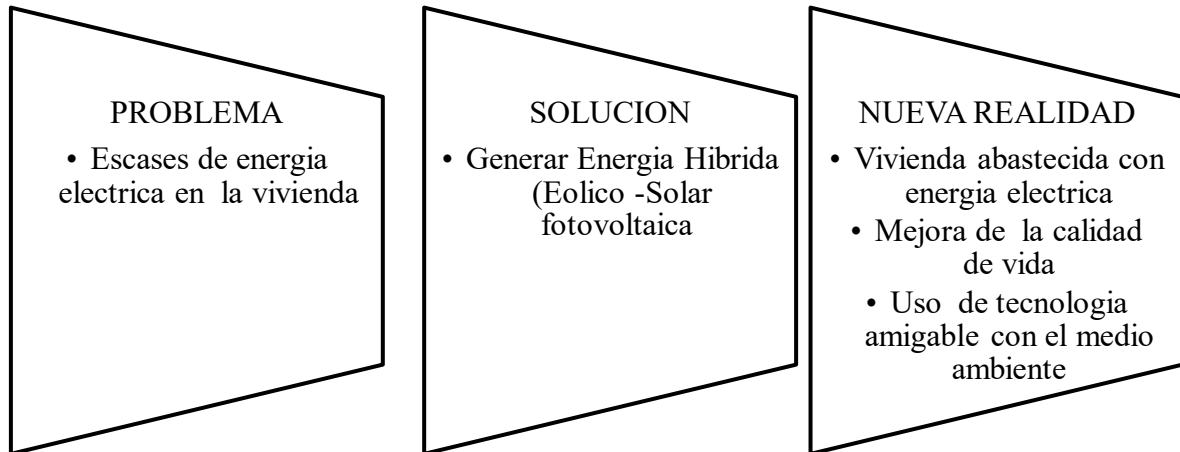


Gráfico 1. Diseño de investigación

## Variables, Operacionalización

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	SUBINDICADOR	INDICE	TENICA RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Diseño de un sistema híbrido (Eólico- solar)	<p><b>La energía solar</b> es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se pueden generar calor y electricidad</p> <p><b>La energía eólica</b> es la energía obtenida de la fuerza del viento, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire</p>	(Energía solar) Redición solar del lugar	Potencia y cantidad de paneles	(MJ/m <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observación</li> <li>✓ Navegación en Internet</li> <li>✓ Recolección de Datos</li> </ul>	BASES DE DATOS CONFIABLES DE INTERNET	Sitio web de ATLAS SOLAR ENERGY
		(Energía Eólica) Velocidad Y dirección de viento del lugar	Selección de aerogenerador	(KW) m/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observación</li> <li>✓ Navegación en Internet</li> <li>✓ Recolección de Datos</li> </ul>	Gia de Recolección Datos y Análisis de Documento	Sitios web de WONDERGR AUND

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	SUBINDICADOR	INDICE	TENICA DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Generación eléctrica para suministrar energía a la vivienda unifamiliar	La energía eléctrica es la forma de energía que resultará de la existencia de una diferenciade potencial entre dos puntos, situación que permitirá establecer una corriente eléctricamente en ambos puntos		Modulo Fotovoltaico	wp	Ficha Técnica	Gia de Recolección Datos y Análisis de Documento	Calculo
		POTENCIA ELÉCTRICA	aerogenerador	kw	Ficha Técnica	Gia de Recolección Datos y Análisis de Documento	Calculo

## **2.2. Población de estudio muestra muestreo y criterios de selección.**

La población y muestra para el estudio, está constituida para la vivienda unifamiliar

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **✓ Técnica de recolección de datos**

#### **Observación directa**

“Con esta técnica permitirá visualizar la forma cuantitativa de las variables, a fin de mejorar y conseguir los objetivos y metas trazadas”.

#### **Análisis de documentos:**

“Se tomará en cuenta páginas web, revistas, tesis, etc”.

### **✓ Instrumento de recolección de datos**

#### **Guía de Medición**

“La guía de medición determinara la irradiación solar y velocidad de viento con el fin de tener una noción en el comportamiento en un periodo de tiempo, de la localidad”

#### **Guía de observación:**

“Se tomará apuntes para el proceso de la investigación que se realizara, también se tomara en cuenta las deficiencias que se hallaran, y diagnostico en general base ala situación”

#### **Guía de análisis de documentos:**

“En esta investigación se realizará un formato donde se utilizará la recolección de datos, en el que dicha información se analizará documentos que seleccionados mediante indicadores específicos”.

### **Validez**

La validez será corroborada por los cálculos del diseño híbrido

### **Confiabilidad**

✓ Será corroborada por la evolución económica del sistema hecho en base a métodos científicos

✓ El estudio meteorológico se desarrolla en base a fuentes recocidas a nivel mundial .

#### **✓ Procedimiento de Recolección de datos**

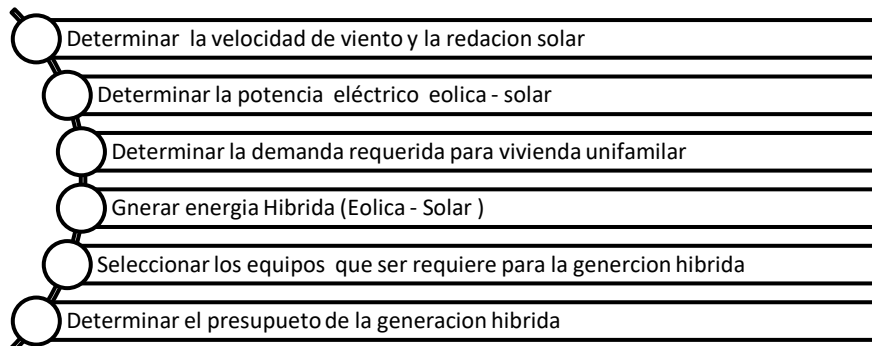
Etapa 1 Buscar sitios web con información de radiación solar y velocidad de viento

Etapa 2 Ubicar la estación más cercana a la zona estudio en el mapa de la web

Etapa 3 Extraer los datos requeridos del sitio web

### **2.4. Procedimientos de análisis de datos.**

Gráfico 2. Procediminto de analisis de datos



## **2.5. Criterios éticos.**

“Este proyecto de investigación estará basado en términos éticos por dos documentos fundamentales: código de Ética del Colegio de ingenieros (CIP,1999) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS,2021)”.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Resultados

##### CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Evaluar las condiciones meteorológicas de la zona para conocer la disponibilidad de radiación solar y velocidad del viento

Necesitamos los datos de radiación normal directa y de velocidad de viento en nuestra ubicación a instalar para el sistema habido eólico-solar fotovoltaica

##### Datos de la ubicación



Figura 14. Ubicación

**Nombre del lugar:** Ciudad Eten -Chiclayo- Perú

**Latitud:** 6.93°

**Longitud:** 79.68°

**Altitud:** 30m



Temperatura base: 20 °C

➤ IRRADICION SOLAR

Para este dato usamos la web que dispone el banco mundial, sabiendo que proporciona datos con muy alta confiabilidad

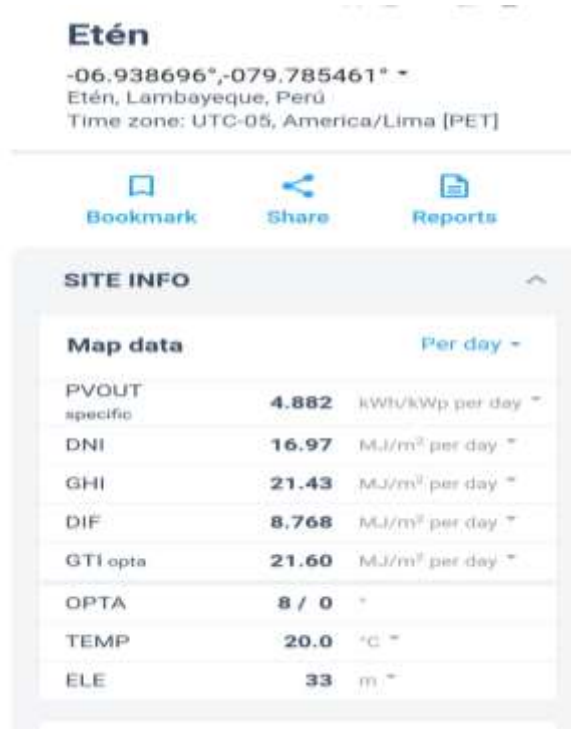


Figura 15. Datos Radiación Atlas Banco Mundial

TABLA 3. Radiación en día promedio de cada mes del 2021

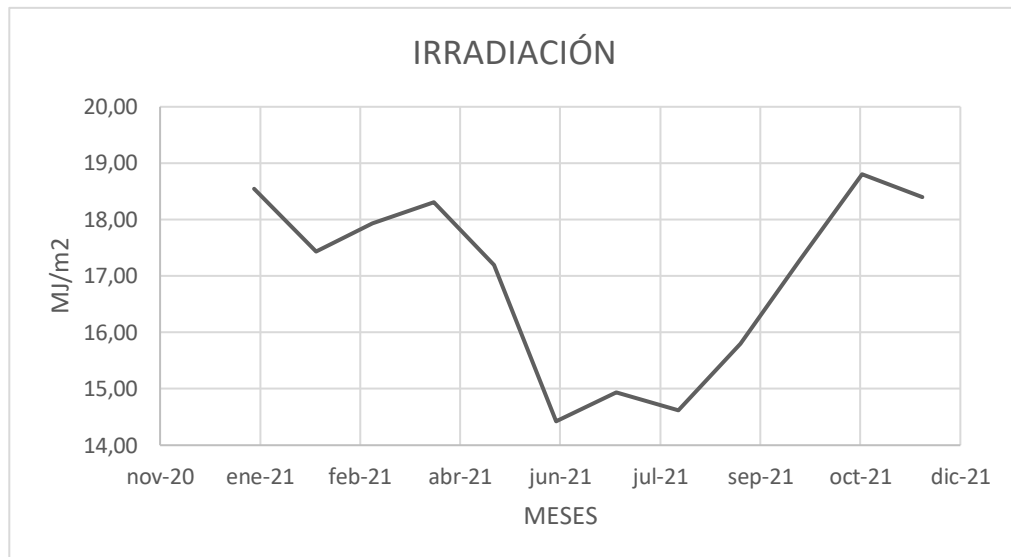
MES	MJ/m <sup>2</sup>
Ene-21	18.55
Feb-21	17.43
Mar-21	17.93
Abr-21	18.31
May-21	17.20
Jun-21	14.42
Jul-21	14.93
Ago-21	14.62
Set-21	15.80
Oct-21	17.29
Nov-21	18.80
Dic-21	18.39

**Angulo optimo: 8°**

**Promedio irradiación normal directa diaria: 16.97 Mj/m2**

Irradiación normal directa en un día promedio de cada mes 2021

Gráfico 3. Gráfico de Irradiación Solar



✓ **Cálculo del Ángulo óptimo**

Reemplazar datos en (E1)

$$B \text{ óptimo} = 3,7^\circ + 0,69 * | - 6,93^\circ |$$

$$B \text{ óptimo} = 3,7^\circ + 0,69 * 6,93^\circ$$

$$B \text{ óptimo} = 8,4886^\circ$$

Observamos que se acerca demasiado al valor que nos da la base de datos de la web Atlas Solar Energy.

✓ **Valor del factor por inclinación de módulo fotovoltaico (K)**

Es el valor que determina cuanto varía la intensidad de irradiación de acuerdo a su inclinación, consideraremos el factor para la inclinación óptima, según datos de ATLAS SOLAR ENERGY:

Promedio de Irradiación Global Horizontal = 21,43

Promedio de Irradiación Global con inclinación óptima = 21,6

Reemplazar datos en (E2)

$$k = \frac{21,6}{21,43} = 1,008$$

✓ **Hora Solar Pico (HSP)**

Corresponde a la cantidad de horas en las que obtendremos una hipotética irradiancia de 1000 W con energía solar sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup> para un lugar en concreto. Calculando obtenemos que el factor de conversión resulta:

$$\left(\frac{MJ}{m^2}\right) = 3,6 * HSP$$

$$HSP = \frac{MJ/m^2}{3,6}$$

Para efectos de nuestro diseño del sistema, seleccionamos el dato del mes de valor más bajo de nuestra tabla de datos de radiación solar en día promedio de cada mes para nuestra ubicación (Eten), para trabajar en base a ello.

TABLA 4. Tabla de radiación mensual

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2021												
<b>MJ/m<sup>2</sup></b>	18.55	17.43	17.93	18.31	17.20	14.42	14.93	14.62	15.80	17.29	18.80	18.39

El mes más bajo es junio, con una irradiación de 14,42 MJ/m<sup>2</sup> en un día promedio de este mes.

✓ **Valor de Corrección Atmosférico**

Hace referencia al factor que considera cómo está la atmósfera en la zona dónde se ubicara nuestro cálculo

La atmósfera es zona de nubes, nieblas u otros tipos de contaminación solar, entonces se le resta su 5% a la irradiación normal directa de un día promedio del mes seleccionado.

La atmósfera está limpia, cielo despejado o en parte alta, entonces se le agrega su 5% a la irradiación normal directa de un día promedio del mes seleccionado.

Se considera una atmósfera contaminada, entonces:

$$14,42 \times 95 \% = 14,174 \text{ MJ/m}^2$$

✓ **Valor con factor de inclinación (K)**

Tomaremos la inclinación del ángulo óptimo para los paneles, según dato de ATLAS SOLAR ENERGY, es 8°, y además obtuvimos que para este ángulo y para nuestra altitud y latitud de la zona

Teniendo que k = 1,008, entonces:

$$14,174 \times 1,008 = 14,28739 \text{ MJ/m}^2$$

✓ **Cálculo de HSP**

El número de horas solar pico, para una latitud de 6°, en el mes más desfavorable (junio) sería de:

$$HSP = \frac{\text{MJ/m}^2}{3,6}$$

$$HSP = \frac{14,28739}{3,6} = 3,96872$$

➤ **VELOCIDAD DE VIENTO**

Para este dato usamos la web de wunderground quien recoge los datos de un aeropuerto muy cercano a la ubicación del proyecto

TABLA 5. Velocidad de viento entre los meses abril 2021 hasta la fecha en millas por hora (mph)

MES	V, VIENTO (mph)
Abr-21	15.48333333
May-21	13.63
Jun-21	11.65666667
Jul-21	10.60322581
Ago-21	13.23548387
Set-21	12.85333333
Oct-21	12.85333333
Nov-21	14.89
Dic-21	15.2483871
Ene-22	13.35483871
Feb-22	11.46785714
Mar-22	10.10322581
Abr-22	14.30833333

**Velocidad de viento Promedio anual: 12.95 (mph)**

Los datos de la estación meteorológica han sido tomados a una altura de 33 msnm, la cual es muy cerca a la altura de trabajo del sistema a diseñar, por ello solo convertiremos a m/s de millas por hora, para poder trabajar en unidades del sistema internacional, según el factor de conversión sería:

$$1 \text{ mph} = 2.236936 \text{ m/s}$$

TABLA 6. Velocidad de viento en m/s a una altura de 33 msnm en aeropuerto José

Quiñones, Chiclayo

MES	m/s
Abr-21	6.92
May-21	6.09
Jun-21	5.21
Jul-21	4.74
Ago-21	5.92
Set-21	5.75
Oct-21	5.75
Nov-21	6.66
Dic-21	6.82
Ene-22	5.97
Feb-22	5.13
Mar-22	4.52
Abr-22	6.40

TABLA 7. Variaciones de frecuencias de la Velocidad de viento entre Abril 2021 a abril 2022, en m/s a una altura de 33 msnm.

Velocidad en m/s		Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
RANGO (v)		F	F	f acu
0	1	68	0.05933682	68
1	2	44	0.03839442	112
2	3	101	0.08813264	213
3	4	116	0.10122164	329
4	5	133	0.11605585	462
5	6	121	0.10558464	583
6	7	130	0.11343805	713
7	8	122	0.10645724	835
8	9	103	0.08987784	938
9	10	107	0.09336824	1045
10	11	75	0.06544503	1120

11	12	21	0.01832461	1141
12	13	4	0.0034904	1145
13	14	1	0.0008726	1146
14	15	0	0	1146
<b>TOTAL</b>		<b>1146</b>	<b>1</b>	

TABLA 8. Variación de la velocidad de viento con la Frecuencia Relativa Acumulada

<b>Velocidad viento en m/s RANGO (v)</b>	<b>Frecuencia Relativa acumulada F acu (v)</b>
1	0.05933682
2	0.09773124
3	0.18586387
4	0.28708551
5	0.40314136
6	0.508726
7	0.62216405
8	0.72862129
9	0.81849913
10	0.91186736
11	0.97731239
12	0.995637
13	0.9991274
14	1
15	1

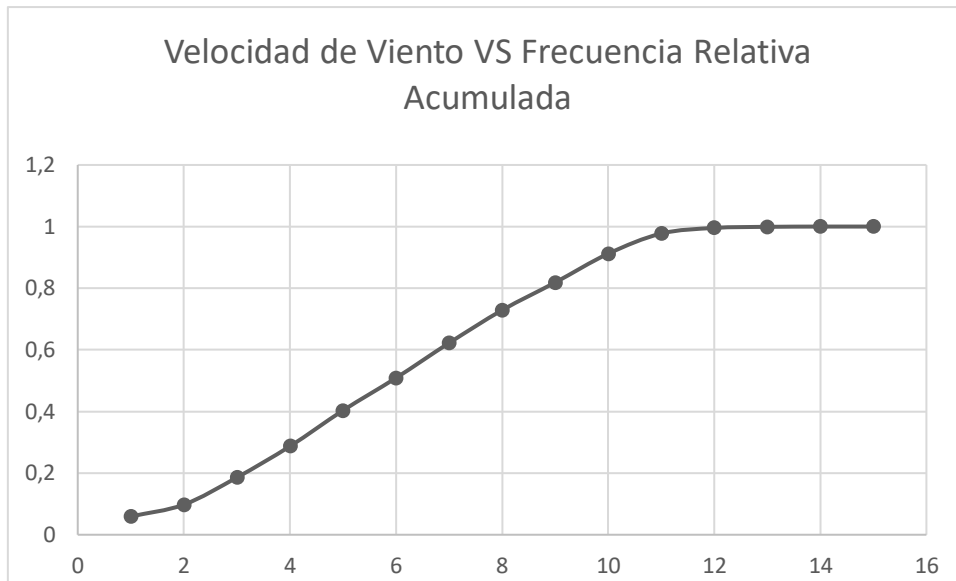


Gráfico 4. Velocidad de viento Vs Frecuencia Relativa Acumulada

✓ **Regresión lineal Simple**

Si se reemplaza las ecuaciones 18 y 19 que son X e Y de una recta, se tiene la siguiente tabla y gráfica:

TABLA 9. Variables de regresión lineal

RANGO (velocidad m/s)	X= Ln (velocidad)	Y= Ln(-Ln(1-Facu))
1	0.0000	-2.7941
2	0.6931	-2.2746
3	1.0986	-1.5817
4	1.3863	-1.0835
5	1.6094	-0.6615
6	1.7918	-0.3414
7	1.9459	-0.0271
8	2.0794	0.2656
9	2.1972	0.5344
10	2.3026	0.8874



11	2.3979	1.3313
12	2.4849	1.6928
13	2.5649	1.9522

Graficando estos valores y activando la línea de tendencia que genera Microsoft Excel.

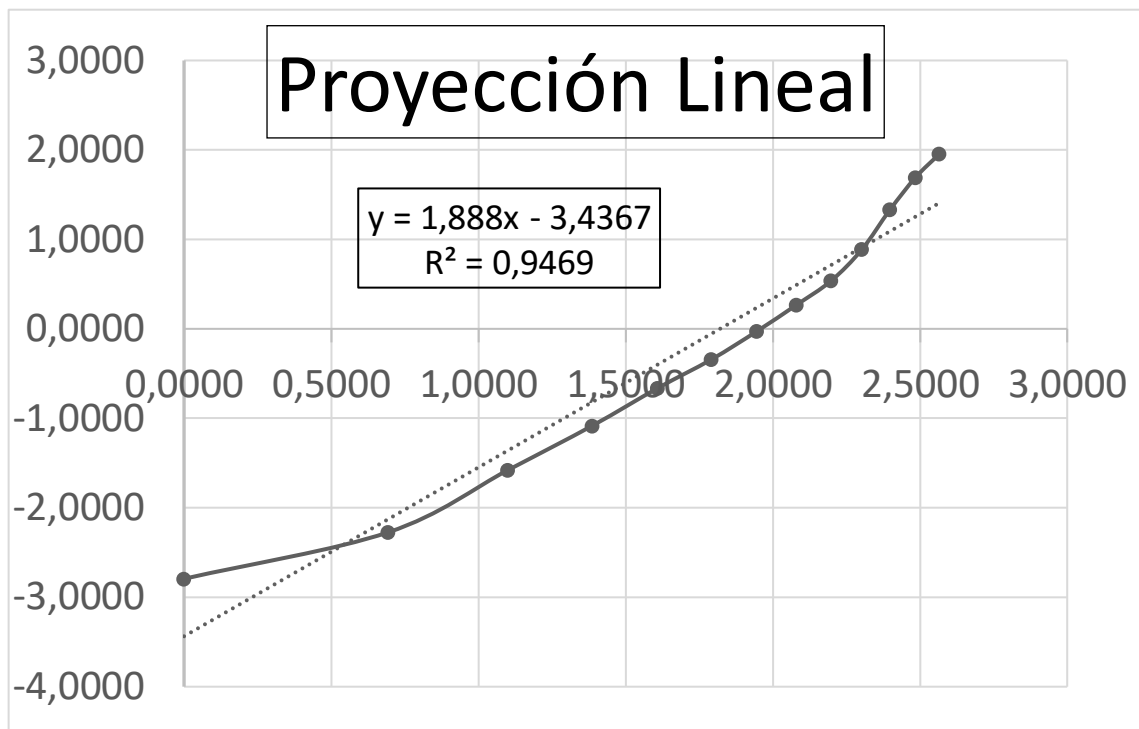


Gráfico 5. Proyección lineal

Excel mismo nos genera la función que proyecta la línea de tendencia o regresión lineal

$$y = 1.888x - 3.4367 \quad (V)$$

Obtenemos:

$$k = 1.888$$

$$b = 3.4367$$

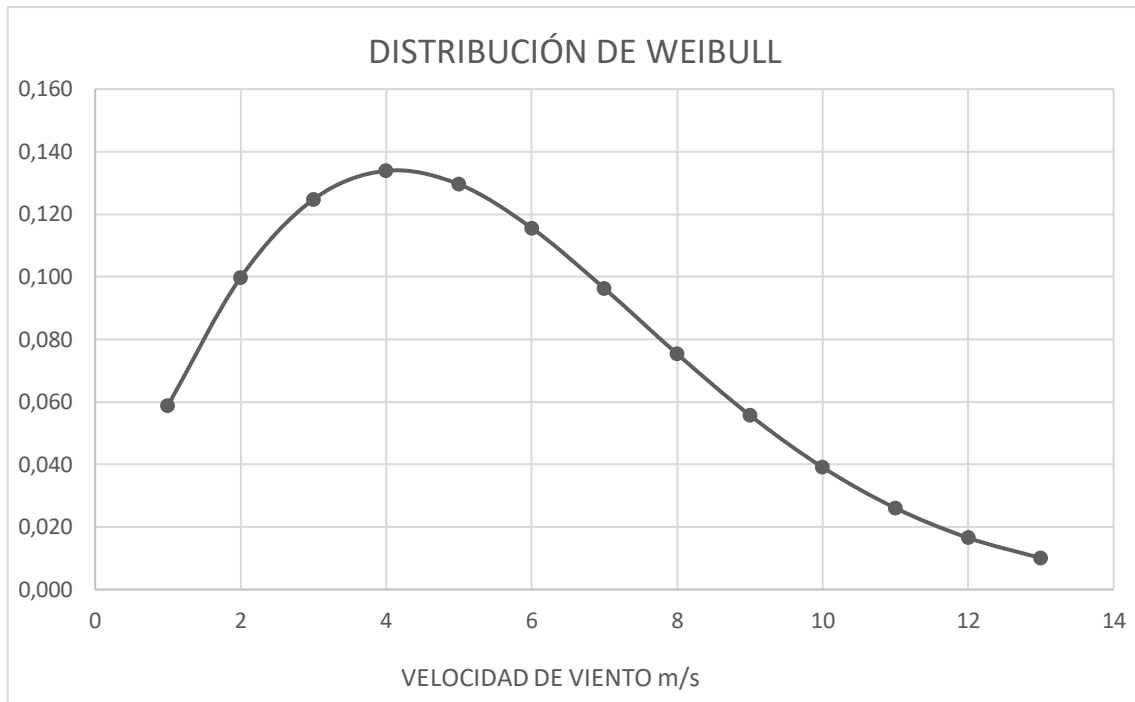
$$C = e^{\frac{3.4367}{1.888}}$$

$$C = 6.173623958$$

### Distribución de Weibull

Velocidad en m/s	Distribución
RANGO	WEILBULL
(v)	
1	0.05881534
2	0.09978495
3	0.12472686
4	0.13387363
5	0.12956034
6	0.1155946
7	0.09624282
8	0.07533666
9	0.05571995
10	0.0390758
11	0.02605122
12	0.01654395
13	0.0100237

Gráfico 6. Gráfico de Distribución de Weibull



**Cálculo de la Potencia de consumo**

**Potencia de Consumo**

TABLA 10. Potencia Consumida

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA (Watts)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA Watts</b>
<b>FOCO LEDS</b>	12	20	240
<b>LAPTOPS</b>	2	40	80
<b>TELEVISOR</b>	1	100	100
<b>PLACHA ELÉCTRICA</b>	1	1000	1000
<b>LAVADORA</b>	1	500	500
<b>LICUADORA</b>	1	1000	1000
<b>REFRIGERADOR</b>	1	350	350
<b>ROTER</b>	1	5	5
<b>MICROONDAS</b>	1	1100	1100
<b>CELULARES</b>	3	5	15

Total, de potencia consumida: 4390

Considerando un factor de simultaneidad de 0,75.

Considerando un porcentaje de seguridad del 20 %.

$$\text{Total pot Requerida} = 4390 * 0.75 + 20\%(4390 * 0.75) = 3951 \text{ w}$$

TABLA 11. Total, Potencia

TOTAL, POTENCIA CONSUMIDA	4390
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	0.75
Le agregamos un factor de seguridad del	20%
TOTAL: POTENCIA REQUERIDA	3951 w

### Potencia según Código Nacional de Electricidad

Área = 150 m<sup>2</sup>,

Máxima demanda de potencia= 5000 W.

Con el factor de simultaneidad de 0,75.

$$\text{Potencia Total Consumida CNE} = 0,75 \times 5000 = 3750 \text{ W}$$

#### ✓ Potencia de Diseño

$$P. \text{cargas} > P. \text{CNE}$$

$$\text{POTENCIA DE DISEÑO} = P. \text{cargas} = 3951 \text{ W}$$

#### ✓ Consumo de energía en un día promedio

Determinamos la energía diaria necesaria a producir con respecto de la potencia de diseño obtenida con las cargas:

TABLA 12: Consumo de Energía

<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA Watts</b>	<b>Horas al día</b>	<b>Energía en Wh POR DÍA</b>
FOCO LEDS	240	8	1920
LAPTOPS	80	4	320
TELEVISOR	100	6	600
PLACHA ELÉCTRICA	1000	0.5	500
LAVADORA	500	1	500
LICUADORA	1000	0.25	250
REFRIGERADOR	350	8	2800
ROTER	5	24	120
MICROONDAS	1100	0.5	550
CELULARES	15	3	45
	<b>TOTAL, ENERGÍA DIARIA</b>		<b>7605</b>

➤ **DIMENSIONAMIENTO SISTEMA HÍBRIDO**

✓ Diagrama de conexión Sistema Híbrido

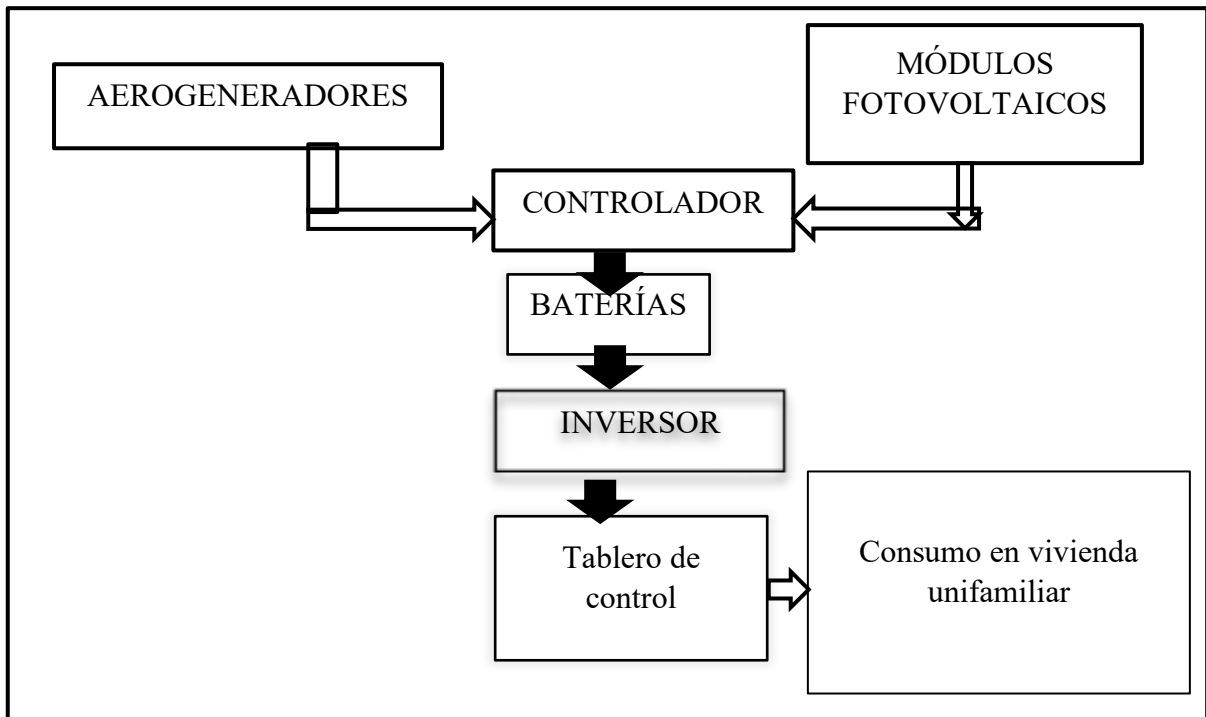


Gráfico 7. Conexión

**Dimensionamiento de módulos fotovoltaicos**

✓ Consumo en energía solar en un día

$$\text{Cons. Energía Solar Fot.} = 60\% \text{ de Total} = 60\% \times 7605 = 4563 \text{ Wh}$$

✓ Selección de Módulo fotovoltaico

TABLA 12. Datos Módulo Seleccionado

Denominación	Símbolo	MONO SOLAR PV MODULES (120 M6 HALF-CUT CELLS)	
Potencia Pico	Pmax	350	W
Voltaje Nominal	Vnom	24	V
Corriente a Máxima Potencia	Imp	10.84	A
Voltaje a máxima potencia	Vmp	34.6	V
Voltaje en circuito abierto	Vca	41.5	V
Corriente en cortocircuito	Isc	11.34	A

✓ **Rendimiento global del sistema fotovoltaico ( $R_f$ )**

$$R_f = (1 - K_b - K_c - K_r - K_v)$$

Donde:

$K_b$ : 0,02

$K_c$ : 0,02

$K_r$ : 0,04

$K_v$ : 0,02

$$R_f = (1 - 0,02 - 0,02 - 0,04 - 0,02)$$

$$R_f = 0,9$$

✓ **Número de paneles o módulos fotovoltaicos**

**Energía diaria necesaria del sistema fotovoltaico**

$$E_f = \frac{4563}{0,9}$$

$$E_f = 5070 \text{ Wh en un Día}$$

**Energía en Ah producida al día por un panel fotovoltaico ( $E_{mp}$ )**

$$E_{mp} = 10,84 \times 3,968$$

$$E_{mp} = 43.02 \text{ Ah / panel al día}$$

**Número de paneles en serie (N serie)**

$$N \text{ serie} = \frac{24}{24} = 1 \text{ módulos}$$

**Número de paneles en paralelo (N paralelo)**

$$N_{\text{paralelo}} = \frac{5070}{43.02 \times 24} = 4.91 = 5 \text{ cadenas paralelo}$$

**Total: Número de Módulos fotovoltaicos (N)**

$$N = 1 \times 5 = 5 \text{ Módulos fotovoltaicos}$$

**Intensidad de corriente sistema fotovoltaico**

$$I_{\text{sfot}} = 10.84 * 5$$

$$I_{\text{sfot}} = 54.2 \text{ A}$$

✓ **Disposición de módulos fotovoltaicos (sombras)**

**Ángulo de inclinación del sol con respecto a la ubicación del sistema ( $\alpha$ )**

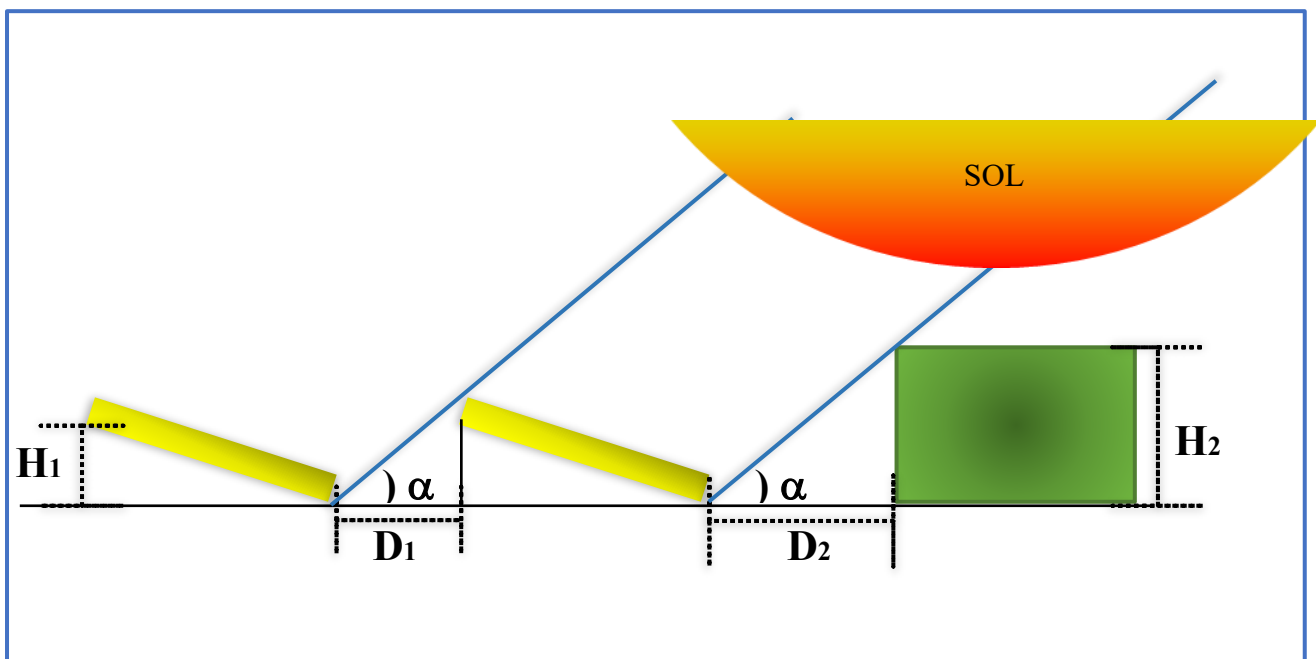


Gráfico 8. Elevación del sol respecto a la Horizontal

De la ilustración 15 tenemos que la elevación del sol respecto a la horizontal es igual a  $59^\circ$  como referencia de las 13 horas del día.

Ahora teniendo una latitud con valor de  $6,94^\circ$ , entonces:

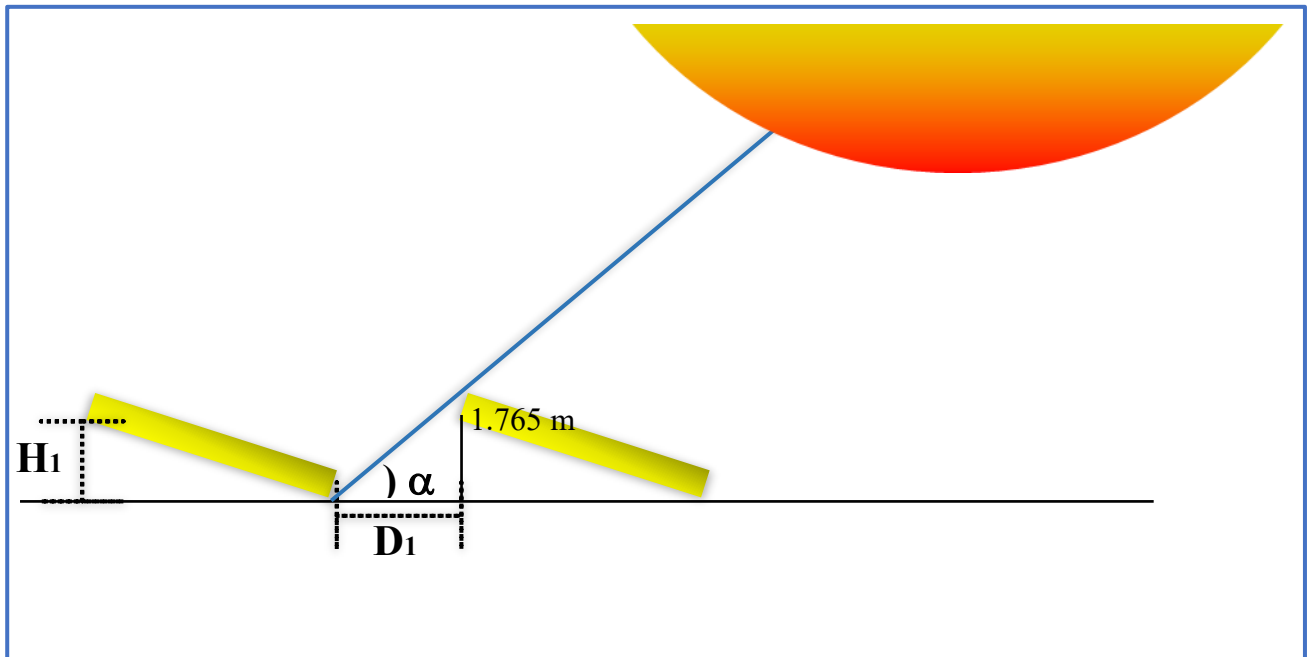
$$\alpha = 59^\circ - 6.94^\circ = 52.061^\circ$$



### Distancia entre filas de paneles (D1)

Primero hay que encontrar la altura H1 que se da en los paneles.

Sabiendo que el largo de los módulos fotovoltaicos por dato en ficha técnica es 1.765 metros y el ángulo al que está sometido cada módulo es el ángulo óptimo con un valor de 8°. Altura de Paneles.



Por trigonometría tenemos:

$$\text{sen}(8^\circ) = \frac{H1}{1.765}$$

$$H1 = 1.765 \times \text{sen}(8^\circ)$$

$$H1 = 0,246$$

Luego también:

$$\text{tan}(\alpha) = \frac{H1}{D1}$$

Entonces nos quedaría que la distancia (D1):

$$D1 = \frac{H1}{\text{tan}(\alpha)} = \frac{0,246}{\text{Tan}(52.061^\circ)}$$

$$D1 = 0,192$$

### Distancia frente a obstáculo (D2)

Si es que existe o existiera un obstáculo cerca de la instalación, debemos revisar el tamaño de tal y calcular a qué distancia es correcto colocar nuestro sistema.

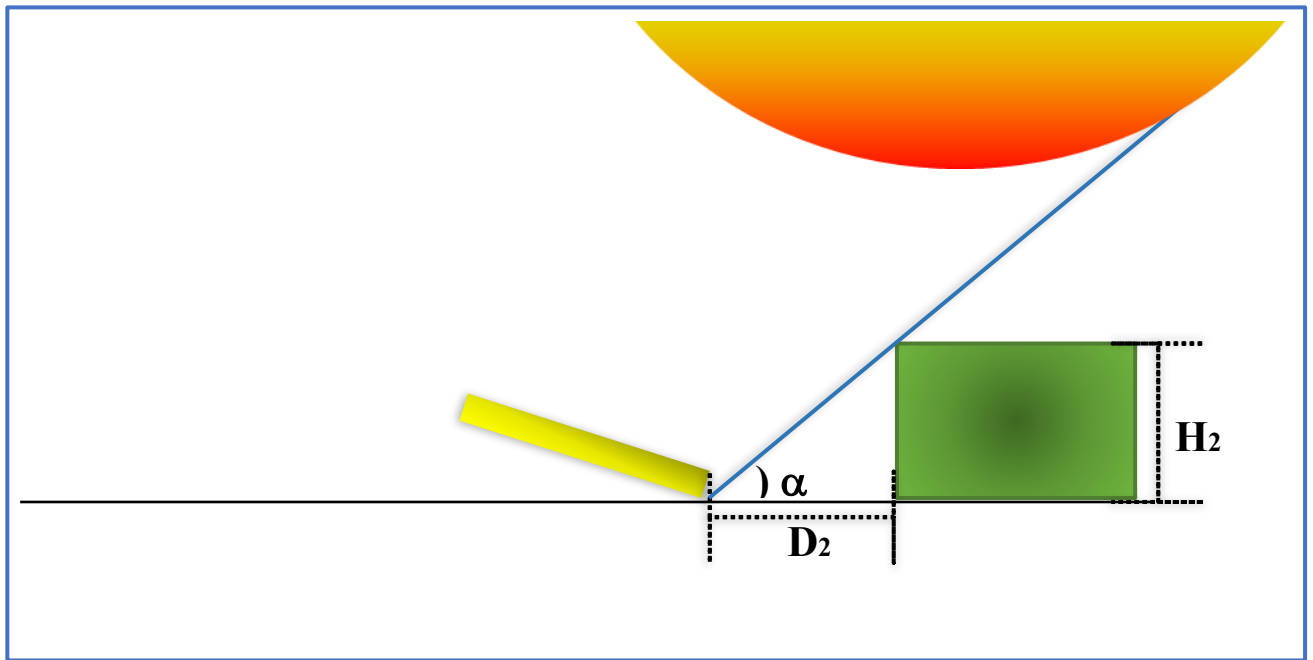


Gráfico 9. Altura Obstáculo

Por trigonometría:

$$\tan(\alpha) = \frac{H2}{D2}$$

Entonces nos quedaría:

$$D2 = \frac{H2}{\tan(\alpha)} = \frac{H2}{\tan(52.061^\circ)}$$

Para este ítem haremos el cálculo de la distancia a diferentes alturas de obstáculo:

TABLA 13. Sombras de obstáculos

H2 (m)	$D2 = \frac{h2}{\tan(52.061^\circ)}$
1	0.779564
2	1.559128
3	2.338692
4	3.118256
5	3.89782
6	4.677384
7	5.456948
8	6.236512
9	7.016076
10	7.79564
11	8.575204
12	8.6070055

✓ **Dimensionamiento de sistema eólico**

**Energía requerida de energía eólica (Eeo)**

$$E. Eólica (Eeo) = 40\% \text{ de Consumo de Energía} = 40\% \times 3951 = 1580.4 \text{ W}$$

**Potencia Requerida de energía eólica (Peo)**

$$Potencia Eólica (Peo) = 40\% \text{ de Potencia de diseño} = 40\% \times 7605 = 3042 \text{ Wh}$$

**Comparación de aerogeneradores**

Todos los aerogeneradores escogidos tienen un voltaje nominal de 24 V, en concordancia con el voltaje de sistema usado en el cálculo fotovoltaico.

TABLA 14. Aerogeneradores

AEROGENERADOR	MARCA Y MODELO	NÚMERO DE HÉLICES	Velocidad Nominal m/s	Diámetro(m)	Cp	P Nom (W)
A1	ENAIR 70 PRO	3	11	4.3	0.3	4000
A2	HLD	3	9	3.2	0.2	2000
A3	ENAIR 30 PRO	3	11	3.8	0.2	1900
A4	BORNAY WIND + 25.2	2	12	4.05	0.25	3000
A5	BORNAY WIND + 13	2	12	2.65	0.15	1000

**Número de aerogeneradores requeridos**

$$\#A = P_{eo}/P_{Nom}$$

TABLA 15. Cálculo número de aerogeneradores

AEROGENERADOR	$\#A = P_{eo}/P_{Nom}$	Nº AEROGENERADORES
A1	0.3951000	1
A2	0.7902000	1
A3	0.8317895	1
A4	0.5268000	1
A5	1.5804000	2

**Cálculo de corriente de aerogeneradores (I<sub>ae</sub>)**

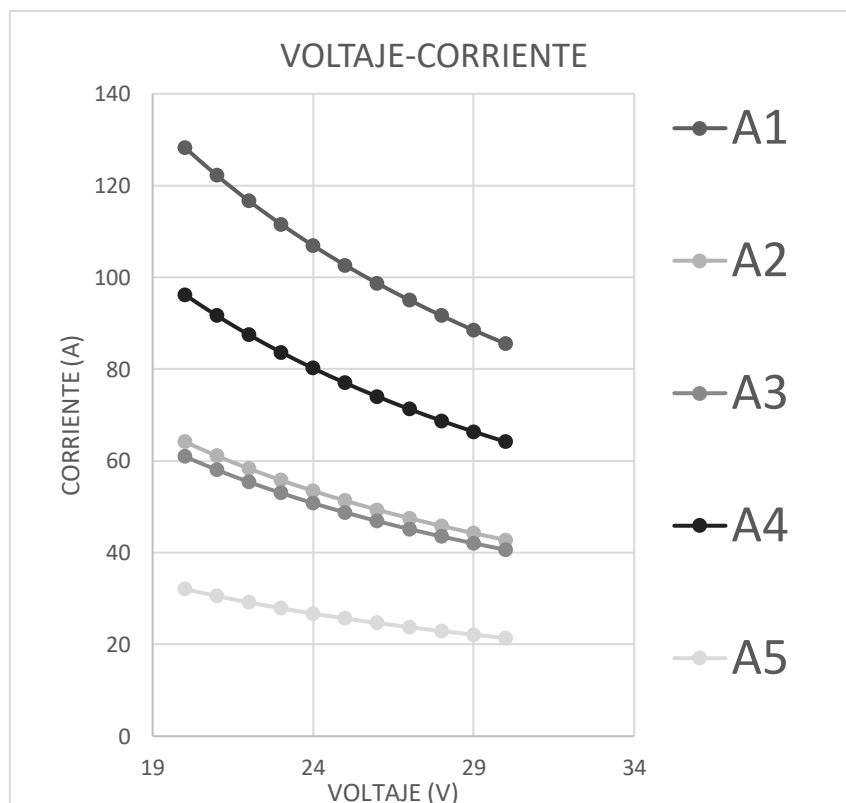
$$I_{ae} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot (fp)}$$

Se considera un factor de potencia igual a 0,9, los datos obtenidos de corriente se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 16. Corriente en Aerogeneradores

VOLTAJE (V)	CORRIENTE A1	CORRIENTE A2	CORRIENTE A3	CORRIENTE A4	CORRIENTE A5
20	128.3000598	64.1500299	60.9425284	96.22504486	32.075015
21	122.1905332	61.0952666	58.0405033	91.64289987	30.5476333
22	116.636418	58.318209	55.4022986	87.47731351	29.1591045
23	111.5652694	55.7826347	52.993503	83.67395206	27.8913174
<b>24</b>	<b>106.9167165</b>	<b>53.4583583</b>	<b>50.7854403</b>	<b>80.18753739</b>	<b>26.7291791</b>
25	102.6400479	51.3200239	48.7540227	76.98003589	25.660012
26	98.69235371	49.3461769	46.878868	74.01926528	24.6730884
27	95.03708135	47.5185407	45.1426136	71.27781101	23.7592703
28	91.64289987	45.8214499	43.5303774	68.7321749	22.910725
29	88.48279988	44.2413999	42.0293299	66.36209991	22.1207
30	85.53337321	42.7666866	40.6283523	64.15002991	21.3833433

Gráfico 10. Voltaje Corriente Aerogeneradores



Selección de aerogenerador

El criterio es tener el aerogenerador que contiene menor número de unidades, y además sus valores de corriente no sean ni muy elevados ni muy bajos, por ello para este trabajo se selecciona el aerogenerador A2, el cual corresponde a un HLD de Potencia Nominal 2000 W y un coeficiente de potencia  $C_p=0,2$ .

### Energía diaria producida por el aerogenerador (E<sub>pae</sub>)

$$h = Weibull * 24$$

TABLA 17. Horas de incidencia diaria

Viento (m/s)	WEILBULL	Horas por día (h)
1	0.056	1.345427972
2	0.096	2.295716043
3	0.120	2.890513563
4	0.130	3.130810185
5	0.128	3.063207903
6	0.115	2.768044875
7	0.097	2.338361568
8	0.078	1.86046392
9	0.058	1.401034038
10	0.042	1.002095055
11	0.028	0.682529478
12	0.018	0.443551739
13	0.011	0.275457931
14	0.007	0.163682827
15	0.004	0.093162563

Según dato de ficha técnica, el aerogenerador seleccionado trabaja con velocidades a partir de 3 m/s, por ello en el total solo se suma la energía producida desde 4 m/s para arriba.

$$E_{pae} = h * P_{nom} * C_p$$

TABLA 18. Energía diaria del aerogenerador seleccionado

<b>Horas por día</b>	<b>Energía del A2 (Wh)</b>
1.345427972	538.1711888
2.295716043	918.286417
2.890513563	1156.205425
3.130810185	1252.324074
3.063207903	1225.283161
2.768044875	1107.21795
2.338361568	935.3446272
1.86046392	744.1855681
1.401034038	560.4136152
1.002095055	400.8380222
0.682529478	273.0117912
0.443551739	177.4206957
0.275457931	110.1831725
0.163682827	65.47313086
0.093162563	37.26502506
<b>TOTAL</b>	<b>4276.297802</b>

Observamos que nuestra energía producida es un poco mayor a la energía considerada de consumo en el diseño, con ello comprobamos que la selección de aerogenerador es correcta.

$$E_{pae} > E_{eo}$$

$$4276.298 > 3042$$

✓ **Controlador de voltaje**

Voltaje de trabajo del regulador: 24 V

Intensidad mínima del regulador:

$$I_{reg\ min} = 1.1x(I_{\text{paneles fot.}} + I_{\text{aerogeneradores}})$$

$$I_{reg\ min} = 1.1x(54.2 + 53.5)$$

$$I_{reg\ min} = 1.1x107.7$$

$$I_{reg\ min} = 118.42$$

Se selecciona un regulador híbrido PWM marca Avian Wind Solar, con voltaje de 24 V y potencia de 3900 W en nominal, lo que por ley de ohm resulta una corriente de:

$$I = \frac{3900}{24}$$

$$I = 162.5\ A$$

✓ **Cálculo de sistema de baterías**

Valores de batería seleccionada (su ficha técnica se encuentra en anexos):

Capacidad nominal batería: 48 Ah

Tensión nominal batería: 24 V

✓ **Capacidad requerida de baterías**

**Teniendo:**

Consumo energía diario: 7605 Wh..... (tabla 13).

Autonomía= 8 horas, en unidades día sería=8/24,

Solo se toma 8 horas debido a que las proporciones de energía del sol y viento suelen ser estables, y se tiene la ventaja que, gracias al suministro de viento, también se tendrán cargadas las baterías en la noche.

Profundidad de descarga: Se considera en este estudio hasta un valor de 75 %.

$$Cap.\ Req.\ Bat. = \frac{7605 * 8/24}{24 * 75\%} = 140.83Ah$$



✓ **Número de baterías**

$$\text{Número de Baterías} = \frac{140.83}{48} = 3 \text{ baterías.}$$

✓ **Inversor**

La potencia mínima del inversor debe ser igual a la potencia de diseño.

Potencia de diseño: 3951 W ..... (tabla....12)

Tensión de entrada: 24 V CC

Tensión de salida: 220 V CA

Se selecciona un inversor de voltaje de entrada hasta 24 V en corriente directa, y de voltaje de salida hasta 220 V en corriente alterna. Con una potencia de 4000 W. Ver ficha técnica en Anexos.

✓ **Cálculo de sección mínima de conductor entre equipos**

La longitud y el % caída de tensión son desconocidas así que se asume unos valores razonables.

✓ **Conductor Paneles-Regulador**

I= Corriente Máx. Fot. = 54.2 A

$\Delta V$  = Porcentaje por Voltaje entre Paneles a Regulador= 3% x 24 V= 0.72 V

Longitud= 5 m

$$\text{Seccion panel regulador} = \frac{(2 * 5 * 54.2)}{(56 * 0.72)} = 13.442\text{mm}^2$$

✓ **Conductor aerogenerador regulador**

I= Corriente Aerogenerador. = 53.46 A

$\Delta V$  = Porcentaje por Voltaje entre Aerogenerador a Regulador= 3% x 24 V= 0.72 V

Longitud= 6 m

$$\text{Sección Aerogenerador – Regulador} = \frac{(2 * 6 * 53.46)}{(56 * 0.72)} = 15.91 \text{ [mm}^2\text{]}$$

✓ **Conductor regulador baterías**

I= Corriente Regulador = 118.42 A

$\Delta V$  = Porcentaje por Voltaje Regulador= 3% x 24 V= 0.72 V

Longitud= 2.5 m

$$\text{Sección regulador – baterías} = \frac{(2 * 2.5 * 118.42)}{(56 * 0.72)} = 14.686 \text{ [mm}^2\text{]}$$

✓ **Conductor Baterías Inversor**

I= Corriente Baterías = 118.42 A

$\Delta V$  = Porcentaje por Voltaje Regulador= 1% x 24 V= 0.24 V

Longitud= 1 m

$$\text{Sección baterías – inversor} = \frac{(2 * 1 * 118.42)}{(56 * 0.24)} = 17.623 \text{ [mm}^2\text{]}$$

TABLA 19. Resumen cálculo de paneles solares

HSP	3.9687	
Voltaje Nominal del Módulo Fotovoltaico	24	V
Intensidad de corriente a máxima potencia	10.84	A
Número de paneles necesarios:	5	
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico:	54.2	A
Energía producida al día	5162.51	Wh
Energía diaria necesaria de los paneles solares:	5162.51	Wh
Distancia entre filas de paneles ubicados a ángulo óptimo	0.1914925	m
Distancia entre paneles con un obstáculo para altura 3 m	2.338692	m

TABLA 20. Resumen aerogeneradores

Potencia Requerida	1580.4	W
Aerogenerador seleccionado	A2, HLD 2000, 3 hélices	
Cantidad de aerogeneradores	1	
Potencia Nominal Aerogenerador	2000	W
Corriente	53.45835826	A
Diámetro(m)	3.2	m
Coeficiente de potencia	0.2	
Energía Generada Diaria	4276.297802	Ah
Energía Necesaria diaria	3042	Ah

TABLA 21. Resumen otros equipos

	Voltaje (V)	Cantidad	Descripción de equipo
Controlador de Carga	24	1	24V, 120A
Baterías	24	3	24V, 48 Ah
Inversor	24	1	24 V, 4000 W

TABLA 22. Sección mínima de conductor entre equipos

Detalle	Longitud (m)	Corriente (A)	%Caída de tensión	Tensión (V)	Sección mínima (mm <sup>2</sup> )
Paneles - Regulador	5	54.2	3	24	13.44
Aerogenerador - Regulador	6	53.46	3	24	15.91
Regulador - Baterías	2.5	118.42	3	24	14.69
Baterías - Inversor	1	118.42	1	24	17.62

➤ **Análisis Económico**

✓ **Costo de Inversión**

De acuerdo a los valores estándares en el mercado, de diversos fabricantes,

TABLA 23. Costos de los equipos

Se	Descripción	Precio unitario (/S)	Cantidad	Importe
	Paneles solares	800	5	4000
	Inversor	600	1	600
	Controlador de voltaje	400	1	400
	Baterías	300	3	900
	Aerogenerador	1500	1	1500
	terreno (m <sup>2</sup> )	15	100	1500
	<b>Total (Soles)</b>			<b>8900</b>

considera un tiempo de instalación equivalente a 2 días laborales, serían 16 horas de trabajo

TABLA 24. Costos de Instalación

Descripción	Precio hora (/S)	horas	Importe
Ingeniero	45	16	720
Operario Técnico electricista	20	16	320
Operario ayudante 1	12	16	192
Operario ayudante 2	12	16	192
Operario de grua	20	8	160
Alquiler de grua	50	8	400
<b>Total (Soles)</b>			<b>1984</b>

Para el transporte, los paneles solares los entregan en la zona solicitada, mientras que el aerogenerador y los demás equipos se tienen que traer desde Lima, haciendo consideraciones el costo de transporte equivale a:

TABLA 25. Costo de Transporte de Equipos

Descripción	Precio unitario (/S)	Cantidad	Importe(/S)
Transporte de equipos a zona de instalación	2000	1	2000

TABLA 26. Total, costo de Inversión

<b>Descripción</b>	<b>Costos (/\$)</b>
Costo total equipos	8900
Transporte	2000
Instalación	1984
<b>TOTAL, INVERSIÓN</b>	<b>12884</b>

✓ **Costos de Mantenimiento**

También se considerará el mantenimiento que se le tiene que dar a la instalación, se le va a tratar en costos mensuales, de tal forma que los mantenimientos que se hacen al año o dos años, se transforman a su valor en meses.

TABLA 27. Mantenimiento mensual sistema híbrido

<b>Descripción</b>	<b>Unidades al mes</b>	<b>Costo Unitario (/\$)</b>	<b>Importe (/\$)</b>
Limpieza de paneles (útilería, operario)	1	10	10
Inspección Aerogenerador, Revisión Baterías, Inversor, Contr.	1 / 60 1 vez cada 60 meses	500	8.333333
Mantenimiento general del sistema híbrido, (mantenimiento preventivo, correctivo, incluido los repuestos)	1 / 120 1 vez a los diez años (120 meses)	1500	12.5
Total mantenimiento mensual (Soles)			30.83333

✓ **Costo KW-h**

Para ello se debe sumar el costo total mantenimiento en un tiempo determinado más el costo de inversión del sistema y dividir entre la cantidad de Kilowatts hora generadas en ese tiempo determinado.

Si determinamos un tiempo de 12 años (144 meses) para evaluar el costo del KW-h, se tendrá las siguientes tablas:

TABLA 28. Costo total del sistema en 12 años

Total inversión	s/ 12884
Mantenimiento 144 meses	s/ 30.8333 x 144 = 4440
<b>Costo del sistema en 12 años</b>	<b>s/ 17324</b>

TABLA 29. Energía generada en 12 años

	Solar	Eólica	Total
Factor de planta	0.9	0.9	
Energía producida diaria (KW-h)	5.162510976	4.276298	9.438809
Energía producida mensual (KW-h)	139.3877964	115.46	254.8478
Energía generada en 1 año (KW-h)	1695.884856	1404.764	3100.649
<b>Energía generada en 12 años (KW-h)</b>	<b>20350.61827</b>	<b>16857.17</b>	<b>37207.78</b>

TABLA 30. Costo del KW hora

Costo del sistema en 12 años	Energía producida en 12 años	Costo del KWh
17324	37207.78	0.465601

✓ **Ahorro en energía y costo**

TABLA 31. Ahorro Mensual

	1 KW-h	1 MES= 254.8 KW-h
COSTO DEL KW-h GENERADO	s/ 0.4656015	s/ 118.657534
COSTO DEL KW-h CONSECIONARIA MAS CERCANA (ENSA)	s/ 0.988	s/ 252
DIFERENCIA DE COSTOS (AHORRO)	s/ 0.522	<b>s/ 133</b>

## VAN y TIR

Tasa de crecimiento del mantenimiento: 0,1 %

Tasa de crecimiento de las ganancias en ahorro de energía: 0,3 %

TABLA 1. Egresos e Ingresos

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Egresos</b>	<b>16600.7</b>	<b>370.0</b>	<b>370.4</b>	<b>370.7</b>	<b>371.1</b>	<b>371.5</b>	<b>371.9</b>	<b>372.2</b>	<b>372.6</b>	<b>373.0</b>	<b>373.3</b>
COSTO INV.	8900										
Mano de obra INST.	1984										
Transp.	2000										
Mant.	3716.694478	370	370.37	370.74037	371.11111	371.48222	371.8537	372.22556	372.59778	372.97038	373.34335
<b>Ingresos</b>	<b>12951.1</b>	<b>1277.7</b>	<b>1281.6</b>	<b>1285.4</b>	<b>1289.3</b>	<b>1293.1</b>	<b>1297.0</b>	<b>1300.9</b>	<b>1304.8</b>	<b>1308.7</b>	<b>1312.6</b>
Ahorro de energía		1597.1487	1601.9401	1606.7459	1611.5662	1616.4009	1621.2501	1626.1138	1630.9922	1635.8851	1640.7928
<b>Beneficios</b>	<b>-3649.6</b>	<b>907.7</b>	<b>911.2</b>	<b>914.7</b>	<b>918.1</b>	<b>921.6</b>	<b>925.1</b>	<b>928.7</b>	<b>932.2</b>	<b>935.7</b>	<b>939.3</b>

TABLA 2. VAN y TIR

<b>VAN s/</b>	<b>1549.9</b>
<b>TIR</b>	<b>22%</b>

### 3.2. Discusión

- Borbor desde Ecuador presenta un trabajo donde diseña el uso de paneles solares para unas viviendas, considera el uso de diversos equipos eléctricos que permitirán una mejor calidad de vida de los pobladores.
- Tiller habla sobre la viabilidad de los proyectos con energía eólica, en realidad si se observa en los resultados la comparación entre el costo de energía generada y el costo de energía de la web
- Los datos de velocidad de viento se han analizado con las frecuencias estadísticas y
- la distribución de Weibull, lo que permite conocer la incidencia a futuro que tendrán las velocidades de viento.
- La radiación solar obtenida de la Web necesita ser transformada a Hora Solar Punta para así poder evaluar el potencial solar de la zona.
- Santa Cruz hace referencias notables respecto a cómo se debe realizar los cálculos de número de paneles solares, de controlador de carga, de inversores y de baterías.
- La potencia obtenida de equipos a utilizar está relacionada con los artefactos electrodomésticos más comunes que se utilizan en la sociedad y que permiten una gran ayuda en el hogar, como lo menciona Pajares, en la minigeneración se tiene que establecer las cargas para saber con cuanto se tiene que abastecer, y lo mismo para la consideración de la energía, hay que establecer cuantas horas al día se usan los equipos y reconocer la cantidad de KW-h necesarios por día.
- Rodriguez Karen hace un detalle de la importancia de saber escoger las baterías, ya que existen diversas marcas con diversas capacidades, además de que



considerar una autonomía que permita tener energía todo el tiempo en las instalaciones.

- Los controladores de carga, protegen a las baterías de cualquier sobretensión, además permiten mantenerlo conectado todo el tiempo sin ningún problema, tienen su panel de programación que permitirán que se carguen las baterías en cuanto se supere lo programado de autodescarga.
- Agustín Castejón acentúa que los inversores de corriente lograrán que se tenga corriente del tipo alterna, que oscile las cargas y se pueda utilizar en las casas.
- Siempre que el conductor no supere los datos calculados, entonces la caída de tensión será leve y no generará problemas.
- Los costos de mantenimiento serán periódicos, sin embargo, durante buenos tiempos no son necesarios, pero aún así se consideran y se suman como gastos permanentes en el cálculo de los egresos.
- El evaluar los ingresos en comparación con el costo de energía actual permite conocer cuánto se está ahorrando al instalar el sistema híbrido solar fotovoltaico-eólico.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Las condiciones meteorológicas del lugar de trabajo son favorables tanto en radiación solar como en velocidad de viento, por ello el potencial energético del lugar está ligado a la energía solar y eólica
- El análisis de estadístico de velocidad de viento es importante porque permite conocer la variación de los datos dentro de un futuro incierto y así evaluar el potencial eólico.
- Para la evaluación del potencial solar se ha utilizado los cálculos conocidos en función de las horas solar pico, consideración de corrección atmosférica, determinación de ángulo óptimo y factor de inclinación
- La potencia de diseño está en función de lo que requiere una vivienda promedio considerando la calidad de vida actual, además se compara con la potencia sugerida por el código nacional de Electricidad: Utilización, la cual considera la potencia de acuerdo al área de la vivienda
- Los cálculos de paneles solares se basan en las características técnicas de un módulo fotovoltaico seleccionado.
- Para el aerogenerador se hace comparaciones de algunos tipos, marcas y tamaños de equipos, los cuales luego son comparados y se selecciona el que mejor rinde.
- Se encontró que se requieren cinco paneles de trescientos setenta y cinco Watts y un aerogenerador de dos mil Watts para abastecer a la vivienda considerada.
- Hacer un cálculo correcto de las características de equipos que se requieren permite un mejor funcionamiento y una reducción de los gastos, se solicita los equipos a la medida de la necesidad, para que no se sobrepasen los gastos ni falte algo.

- El análisis económico nos permite conocer la viabilidad del proyecto, el saber si es una buena inversión, en base a eso se puede instalar todo con confianza. Los índices de la tasa interna de retorno y el valor actual neto indican parámetros proyectados a futuro de la rentabilidad del sistema.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se debe verificar en la información a utilizar sea de base de datos confiables por organizaciones reconocidas a nivel nacional o mundial.
- Se debe tomar en cuenta la zona donde se va desarrollar el proyecto porque en base a las condiciones metrológicas del tal lugar se obtiene los cálculos de potencial energético
- Siempre el análisis estadístico es fundamental ya que permite ver la realidad futura de los datos escogidos.
- La potencia y energía consideradas para el diseño deben estar lo más cercanas a la realidad de la vivienda de diseño y la calidad de vida de la zona. Es muy diferente lo que se considera en zona rural, urbana, o costa, sierra y selva.
- Los factores de seguridad siempre se consideran ya que permiten darle un valor adicional al diseño por si algo falte considerar.
- Se considera los precios de los equipos diseñados como una función adicional a los parámetros calculados para tener más claro qué equipos elegir tanto por sus características técnicas como por su costo.
- Se toma un tiempo para establecer los costos totales en ese tiempo y calcular el costo de kw hora hasta ese tiempo, un dato interesante es que después de ese tiempo considerado el costo de la energía es casi gratis ya que solo se consideraría algunos gastos por mantenimiento.

## REFERENCIAS

- [1] J. A. P. Rodríguez, «El problema energético mundial. Energías renovables y cambio climático,» *Energy Management*, 16 11 2019.
- [2] V. Samarina, T. Skufina y A. Samarin, «Fuentes de energía alternativas: oportunidades, experiencia y,» *Revista Internacional de Economía y Política Energética Perspectivas de las regiones rusas en el contexto de las tendencias mundiales*, 2018.
- [3] «Energy Information Administration,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.eia.gov/>.
- [4] Gestion, «El 11% de los habitantes del planeta siguen sin tener electricidad,» 2019.
- [5] Bloomberg, «La energía solar y eólica alcanzó el 67% de la capacidad nueva de energía eléctrica agregada a nivel mundial en 2019,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.bloomberg.com/latam/blog/la-energia-solar-y-eolica-alcanzo-el-67-de-la-capacidad-nueva-de-energia-electrica-agregada-a-nivel-mundial-en-2019/>.
- [6] Electrificación rural, «Informe Quinsenal de la snmp,» *Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía*, 08 2015.
- [7] L. M. T. Sandoval, «“Diseño de un sistema de generacion hibrido eolico solar paea la electrificacion rural al caserío San Pablo distrito de Pacora ,departamento de Lambayeque,» Pacora , 2019.
- [8] G. B. F. Diaz, «Dimensionamiento de un sistema eléctrico con energía solar y eólico para electrificar el caserío Chochor en el distrito de Morrope departamento de Lambayeque”,» Lambayeque, 2019.
- [9] E. O. Camargo, J. E. C. Becerra y J. I. S. Ortega, «Caracterización de los potenciales de Energía Solar y Eólica para la integración de Proyectos sostenibles en Comunidades Indígenas en La Guajira Colombia,» *Espacio*, vol. 38, p. 11, 2017.
- [10] A. B. Telles, «Prospectiva de la energía eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica,» Mexico, 2017.
- [11] C. Tiller, «Case Study of a Large-Scale Solar and Wind Power Hybrid System at Fakken Wind Farm, Troms,» noruega, 2017.
- [12] M. ., M. Mikati, «Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 09 2012.

- [13 K. J. H. Rodríguez, «Dimensionamiento e implementación de un sistema híbrido Eólico-Solar Fotovoltaico para abastecimiento de Energía Eléctrica en la Institución Luis Carlos Galán de Cazucá Soacha,» Colombia-Bogotá, 2020.
- [14 B. C. Kwasney, M. Heron Magno, F. Polzin Druciaqui y F. Franco Netto, «Alternativa de energía eólica y solar: Estudio de la Región Sur de Brasil entre 2006 y 2014,» *Espacio*, vol. 38, 2017.
- [15 J. J. J. Rojas, «Diseño de un sistema eléctrico híbrido para,» Huancayo, 2021.
- [16 A. Torres, «Diseño de un sistema de generación solar-eólico para ser aplicado en electrificación rural en el distrito de Andagua,» Arequipa, 2017.
- [17 J. S. J. I. Reyes, «Diseño de sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío Choruro en Huambos departamento de Cajamarca,» Lambayeque -Peru, 2019.
- [18 J. J. V. Díaz, «Diseño de un sistema eléctrico híbrido eólico - solar simulado con HOMER para atender la demanda eléctrica del caserío Lanchemonchos - Chota - Cajamarca,» Lambayeque, 2019.
- [19 P. E. M. Gustavo, «Generación Híbrida de 2Kw para el Centro Poblado Laguna Humana Distrito de Salas,» Chiclayo -Peru, 2017.
- [20 T. J. Rodolf, «APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS SOLAR Y EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERIO SANDOVAL Y VALLEJO DISTRITO DE MOTUPE-LAMBAYEQUE,» Lambayeque, 2019.
- A. Sarmiento-Sera, «Evaluación de una estación eólica-fotovoltaica conectada a la red para recargar omnibus Eléctricos,» 02 Abril 2019.
- [22 G. S. H. Agustín Castejón Oliva, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.
- [23 M. C. G. C. Karen Juliana Huérfano Rodríguez, «DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR FOTOVOLTAICO PARA ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INSTITUCIÓN LUIS CARLOS GALÁN DE CAZUCÁ,» Colombia, 2020.
- [24 J. Santa Cruz, «Diseño de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del centro poblado Nueva Esperanza ubicado en el distrito de Catache, Santa Cruz Cajamarca,» 2018.
- [25 C. J. Saire Huamani, «PROCESO DE FORMACIÓN DOCENTE EN CREACIÓN DE PROBLEMAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TABLA DE FRECUENCIA BAJO EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO ESTADÍSTICO,» 2018.

- [26 Banco Mundial , «Atlas solar Energy,» 2022. [En línea]. Available:  
] <https://globalsolaratlas.info/detail?s=-5.726222,-78.526707&m=site&c=-6.086846,-77.729042,9&pv=medium,0,8,100>.
- [27 WUNDERGRAUND, «Historia del Tiempo en Chiclayo, Lambayeque, Perú,» 2022.  
] [En línea]. Available:  
<https://www.wunderground.com/history/monthly/pe/chiclayo/SPHI/date/2022-4>.
- [28 Autosolar , «Modulos Fotovoltaicos,» 2022. [En línea]. Available:  
] [https://autosolar.pe/paneles-solares?gclsrc=aw.ds&gclid=Cj0KCQjwqPGUBhDwARIsANNwjV7k5ezIZZ6T\\_sfe0AnyKi-3ROEwN0IEoy6niP8tjP3FuVYFfU5aNgEaAsJ9EALw\\_wcB](https://autosolar.pe/paneles-solares?gclsrc=aw.ds&gclid=Cj0KCQjwqPGUBhDwARIsANNwjV7k5ezIZZ6T_sfe0AnyKi-3ROEwN0IEoy6niP8tjP3FuVYFfU5aNgEaAsJ9EALw_wcB).
- [29 Alibaba, «Turbina de viento de 2kw para casa,» 2022. [En línea]. Available:  
] <https://spanish.alibaba.com/p-detail/2kw-1600113167817.html?spm=a2700.details.0.0.250a61aeJbGCka>.
- [30 T. Duarte, R. Jimenez y M. Ruiz, «ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROYECTOS DE  
] INVERSIÓN,» 2007.
- [31 W. Borbor, «Sistema fotovoltaico para casas individuales en la comunidad Masa 2-  
] Golfo de Huayaquil,» 2021.
- [32 M. Mete, «VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD  
] COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN,» *SCIELO*, 2014.

## **ANEXOS**

### **ANEXOS 01: Normas Eólica y Solar Fotovoltaica**

#### **Normas técnicas de instalaciones con energía eólica**

Ley n°28546, del 27/05/1005. Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales, aisladas y de frontera del país

Ley m°1002, promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.

D. S. n° 050-2008 – mem, reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.

Decreto supremo n° 012 – 2011 –EM reglamento de la ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad de electricidad con el uso de energías renovables.

Ley n° 273445, de septiembre del 2005. Ley de promoción del uso eficiente de la energía.

D. ~~leg.~~ No 613 – Código del medio ambiente y los recursos naturales.

D. L. N° 1058 (28/06/2008) Promueve la inversión en la actividad de generación eléctrica con recursos hídricos y con otros recursos renovables.

D. S. N°024 -2013 – EM modificación el reglamento de la ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.

## Normas técnicas de energía fotovoltaica

R.D N° 030-2005-EM/DGE .- Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Ensayos de los Componentes Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp. 20-05-2005

Ley 28546.- Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del País.(16/06/2006)

Resolución Directora N° 003-2007-EM/DGE.- Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y Sus Componentes para Electrificación Rural (22/02/2007)

R.M. N° 523-2010-MEM/DM.- Fijan factores de adecuación que serán multiplicados a los parámetros de aplicación del FOSE de los Sistemas Aislados, sectores urbano - Rural y Rural, aplicables a los usuarios de sistemas eléctricos rurales aislados atendidos exclusivamente con sistemas fotovoltaicos (2010-12-06).

Resolución Directora IN° 203-2015-MEM/DGE que aprueba la Norma DGE "Especificación Técnica para Sistema Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural"

Decreto Supremo N° 056-2009-EM Disponen adecuar competencia de los Gobiernos Regionales para el otorgamiento de concesiones definitivas de generación con recursos energéticos renovables. (p. 11/07/2009)

Resolución OSINERGMIN N° 200-2009-OS/CD publicada con fecha 01/11/2009. Norma "Procedimiento sobre Hibridación de Instalaciones de Generación Eléctrica que Utilicen Recursos Energéticos Renovables.

Resolución OSINERGMIN N° 001-2010-OS/CD publicada con fecha 15/01/2010. Norma "Procedimiento de cálculo de la Prima para la Generación de Electricidad con Recursos Energéticos Renovables



## **IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**

Estos tipos de aerogeneradores y paneles fotovoltaicos se han popularizado rápidamente por ser una energía limpia y renovable, ya que no necesita un combustible fósil para su funcionamiento, se evita los gases y residuos contaminantes que afectan al medio ambiente y disminuyen con los gases de invernadero. Su localización frecuentemente es en lugares apartados de valor ecológico, como las montañas que por encontrarse habitadas conservan su riqueza paisajística y faunística.

**Los principales efectos de los aerogeneradores sobre el medio ambiente son los siguientes:**

### **Efectos meteorológicos sobre el microclima:**

Se estima la reducción de velocidad de viento por los aerogeneradores tiene aproximadamente, las mismas consecuencias sobre el clima local que un grupo de árboles, no esperándose que se produzcan cambios significativos.

### **Emisiones a la atmósfera durante el ciclo de vida de un aerogenerador**

Aunque en pleno funcionamiento un parque eólico no genera emisiones de efecto invernadero a la atmósfera, se producen emisiones en otras etapas del ciclo productivo de un aerogenerador, por ejemplo, en la fabricación, transporte de materiales, construcción, mantenimiento y desinstalación.

### **Impacto visual y acústico**

El impacto visual y acústico son también una de las mayores preocupaciones de la gente sobre la instalación de aerogeneradores.

El ruido que ocasionan los aerogeneradores es debido precisamente al movimiento de las palas en el aire. También hay un cierto ruido proveniente de las partes mecánicas de la turbina. Que ese ruido sea más o menos.

**Los principales efectos de los paneles fotovoltaicos sobre el medio ambiente son los siguientes:**

**Impacto en el Clima:**

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO<sub>2</sub> que favorezcan el efecto invernadero. En cuanto al "robo" de radiación solar por parte de los paneles al medio ambiente circundante que, en teoría podría modificar el microclima local.

**Flora y fauna:**

La repercusión sobre la vegetación es nula, y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

**Paisaje:**

El impacto visual está relacionado con la orientación de estas superficies respecto a los posibles puntos de observación y puede minimizarse respetando unas distancias oportunas respecto a los centros habitados, las carreteras etc.

## NEOSUN™ Ultra M6 120

NEOSUN™ Ultra M6 is the top performance reference solar module series. Based on the advanced mono wafer and PERC Half-cut technology, Ultra offers as much power as 460W with outstanding cell efficiency up to 23.2% and 20.3% module efficiency.

Thanks to the Half-Cut technology, the cell internal resistance is reduced, which provides an additional module power even while shading, cloudy weather, and in low light conditions.

23.2%

### EXCELLENT CELLS EFFICIENCY

Advanced 9BB solar cells with PERC technology provide efficiency up to 23.2% (up to 20.3% module efficiency)



Weak Sunlight

### EXCELLENT WEAK LIGHT PERFORMANCE

Solar modules from NEOSUN Energy have excellent weak light performance (morning, evening and cloudy days)

+3%

### POSITIVE POWER TOLERANCE

Guarantee from 0 to +3% as power tolerance, you can obtain more power than conventional output



### SAND AND SALT PROTECTION

Reliable quality leads to a better sustainability even in harsh environment like desert or coastline

25

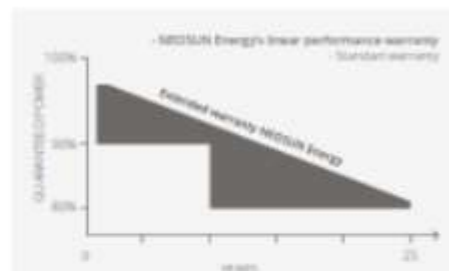
### YEARS POWER WARRANTY

Even after 25 years our solar panel keeps at least 80% of its initial power output – because it's NEOSUN



### HIGH WIND AND SNOW RESISTANCE

NEOSUN Energy modules withstand snow load of up to 550 kg/m<sup>2</sup> and wind speed of up to 162km/h



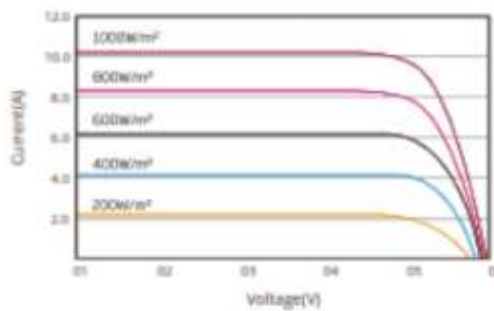
For a period of twenty-five (25) years commencing on the Warranty Start Date, loss of power output of the nominal power output measured at Standard Test Conditions (STC) for the Products shall not exceed:

1. For Polycrystalline Products: 2% in the first year, thereafter 0.67% per year ending with 82% in the 25th year after the Warranty Start Date.
2. For Monocrystalline Products: 3% in the first year, thereafter 0.67% per year, ending with 81% in the 25th year after the Warranty Start Date.

The Warranty Start Date shall be defined as the date of the Bill of Lading date.

**I-V curves**

I-V Curves of PV module NEOSUN 370W at different light power

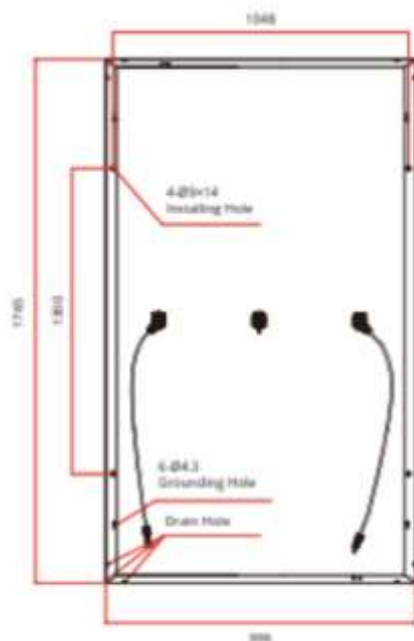


**Electrical characteristics**

Solar cells:	Mono M6 Half-cut PERC cells 9BB, 6x20 pcs		
Max Power	365W	370W	375W
Power Tolerance	+5W		
Voltage at Pmax (Vmp)	34.2V	34.4V	34.6V
Current at Pmax (Imp)	10.67A	10.76A	10.84A
Open-Circuit Voltage (Voc)	41.1V	41.3V	41.5V
Short-Circuit Current (Isc)	11.16A	11.26A	11.34A
Module Efficiency	19.73%	20.00%	20.27%
Max-System Voltage (VDC)	1500V(IEC), 1500V(UL)		
No. of Bypass Diodes (pcs.)	3		
Max Series Fuse (A)	20A		
Temperature Coefficient of Pmax	-0.36% / °C		
Temperature Coefficient of Voc	-0.29% / °C		
Temperature Coefficient of Isc	0.05% / °C		
Nominal Operating Cell t°C	45 ± 2°C		

\*STC Conditions (1000W/m<sup>2</sup>; 1.5 AM and 25°C Cell temperature)

**Dimensions**



**⚠ Caution: read safety and installation instructions before using this product**

**Mechanical Characteristics**

Cable type, Diameter and Length	Ø =4mm <sup>2</sup> , L=300±5mm
Type of Connector	Compatible type MC4
Dimension AxBxC	1765x1048x30mm
Weight	20.5 kg
Front Glass	Tempered with AR coating
Junction Box (protection degree)	IP68 Rated
Frame	Clear anodized aluminum alloy

**Qualification Test Parameters**

Dielectric Insulation Voltage	6000VDC max
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Max load	5400Pa
Hailstone impact	25mm at 23m/s
Fire safety class	Class C

**Packaging Configuration**

Container	40HQ
Pieces per pallet	35
Pallets per container	24
Pieces per container	840

### ANEXO 03: AEROGENERADOR

Modelo	2K
Potencia nominal	2000W
Max	3000W
Hojas de diámetro del Rotor	3,2 m(10.50ft)
Hoja de cantidad y Material	3 Pcs / FRP
Nominal velocidad de rotación	350(r/min)
A par	0,8 (N.M)
Tipo de generador	Grupo AC accionamiento directo
Generador de Material	Cuerpo de aluminio + alambre de cobre + Nd-Fe-B
Voltaje de salida Normal	24v 48V 96v 120v 240v 360v 500v
Voltaje de salida opcional (CC)	24-500V
A la velocidad del viento	2 m/s
Nominal de la velocidad del viento	9 m/s
Trabajo de la velocidad del viento	3-25 m/s (-56 6,72 mph).
Velocidad máxima del viento del diseño	40 m/s (89.6mph)
Torre de altura	6m(19.68ft) más alto disponible
Peso superior	68kg
Método de protección	Bostezo, controlador de velocidad limitada

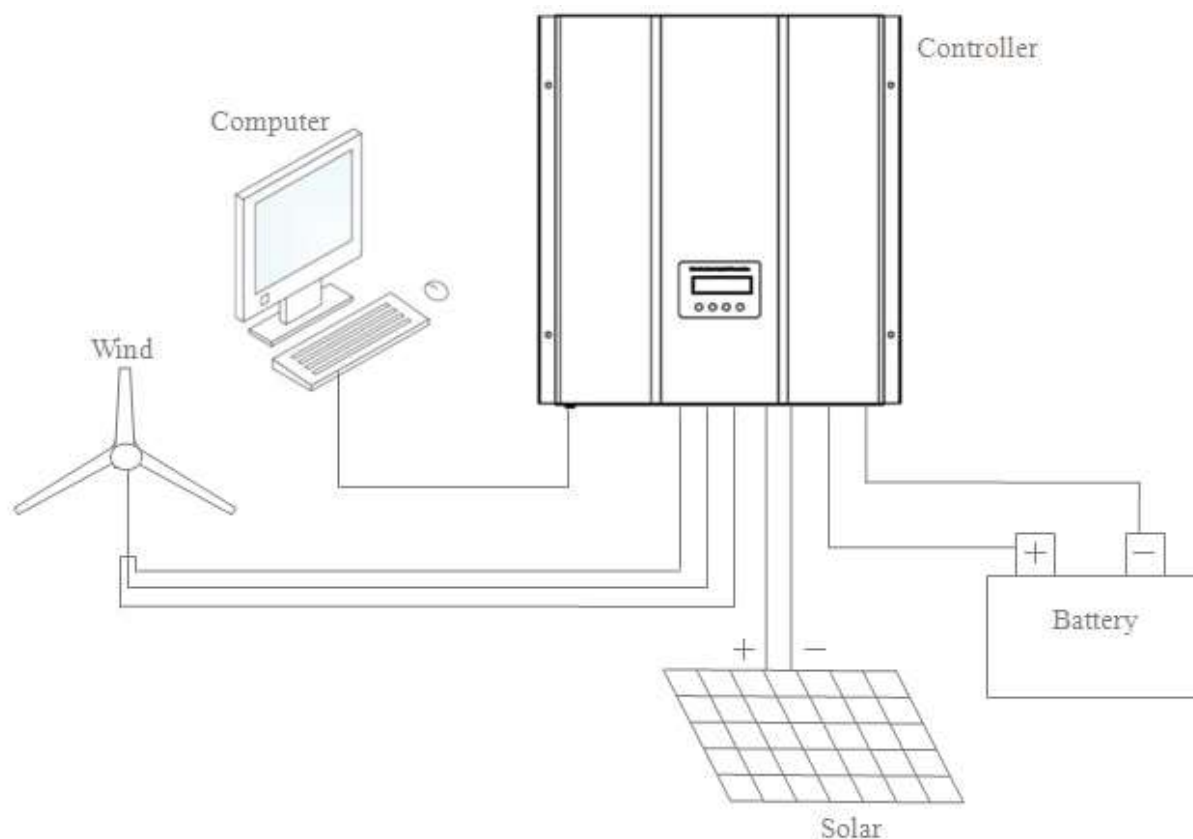
## ANEXO N°04 : REGULADOR DE CARGA

**PWM 1.3KW/2KW/2.6KW/3.9KW 48V**



**Avian**





## Parameters

Modelo	LHCN1-03/48
Energía Eólica nominal	1kW
Energía solar nominal	300W
Tensión Nominal del sistema	48V
Voltaje Limite de sobredescarga de la batería (bajo)	40,8 V (ajustable)
Voltaje de recuperación del limite de sobredescarga de la batería (Rlow)	46,5 V (ajustable)
Voltaje Limite de sobrecarga de la batería (completo)	58,8 V (ajustable)
Voltaje de recuperación del limite de sobrecarga de la batería (RFull)	52,8 V (ajustable)
Voltaje de flotación (Flot)	54,0 V (ajustable)
Velocidad de rotación de carga de viento (Rota)	500R (ajustable)
Logaritmo del poste de viento (poste)	10D (ajustable)
Tensión de carga de arranque del viento (CutIn)	Ninguno
Voltaje de descarga de viento (Vmax)	60V (ajustable)
Modo de control de carga de descarga	Limitación de velocidad de rotación excesiva, limitación de sobretensión, limitación de sobrecorriente, PWM
Modo de carga de viento	PWM
Modo de carga Solar	PWM
Modo de visualización	LCD

## ANEXO 5: BATERÍA

**Calidad 6s3p 24 V 18650 batería de iones de litio 25,2 V 48000 MAH bicicleta eléctrica, paquete de batería de iones de litio eléctrico ciclomotor + cargador**

Parámetros del producto

Modelo de batería: 18650

Tamaño del producto: 110x66x58mm

Combinación adoptada: 6 cuerdas y 3 paralelas

Capacidad combinada trasera en forma de U: 48000mAh

Peso Total: 0,9 kg (aproximadamente)

Con circuito de protección: con función de protección contra sobrecarga, descarga, sobrecorriente y cortocircuitos.

Si tienes otras necesidades, puedes ponerte en contacto con el propietario. Gracias por tu consulta.

1: necesita cargador de batería de iones de litio, voltaje constante y corriente constante;

2: voltaje de carga: 25,2 V

3: corriente de carga: 2 A o menos

Requisitos de descarga de la batería:

1: salida de 18 cables, rojo y negro

2: corriente de descarga nominal: 10A o menos

3: corriente instantánea máxima: 60a

4: corriente máxima de funcionamiento: 45A

**6S3P**

**+**





## ANEXO 6: INVERSOR



## Product Parameters

<b>Rated Power</b>	2000W
<b>Peak Power</b>	4000W
<b>Output voltage</b>	AC230V or AC110V
<b>Output frequency</b>	50Hz or 60Hz
<b>Output waveform</b>	Pure sine wave
<b>Panel display</b>	Intelligent digital display (Color screen)
<b>Output protection</b>	Overload, Short circuit, Over temperature
<b>Battery Type</b>	Iron lithium or Lead-acid battery
<b>Input voltage</b>	DC 12V & 24V

## ANEXO 7 DATOS EXTRAIDOS DE VELOCIDAD DE VIENTO

### VELOCIDAD DE VIENTO EN m/s a una altura de 33 m en AEROPUERTO

Tiempo	máx.	Promedio	mínimo
1/04/2021	9.39	6.84	2.68
2/04/2021	10.28	7.64	4.47
3/04/2021	7.60	4.69	1.34
4/04/2021	9.83	6.08	0.45
5/04/2021	8.05	6.75	3.58
6/04/2021	9.39	7.20	3.13
7/04/2021	11.18	7.91	0.00
8/04/2021	11.62	7.64	4.02
9/04/2021	11.62	7.55	2.68
10/04/2021	8.05	3.98	0.00
11/04/2021	9.83	5.72	1.34
12/04/2021	10.28	7.06	4.02
13/04/2021	10.73	8.49	4.02
14/04/2021	10.73	7.11	4.47
15/04/2021	10.28	6.88	3.13
16/04/2021	9.83	7.64	3.58
17/04/2021	10.28	7.64	3.58
18/04/2021	9.83	5.45	1.34
19/04/2021	10.28	5.68	2.24
20/04/2021	10.73	6.44	1.34
21/04/2021	11.62	6.93	3.13
22/04/2021	12.96	9.21	7.15
23/04/2021	11.18	8.58	5.81
24/04/2021	11.62	7.91	2.24
25/04/2021	10.73	6.66	0.89
26/04/2021	9.83	6.93	3.58
27/04/2021	11.62	8.31	4.02
28/04/2021	11.18	6.04	1.34
29/04/2021	8.94	5.95	2.24
30/04/2021	9.39	6.71	3.58
1/05/2021	9.39	6.93	3.13
2/05/2021	10.28	7.20	3.58
3/05/2021	8.94	5.01	0.45
4/05/2021	11.18	8.23	4.47

5/05/2021	10.28	5.28	1.34
6/05/2021	9.83	6.48	3.58
7/05/2021	11.18	8.45	4.47
8/05/2021	10.28	7.82	5.81
9/05/2021	9.39	7.24	3.13
10/05/2021	10.28	6.80	4.02
11/05/2021	11.18	7.60	4.02
12/05/2021	8.94	5.68	1.34
13/05/2021	9.39	6.80	4.02
14/05/2021	9.39	6.71	2.24
15/05/2021	9.83	6.80	3.58
16/05/2021	7.60	6.44	5.36
17/05/2021	8.05	6.08	4.47
18/05/2021	8.94	5.72	2.24
19/05/2021	7.15	5.99	4.02
20/05/2021	8.94	5.86	3.58
21/05/2021	6.71	6.21	5.36
22/05/2021	8.05	5.28	2.24
23/05/2021	9.83	6.66	3.13
24/05/2021	7.60	5.36	2.68
25/05/2021	8.05	4.47	0.89
26/05/2021	7.60	4.11	0.45
27/05/2021	7.15	3.22	0.45
28/05/2021	5.81	4.43	3.13
29/05/2021	6.26	5.01	4.02
30/05/2021	7.15	4.96	3.58
31/05/2021	S/N	S/N	S/N
1/06/2021	8.05	5.01	2.24
2/06/2021	6.71	4.25	2.68
3/06/2021	6.71	4.20	2.68
4/06/2021	7.60	5.10	2.24
5/06/2021	6.71	3.58	0.89
6/06/2021	4.47	3.40	1.34
7/06/2021	7.60	4.29	2.68
8/06/2021	7.15	5.41	4.02
9/06/2021	7.60	6.80	5.81
10/06/2021	8.05	6.75	4.47
11/06/2021	6.71	5.77	4.02
12/06/2021	8.94	5.86	4.02
13/06/2021	7.60	5.63	1.34
14/06/2021	6.26	3.35	0.89
15/06/2021	8.05	4.56	0.45
16/06/2021	10.28	7.33	4.02
17/06/2021	6.71	4.92	3.58
18/06/2021	8.05	5.86	3.58

19/06/2021	8.05	5.45	3.13
20/06/2021	11.18	7.47	3.58
21/06/2021	6.71	5.41	3.58
22/06/2021	6.26	4.56	2.24
23/06/2021	10.28	6.39	2.24
24/06/2021	6.26	3.67	0.89
25/06/2021	8.94	6.80	4.47
26/06/2021	7.60	5.01	0.89
27/06/2021	7.15	4.83	2.24
28/06/2021	9.39	4.69	1.34
29/06/2021	7.60	5.32	2.24
30/06/2021	7.15	4.69	3.58
1/07/2021	7.15	5.05	4.02
2/07/2021	5.81	4.29	2.68
3/07/2021	6.71	4.78	2.68
4/07/2021	4.47	3.53	2.24
5/07/2021	7.15	4.56	3.13
6/07/2021	8.05	5.95	3.58
7/07/2021	3.58	1.74	0.45
8/07/2021	8.94	4.96	0.45
9/07/2021	6.26	4.56	2.24
10/07/2021	7.60	4.92	3.13
11/07/2021	7.15	4.11	0.45
12/07/2021	7.60	5.72	4.02
13/07/2021	9.83	5.63	2.24
14/07/2021	8.05	5.59	4.02
15/07/2021	7.15	4.07	2.24
16/07/2021	6.26	4.38	2.68
17/07/2021	8.05	6.75	4.47
18/07/2021	9.39	6.12	3.58
19/07/2021	7.60	3.98	0.89
20/07/2021	6.71	3.71	0.89
21/07/2021	7.60	4.60	1.34
22/07/2021	7.60	4.96	2.68
23/07/2021	7.60	5.01	2.68
24/07/2021	6.71	2.86	0.89
25/07/2021	7.15	5.05	3.58
26/07/2021	9.83	4.96	2.68
27/07/2021	9.39	5.41	0.89
28/07/2021	9.39	6.30	3.58
29/07/2021	6.26	2.86	0.89
30/07/2021	7.15	5.32	3.58
31/07/2021	8.05	5.19	3.13
1/08/2021	8.05	5.14	2.24
2/08/2021	7.60	5.01	2.68

3/08/2021	7.15	3.49	0.89
4/08/2021	5.36	2.50	0.45
5/08/2021	8.94	6.17	2.68
6/08/2021	9.39	6.08	2.68
7/08/2021	7.15	4.38	2.68
8/08/2021	10.28	6.35	2.24
9/08/2021	9.39	7.15	4.02
10/08/2021	8.94	7.11	4.02
11/08/2021	8.05	5.72	3.58
12/08/2021	8.05	6.44	4.47
13/08/2021	9.39	6.80	3.58
14/08/2021	9.83	6.17	2.68
15/08/2021	8.94	5.41	1.34
16/08/2021	9.39	6.48	2.68
17/08/2021	8.94	6.35	2.24
18/08/2021	9.83	7.24	3.13
19/08/2021	9.83	5.23	2.24
20/08/2021	10.28	5.32	1.34
21/08/2021	9.83	6.35	4.02
22/08/2021	8.05	5.77	3.13
23/08/2021	9.83	6.93	4.02
24/08/2021	11.18	8.72	5.81
25/08/2021	11.18	7.20	2.24
26/08/2021	10.28	6.84	3.58
27/08/2021	10.28	5.81	2.68
28/08/2021	9.39	5.95	3.58
29/08/2021	6.71	4.60	2.68
30/08/2021	7.60	5.05	2.68
31/08/2021	8.05	5.68	3.58
1/09/2021	8.94	4.65	0.89
2/09/2021	9.39	7.15	4.47
3/09/2021	8.94	6.26	2.24
4/09/2021	8.05	4.87	3.13
5/09/2021	10.28	6.17	2.24
6/09/2021	9.39	7.33	4.02
7/09/2021	10.73	7.24	4.47
8/09/2021	9.83	4.43	0.45
9/09/2021	8.05	4.87	0.89
10/09/2021	8.05	4.69	0.89
11/09/2021	10.28	6.48	3.58
12/09/2021	9.39	6.71	2.68
13/09/2021	10.73	6.62	3.13

14/09/2021	9.83	5.90	1.34
15/09/2021	10.73	6.93	3.58
16/09/2021	8.94	5.54	1.34
17/09/2021	8.94	5.28	2.24
18/09/2021	9.39	5.23	1.34
19/09/2021	10.73	6.44	3.13
20/09/2021	10.28	6.75	3.13
21/09/2021	9.39	7.15	4.47
22/09/2021	9.83	6.04	1.34
23/09/2021	8.05	4.92	2.68
24/09/2021	9.39	5.14	0.89
25/09/2021	8.05	4.83	2.24
26/09/2021	7.60	3.67	0.45
27/09/2021	8.94	6.17	4.02
28/09/2021	8.94	5.01	2.68
29/09/2021	7.60	4.25	0.89
30/09/2021	8.94	5.68	3.13
1/10/2021	8.94	4.65	0.89
2/10/2021	9.39	7.15	4.47
3/10/2021	8.94	6.26	2.24
4/10/2021	8.05	4.87	3.13
5/10/2021	10.28	6.17	2.24
6/10/2021	9.39	7.33	4.02
7/10/2021	10.73	7.24	4.47
8/10/2021	9.83	4.43	0.45
9/10/2021	8.05	4.87	0.89
10/10/2021	8.05	4.69	0.89
11/10/2021	10.28	6.48	3.58
12/10/2021	9.39	6.71	2.68
13/10/2021	10.73	6.62	3.13
14/10/2021	9.83	5.90	1.34
15/10/2021	10.73	6.93	3.58
16/10/2021	8.94	5.54	1.34
17/10/2021	8.94	5.28	2.24
18/10/2021	9.39	5.23	1.34
19/10/2021	10.73	6.44	3.13
20/10/2021	10.28	6.75	3.13
21/10/2021	9.39	7.15	4.47
22/10/2021	9.83	6.04	1.34
23/10/2021	8.05	4.92	2.68
24/10/2021	9.39	5.14	0.89
25/10/2021	8.05	4.83	2.24
26/10/2021	7.60	3.67	0.45
27/10/2021	8.94	6.17	4.02
28/10/2021	8.94	5.01	2.68

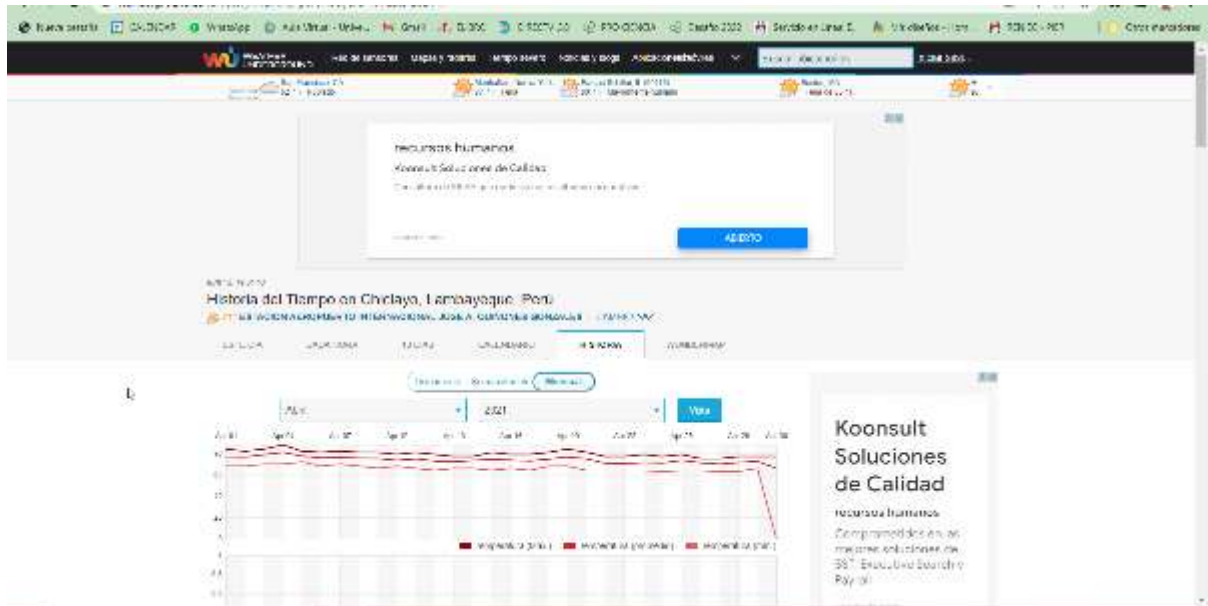
29/10/2021	7.60	4.25	0.89
30/10/2021	8.94	5.68	3.13
31/10/2021	#jVALOR!	#jVALOR!	#jVALOR!
1/11/2021	8.94	5.81	1.34
2/11/2021	8.94	5.77	2.24
3/11/2021	7.60	4.74	1.34
4/11/2021	9.39	6.39	3.58
5/11/2021	8.94	6.97	5.36
6/11/2021	10.28	7.73	5.36
7/11/2021	8.94	4.69	2.68
8/11/2021	9.39	6.84	5.36
9/11/2021	9.39	6.48	3.58
10/11/2021	10.28	6.39	3.58
11/11/2021	9.83	6.21	2.24
12/11/2021	10.73	7.02	2.68
13/11/2021	8.94	5.54	2.68
14/11/2021	10.73	7.02	0.89
15/11/2021	10.28	6.93	4.02
16/11/2021	11.18	8.45	5.81
17/11/2021	10.73	8.45	4.47
18/11/2021	10.28	7.64	4.47
19/11/2021	10.28	6.53	2.24
20/11/2021	10.28	6.35	1.34
21/11/2021	7.15	4.38	0.00
22/11/2021	7.60	5.77	3.13
23/11/2021	9.83	7.20	4.47
24/11/2021	10.73	6.48	3.13
25/11/2021	9.83	7.87	5.36
26/11/2021	9.39	6.48	3.58
27/11/2021	9.83	5.99	2.68
28/11/2021	10.28	7.47	3.13
29/11/2021	10.73	7.87	5.81
30/11/2021	10.73	8.23	3.58
1/12/2021	10.28	6.62	2.24
2/12/2021	10.28	7.42	3.58
3/12/2021	10.28	7.29	2.68
4/12/2021	9.83	6.12	0.89
5/12/2021	9.39	5.95	2.68
6/12/2021	10.73	7.60	4.02
7/12/2021	12.96	8.45	4.02
8/12/2021	10.28	6.62	3.13
9/12/2021	9.39	6.53	2.24
10/12/2021	9.83	6.48	3.13
11/12/2021	10.28	5.54	1.34
12/12/2021	8.05	6.57	3.58

13/12/2021	11.18	6.75	2.68
14/12/2021	9.83	7.29	5.81
15/12/2021	8.05	6.39	3.58
16/12/2021	10.28	7.55	4.02
17/12/2021	11.62	8.27	4.47
18/12/2021	9.83	6.75	4.02
19/12/2021	10.28	6.39	3.13
20/12/2021	9.83	6.80	4.02
21/12/2021	9.83	6.93	3.58
22/12/2021	9.83	5.63	2.68
23/12/2021	10.28	5.72	0.89
24/12/2021	9.39	7.96	3.58
25/12/2021	9.39	6.88	5.36
26/12/2021	8.94	6.17	3.13
27/12/2021	8.94	6.57	0.89
28/12/2021	10.73	8.27	4.02
29/12/2021	10.28	6.62	2.68
30/12/2021	10.73	7.91	4.47
31/12/2021	9.83	5.28	0.89
1/01/2022	9.39	5.19	2.24
2/01/2022	9.39	5.50	2.24
3/01/2022	9.39	4.65	1.34
4/01/2022	8.94	5.10	0.89
5/01/2022	8.94	5.63	2.24
6/01/2022	9.39	5.86	0.45
7/01/2022	7.60	5.36	3.13
8/01/2022	8.94	4.83	1.34
9/01/2022	9.39	7.33	5.81
10/01/2022	10.28	6.93	2.68
11/01/2022	9.83	5.95	1.34
12/01/2022	9.39	5.68	3.13
13/01/2022	9.39	4.87	2.68
14/01/2022	7.60	5.01	1.34
15/01/2022	7.60	6.35	2.68
16/01/2022	10.73	6.35	1.34
17/01/2022	9.83	4.96	0.89
18/01/2022	8.94	4.11	0.89
19/01/2022	11.62	7.11	3.13
20/01/2022	13.41	10.01	6.71
21/01/2022	10.73	7.73	4.47
22/01/2022	10.28	6.48	2.24
23/01/2022	12.96	7.64	2.68
24/01/2022	10.28	8.31	4.47
25/01/2022	8.94	6.84	4.47
26/01/2022	8.05	3.71	0.89



27/01/2022	9.83	6.80	4.47
28/01/2022	8.94	4.52	1.34
29/01/2022	11.18	5.01	0.45
30/01/2022	8.94	5.81	1.34
31/01/2022	9.39	5.45	1.34
1/02/2022	10.73	6.04	0.89
2/02/2022	12.96	7.78	2.68
3/02/2022	11.18	8.27	3.58
4/02/2022	10.28	6.66	3.13
5/02/2022	9.83	5.41	2.68
6/02/2022	8.05	5.54	3.13
7/02/2022	9.83	5.59	0.45
8/02/2022	8.05	4.38	2.24
9/02/2022	7.60	5.28	3.13
10/02/2022	7.60	3.22	0.45
11/02/2022	9.83	6.17	2.24
12/02/2022	7.60	4.29	2.24
13/02/2022	8.94	4.20	0.89
14/02/2022	8.05	3.80	0.45
15/02/2022	9.83	6.04	0.00
16/02/2022	10.73	7.64	3.58
17/02/2022	10.73	7.06	3.58
18/02/2022	7.15	3.80	0.00
19/02/2022	8.94	5.32	1.34
20/02/2022	7.15	3.26	0.89
21/02/2022	7.60	3.80	0.00
22/02/2022	9.39	4.83	0.89
23/02/2022	7.60	5.36	1.34
24/02/2022	8.94	4.60	2.24
25/02/2022	8.94	4.20	2.24
26/02/2022	6.71	2.86	1.34
27/02/2022	8.94	4.20	1.34
28/02/2022	7.60	3.93	0.00
1/03/2022	6.71	3.31	0.89
2/03/2022	7.15	3.89	0.45
3/03/2022	6.26	2.77	0.89
4/03/2022	7.60	3.84	1.34
5/03/2022	9.39	5.54	1.34
6/03/2022	7.15	3.84	0.89
7/03/2022	6.26	3.53	0.00
8/03/2022	7.60	3.40	0.00
9/03/2022	6.71	4.52	1.34
10/03/2022	8.05	5.01	1.34
11/03/2022	8.05	4.16	0.45
12/03/2022	8.94	4.34	0.00

13/03/2022	7.60	3.84	0.89
14/03/2022	6.71	3.04	0.00
15/03/2022	7.15	3.67	0.00
16/03/2022	7.60	4.38	0.89
17/03/2022	10.73	5.77	0.89
18/03/2022	7.60	6.26	5.36
19/03/2022	6.71	4.83	2.68
20/03/2022	10.28	6.48	2.68
21/03/2022	8.94	5.28	2.24
22/03/2022	9.39	6.30	3.58
23/03/2022	9.39	5.95	2.24
24/03/2022	8.05	5.36	0.89
25/03/2022	7.15	4.56	0.89
26/03/2022	7.15	3.40	0.00
27/03/2022	7.15	4.69	2.24
28/03/2022	5.36	2.59	0.45
29/03/2022	9.39	5.41	1.34
30/03/2022	9.39	5.23	2.24
31/03/2022	8.05	4.83	0.89
1/04/2022	8.05	5.72	2.68
2/04/2022	9.83	5.45	1.34
3/04/2022	10.73	6.39	2.24
4/04/2022	8.94	5.36	3.13
5/04/2022	10.28	6.26	3.13
6/04/2022	9.83	5.14	0.89
7/04/2022	9.83	6.62	3.58
8/04/2022	9.39	6.04	2.24
9/04/2022	9.83	5.01	0.00
10/04/2022	9.83	9.12	7.60
11/04/2022	9.39	7.20	4.47
12/04/2022	9.83	7.02	3.58
13/04/2022	9.83	7.55	4.02
14/04/2022	9.83	7.42	4.47
15/04/2022	10.28	7.64	4.47
16/04/2022	11.62	7.55	4.47
17/04/2022	10.28	7.06	3.58
18/04/2022	9.39	6.66	3.13
19/04/2022	9.39	4.29	0.89
20/04/2022	9.83	4.47	0.00
21/04/2022	10.73	7.51	2.24
22/04/2022	9.39	7.60	5.36
23/04/2022	9.83	6.04	3.13
24/04/2022	8.05	4.38	0.45



Observaciones Diarias

Fecha	Temperatura Máx (°C)	Temperatura Mín (°C)	Humedad Máx (%)	Humedad Mín (%)	Viento Máx (km/h)	Viento Mín (km/h)	Presión (mmHg)	Presión (hPa)	Visibilidad (km)	Estado del Cielo
1	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
2	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
3	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
4	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
5	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
6	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
7	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
8	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
9	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
10	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
11	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
12	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
13	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
14	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
15	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
16	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
17	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
18	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
19	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
20	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
21	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
22	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
23	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
24	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
25	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado
26	24	18	78	55	10	0	1013	1013	10	Parcialmente nublado

## ANEXO 8: DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EXTRÍDOS DE LA WEB

**Etén**  
 -06.938696°, -079.785461°  
 Etén, Lambayeque, Perú  
 Time zone: UTC-05, America/Lima (PET)

TEMP	20.0 °C
ELE	33 m

ÁNGULO ÓPTIMO

8

°

IRRADIACIÓN NORMAL DIRECTA

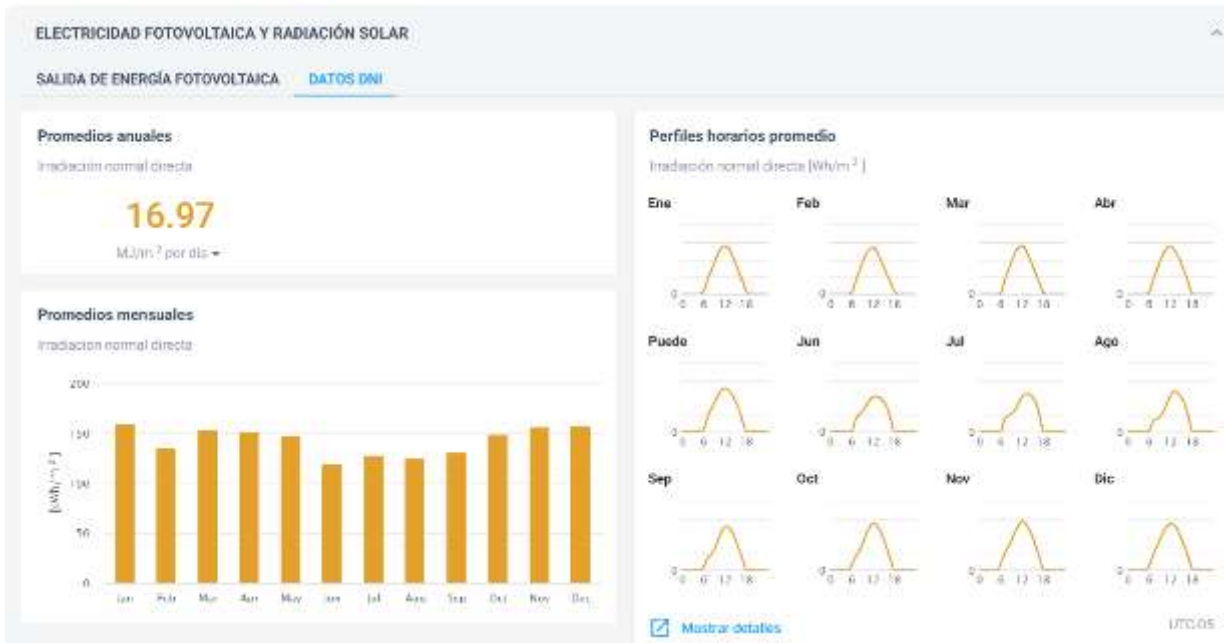
16.97

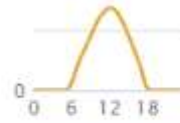
MJ/m<sup>2</sup>

IRRADIACIÓN NORMAL DIRECTA EN UN DÍA PROMEDIO DE CADA MES

MES	KWh/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
Ene-21	5.15	18.55
Feb-21	4.84	17.43
Mar-21	4.98	17.93
Abr-21	5.09	18.31
May-21	4.78	17.20
Jun-21	4.01	14.42
Jul-21	4.15	14.93
Ago-21	4.06	14.62
Set-21	4.39	15.80
Oct-21	4.80	17.29
Nov-21	5.22	18.80
Dic-21	5.11	18.39

PROMEDIO FINAL 16.9745346





[Mostrar detalles](#)

UTC-05

### Perfiles horarios promedio

Irradiación normal directa [Wh/m<sup>2</sup>]

	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1												
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6												
6-7	46	23	24	33	34	15	10	21	42	76	99	67
7-8	202	178	186	208	205	173	179	155	161	185	232	217
8-9	329	319	331	344	315	242	228	186	217	261	330	333
9-10	454	457	470	482	409	289	253	223	298	381	434	448
10-11	584	582	600	603	510	370	309	306	426	520	552	561
11-12	658	646	667	669	592	442	399	425	547	625	644	636
12-13	684	673	688	680	626	496	500	535	628	678	704	677
13-14	657	620	644	632	600	506	542	582	627	645	670	652
14-15	555	509	528	542	530	477	539	558	549	567	592	566
15-16	435	394	407	430	434	429	498	493	432	440	472	449
16-17	304	269	271	299	313	335	405	377	298	292	330	318
17-18	179	160	148	151	144	168	226	204	142	129	162	176
18-19	38	38	18	6			9	8	5		6	deciséis
19-20												
20-21												
21-22												
22-23												
23-24												

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS\_CUMPA CARVALLO LUIS PAUL\_T  
URNITIN.docx**

AUTOR

**luis paul cumpa carvallo**

RECUENTO DE PALABRAS

**14610 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**78852 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**89 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 9, 2024 11:19 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 9, 2024 11:21 AM GMT-5****● 24% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 22% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE  
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código: F3.PP2-PR.02

Versión: 02

Fecha: 18/04/2024

Hoja: 1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaburú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EOLICO - SOLAR PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA A UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE ETEN** elaborado por el (los) Bachiller(es):

**CUMPA CARVALLO LUIS PAUL**

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **24 %**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 09 de junio de 2024

**Dra. Gastiaburú Morales Silvia Yvone**

**Coordinador de Investigación**

**DNI N° 16481433**