



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## TESIS

Para Optar el Título Profesional de

## INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Evaluación de las energías renovables eólica y solar,  
para el suministro de energía eléctrica a la comunidad  
ecológica Majanumia de la provincia de Jaén,  
departamento de Cajamarca”**

Autor:

Bach. Ever Chavez Castro

Asesor:

Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo

NESTOR DANIEL  
PUYEN MATEO  
16671978

LAMBAYEQUE – PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL



# “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## TESIS

Para Optar el Título Profesional de

## INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Evaluación de las energías renovables eólica y solar,  
para el suministro de energía eléctrica a la comunidad  
ecológica Majanumia de la provincia de Jaén,  
departamento de Cajamarca”**

Autor:

Bach. Ever Chavez Castro



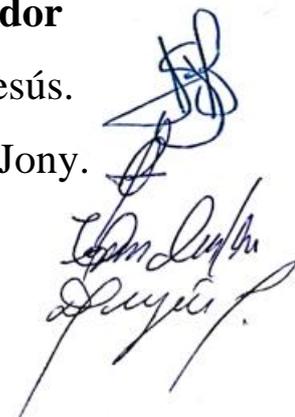
**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE:** Dr. Salazar Mendoza, Anibal Jesús.

**SECRETARIO:** M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony.

**VOCAL:** Ing. Tapia Asenjo, Robinson.

**ASESOR:** Ing. Puyen Mateo, Néstor Daniel.



LAMBAYEQUE – PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



TESIS

TÍTULO

"EVALUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EÓLICA Y SOLAR, PARA EL  
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA  
MAJANUMIA DE LA PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO CAJAMARCA"

CONTENIDOS

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Autor: **Bach. Chávez Castro Ever**

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús.

PRESIDENTE

Ing. Tapia Asenjo, Robinson.

MIEMBRO

M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Joni.

SECRETARIO

Ing. Puyen Mateo, Néstor Daniel.

ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto de tesis está dedicado a diversas personas fundamentales en mi vida. En primer lugar, agradecer infinitamente a mi madre, quien ha brindado un respaldo incondicional y valiosos consejos a lo largo de mi vida. A mi esposa, Dalila, le dedico este trabajo por su constante estímulo en los momentos difíciles, debido a su sólido respaldo y comprensión constante en mi desempeño tanto individual como profesional.*

*Mis niños Valentino y Kamil, les dedico esta investigación, ya que han sido mi principal fuente de motivación e inspiración. Su presencia en mi vida me impulsa a esforzarme cada día para superarme y contribuir a la construcción de un futuro mejor para todos nosotros. También quiero expresar mi gratitud a mis hermanas, quienes han estado a mi lado tanto en los momentos positivos como en los desafiantes a lo largo de mi trayectoria universitaria. Su apoyo ha sido invaluable y ha fortalecido mi determinación en este viaje académico.*

**Bach. Ever Chavez Castro**

## **AGRADECIMIENTO**

*Expreso profunda gratitud a mis seres queridos quienes depositaron su confianza incondicional en mí y brindarme constante motivación para superar cualquier desafío. Quiero expresar un reconocimiento especial al Ingeniero Néstor Daniel Puyen Mateo, mi asesor de tesis, cuyo valioso respaldo fue fundamental el cual fue crucial en mi trayectoria profesional. Aprecio enormemente su experiencia, sabiduría y paciencia, elementos esenciales para llevar a cabo con éxito este proyecto de tesis.*

*Además, quiero expresar mi gratitud hacia los catedráticos por compartir sus vastas enseñanzas a lo largo de mi formación profesional. Cada enseñanza proporcionada ha dejado una huella importante en mi desarrollo académico.*

*Por último, deseo manifestar un agradecimiento eterno a Dios, sin Su guía y apoyo, nada de esto sería posible. Su gracia ha sido la base de mi fortaleza y logros.*

**Bach. Ever Chavez Castro**

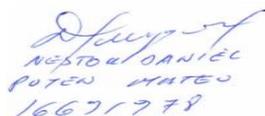
## CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo, revisor del trabajo de investigación, del Bachiller **EVER CHAVEZ CASTRO**, identificado con documento de identidad N° **45771036**.

Titulada: **“EVALUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EÓLICA Y SOLAR, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA DE LA PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”**, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de **20% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin**.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el documento cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 13 de agosto del 2024.



NÉSTOR DANIEL  
PUYEN MATEO  
16691978

---

Ing. Néstor Daniel Puyen Mateo

DNI: 16691978

# ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS



En la ciudad de Lambayeque siendo las 11:15 am horas del día VIERNES 07 DE FEBRERO del año 2020, en la Sala de Sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se reunieron los miembros de Jurado, designados mediante Resolución N° 018-2020-D-FIME de fecha 30 ENERO 2020, conformado por:

DR. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA : PRESIDENTE  
M. SC. JONY VILLALOBOS CABRERA : SECRETARIO  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO : MIEMBRO  
ING. NESTOR DANIEL PUYEN MATEO : ASESOR

Se recibió la Tesis titulada:

EVALUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EÓLICA Y SOLAR, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA DE LA PROVINCIA DE JAEN, DEPARTAMENTO CAJAMARCA.

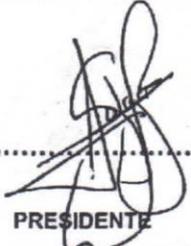
Presentado por su autor, Bachiller: CHAVEZ CASTRO EVER

Finalizada la sustentación, el sustentante respondió acertadamente las preguntas formuladas por el Jurado examinador procediendo a deliberar.

Aprobando la Tesis con el calificativo: NOTA APROBADO

Quedando el sustentante apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, debiendo cumplir antes con las exigencias de las normas legales vigentes.

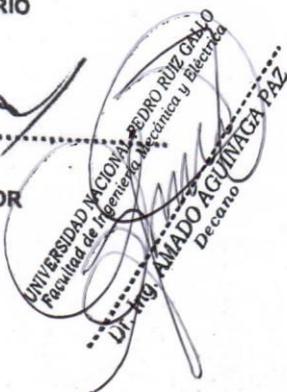
Siendo las 11:50 am horas del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el Jurado respectivo:

  
PRESIDENTE

  
SECRETARIO

  
MIEMBRO

  
ASESOR



## RESUMEN

La intención de este estudio consiste en analizar y valorar las fuentes de energía sostenible y renovable, específicamente la eólica, solar y la combinación de ambas (eólica-solar fotovoltaica),

con el objetivo de encontrar la opción más idónea para suministrar energía eléctrica a la comunidad ecológica Majanumia, situada en la provincia de Jaén, dentro del departamento de Cajamarca, se busca identificar la alternativa que mejor respalde la conservación del medio ambiente y satisfaga las demandas energéticas de la población.

Con el fin de lograr este propósito, se llevaron a cabo cálculos basados en información proveniente de ubicaciones representativas. Se determinó que la demanda diaria promedio proyectada para la comunidad asciende a 32,422.43 Wh/día, se proporciona energía a 24 hogares, una entidad educativa, un centro comunitario y un pequeño parque, con una proyección de demanda máxima de 7,850 vatios, se ha planificado la implementación de un sistema fotovoltaico. Para este propósito, se utilizaron datos de radiación solar provenientes del atlas solar de Perú, así como el software SOLARIUS PLUS y la información proporcionada por la NASA. La elección incluyó la instalación de 22 paneles solares policristalinos JINKO de 330 vatios pico/24V, 32 baterías solares Ritar de 12V y 260 Ah DC Gel, 2 reguladores MPPT LCD de 80 amperios y 12/24/48V, junto con un inversor Must Solar de 10 kilovatios. El costo estimado de este sistema se sitúa alrededor de 126,841.68 soles.

En el proceso de evaluar la operación de la instalación de energía eólica, se emplearon datos sobre la velocidad del viento obtenidos de la estación meteorológica automática AEMA, localizada en la provincia de Jaén según información proporcionada por el SENAMHI. Se identificó que el periodo más significativo es marzo, y se llevaron a cabo cálculos para determinar los parámetros de la distribución de Weibull. La decisión final fue la instalación de un aerogenerador ENAIR E70 PRO con una capacidad de 5 kilovatios, con un costo aproximado de 622,719.22 S/. En el caso de la instalación eólica-solar fotovoltaica, se aplicaron los mismos criterios que en las situaciones anteriores, resultando en un costo de referencia de 176,446.598 S/.

## **ABSTRACT**

The main goal of this thesis is to assess and scrutinize different sources of renewable energy, such as wind, solar, and combined wind-solar photovoltaic systems, with the purpose of identifying the most suitable choice for providing electricity to the eco-conscious community of Majanumia in the city of Jaen, Cajamarca Region. The primary aim is to contribute to environmental conservation and fulfill the energy requirements of the community. Calculations were performed under typical scenarios.

For the evaluation and sizing of the solar power plant, solar radiation data from Peru's solar atlas, SOLARIUS software, and NASA were employed. The average radiation was determined to be 4.85 Wh/m<sup>2</sup> per day, leading to the choice of 22 polycrystalline solar panels (JLNKO 330WP/24V), 32 Ritar solar batteries (12V, 260Ah DC Gel), 2 MPPT LCD regulators (80A, 12/24/48V), and a 10 KW Must Solar inverter. The estimated cost for this system is S/126,841.68

Concerning the examination and dimensioning of the wind power facility, data on wind speed were gathered from the automated weather station in Jaen (SENAMHI). The month of March was identified as the most crucial period, allowing for the determination of Weibull distribution parameters. An ENAIR E70 PRO wind turbine of 5 kW was selected, with a referential cost of S/622,719.22. In the case of the study and sizing of a wind-solar photovoltaic plant, the same parameters as the previous cases were applied, resulting in a referential cost of S/176,446.598.

In conclusion, it has been determined that the most viable and suitable system for supplying electrical power to the community is the photovoltaic system.

**Keywords:** Wind turbine, solar panel, inverter, sunlight exposure, wind velocity.

## ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| DEDICATORIA.....   | I   |
| AGRADECIMIENTO.....  | II  |
| RESUMEN.....   | III |
| INTRODUCCIÓN .....   | 1   |
| CAPÍTULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....                           | 2   |
| 1.1. Situación Problemática.....   | 2   |
| 1.2. Planteamiento del problema.....                                     | 3   |
| 1.3. Límites de la investigación.....                                    | 3   |
| 1.3.1. Limitación espacial.....  | 3   |
| 1.3.2. Limitación temporal.....  | 7   |
| 1.4. Justificación e importancia de la investigación.....                | 7   |
| 1.4.1. Justificación científica .....                                    | 7   |
| 1.4.2. Justificación ambiental.....                                      | 8   |
| 1.4.3. Justificación social.....   | 8   |
| 1.4.4. Justificación económica.....                                      | 8   |
| 1.5. Objetivos .....   | 8   |
| 1.5.1. Objetivo general: .....   | 8   |
| 1.5.2. Objetivos Específicos .....                                       | 8   |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....   | 10  |
| 2.1. Antecedentes .....  | 10  |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales.....                                 | 10  |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales .....                                     | 13  |
| 2.1.3. Antecedentes Locales .....  | 16  |
| 2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado..... | 18  |
| 2.2.1. Energías Renovables.....  | 18  |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2.2. Energía Solar .....   | 22        |
| 2.2.3. Energía eólica .....  | 41        |
| 2.2.4. Sistema híbrido eólico – solar .....                              | 68        |
| 2.2.5. Definición conceptual de terminología empleada .....              | 69        |
| <b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO. ....</b>                            | <b>79</b> |
| 3.1. Tipo y diseño de la investigación.....                              | 79        |
| 3.2. Población y muestra .....   | 79        |
| 3.3. Hipótesis.....  | 80        |
| 3.4. Operacionalización de variables .....                               | 80        |
| 3.5. Métodos y técnicas de investigación.....                            | 82        |
| 3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....                     | 82        |
| 3.7. Análisis estadístico e interpretación de datos .....                | 83        |
| <b>CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>                      | <b>85</b> |
| 4.1. Descripción del sistema propuesto.....                              | 85        |
| <b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....</b>         | <b>87</b> |
| 5.1. Población actual y proyectada en la ecológica Majanumia.....        | 87        |
| 5.2. Demanda de energía eléctrica .....                                  | 88        |
| 5.2.1. Alumbrado público. ....   | 88        |
| 5.2.2. Consumo de energía eléctrica promedio.....                        | 89        |
| 5.2.3. Consumo total de energía eléctrica en la ecológica Majanumia..... | 91        |
| 5.3. Evaluación y dimensionamiento de la energía solar .....             | 91        |
| 5.3.1. Evaluación de la energía solar disponible.....                    | 92        |
| 5.3.2. Dimensionamiento de la planta fotovoltaica.....                   | 94        |
| 5.3.3. Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico.....             | 109       |
| 5.4. Evaluación y Dimensionamiento para el sistema Eólico. ....          | 109       |
| 5.4.1. Estudio del sistema eólico. ....                                  | 109       |
| 5.4.2. Dimensionamiento del sistema Eólico.....                          | 114       |

|  |     |
|--|-----|
| 5.4.3. Presupuesto referencial del sistema eólico. ....                              | 117 |
| 5.5. Dimensionamiento de una planta híbrida.....                                     | 118 |
| 5.5.1. Dimensionamiento del sistema eólico. ....                                     | 118 |
| 5.5.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico. ....                               | 118 |
| 5.5.3. Baterías .....  | 120 |
| 5.5.4. Inversor.....   | 120 |
| 5.5.5. Presupuesto referencial del sistema híbrido, eólico – solar.....              | 121 |
| 5.6. Comparación entre los tres sistemas solar, eólico e híbrido eólico – solar..... | 122 |
| 5.7. Dimensionamiento de la red de distribución en 220V. ....                        | 123 |
| 5.7.1. Distancia mínima de seguridad.....  | 123 |
| 5.7.2. Estimación de caída de tensión.....   | 124 |
| 5.7.3. Estimación mecánica de conductores autoportantes.....                         | 126 |
| 5.8. Metrados y presupuesto del sistema de distribución.....                         | 129 |
| 5.9. Costo total. ....   | 132 |
| CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                    | 133 |
| 6.1. Conclusiones .....  | 133 |
| 6.2. Recomendaciones.....  | 133 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 135 |
| ANEXOS .....   | 137 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro No1:</b> Ubicación geográfica de la.....  | 4   |
| <b>Cuadro No2:</b> Marco normativa de RER .....   | 21  |
| <b>Cuadro No3:</b> Marco institucional de los RER.....  | 22  |
| <b>Cuadro No4:</b> Cuadro de las capas de la atmósfera .....  | 42  |
| <b>Cuadro No5:</b> Clasificación de naciones según la capacidad acumulada instalada en megavatios.....                          | 48  |
| <b>Cuadro No6:</b> parques eólicos en funcionamiento en el Perú.....  | 49  |
| <b>Cuadro No7:</b> parques eólicos adjudicados en la última subasta .....   | 50  |
| <b>Cuadro No8:</b> tasa de crecimiento poblacional departamento de Cajamarca .....  | 88  |
| <b>Cuadro No9:</b> uso de las lámparas en una vivienda.....   | 89  |
| <b>Cuadro No10:</b> uso promedio de energía eléctrica diaria en una vivienda .....  | 90  |
| <b>Cuadro No12:</b> uso promedio de energía eléctrica en un local comunal .....   | 90  |
| <b>Cuadro No13:</b> uso promedio de energía eléctrica en el parque .....  | 91  |
| <b>Cuadro No14:</b> uso total en la ecológica Majanumia.....  | 91  |
| <b>Cuadro No15:</b> Radiación de Jaén con el software Solarius Plus .....   | 93  |
| <b>Cuadro No16:</b> irradiación de un plano horizontal .....  | 94  |
| <b>Cuadro No 17:</b> Selección del panel solar.....   | 96  |
| <b>Cuadros No18:</b> Porcentaje de caída de tensión en un sistema fotovoltaico 56 .....   | 105 |
| <b>Cuadro No19:</b> Valor referencial de materiales del sistema fotovoltaico .....  | 109 |
| <b>Cuadro No20:</b> Costo directo del sistema de dimensionamiento .....   | 109 |
| <b>Cuadro No21:</b> Frecuencias de la velocidad del viento. ....  | 110 |
| <b>Cuadro No22:</b> Frecuencia relativa acumulada.....  | 110 |
| <b>Cuadro No23:</b> Datos de la regresión lineal.....   | 112 |
| <b>Cuadro No24:</b> Probabilidad de horas de velocidad del viento en un periodo de tiempo de los datos de mes más crítico. .... | 113 |
| <b>Cuadro No25:</b> Energía entregada por el aerogenerador a una altura de 18 m.....  | 115 |
| <b>Cuadro No26:</b> Valor referencial de materiales del sistema eólico.....   | 117 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Cuadro No27:</b> Costo directo del sistema de dimensionamiento .....                                 | 117 |
| <b>Cuadro No28:</b> balance de energía.....   | 118 |
| <b>Cuadro No29:</b> Valor referencial de materiales del sistema híbrido, eólico - solar.....            | 121 |
| <b>Cuadro No31:</b> Distancias mínimas del conductor a la superficie del terreno.....                   | 124 |
| <b>Cuadro No32:</b> Parámetros de formación y capacidad de corriente de conductores autoportantes ..... | 124 |
| <b>Cuadro No33:</b> Estimación de caída de tensión.....   | 125 |
| <b>Cuadro No34:</b> Tensiones mecánicas en el conductor de la red de distribución secundaria.           | 127 |
| <b>Cuadro No35:</b> Suministro de materiales de redes secundarias .....                                 | 129 |
| <b>Cuadro No36:</b> Montaje electromecánico de redes secundarias .....                                  | 130 |
| <b>Cuadro No37:</b> Costo directo de la red secundaria .....  | 131 |
| <b>Cuadro No38:</b> Resumen general del sistema solar fotovoltaico .....                                | 132 |

## ÍNDICE DE IMAGENES

|  |    |
|--|----|
| <b>Imagen No1:</b> La posición geográfica de la Ecológica Majanumia en la provincia de Jaén se puede determinar mediante las coordenadas geográficas correspondientes..... | 4  |
| <b>Imagen No2:</b> Temperatura máxima y mínima promedio de la provincia de Jaén perteneciente al departamento de Cajamarca .....   | 5  |
| <b>Imagen No3:</b> Velocidad promedio del viento .....   | 6  |
| <b>Imagen No4:</b> Energía solar de onda corta incidente diario promedio .....   | 7  |
| <b>Imagen No5:</b> Elementos de la radiación solar que llega al planeta.....   | 29 |
| <b>Imagen No6:</b> Horas de pico solar (HSP).....  | 30 |
| <b>Imagen No7:</b> Efecto fotovoltaico en un panel solar.....  | 32 |
| <b>Imagen No8:</b> Paneles de silicio monocristalino y policristalino. ....  | 33 |
| <b>Imagen No9:</b> Componentes del módulo fotovoltaico. ....   | 34 |
| <b>Imagen No10:</b> Menor distanciaamiento entre filas de paneles .....  | 35 |
| <b>Imagen No11:</b> Tipos de reguladores de carga para sistemas solares .....  | 37 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Imagen No12:</b> Instalación fotovoltaica con inversor .....                       | 39  |
| <b>Imagen No13:</b> Acumuladores asociados en serie.....                              | 40  |
| <b>Imagen No14:</b> Acumuladores asociados en paralelo. ....                          | 40  |
| <b>Imagen No15:</b> Tipos de baterías para uso en un sistema de paneles solares ..... | 41  |
| <b>Imagen No16:</b> Imagen que representa las capas atmosféricas de la tierra.....    | 42  |
| <b>Imagen No17:</b> Las corrientes atmosféricas predominantes en la Tierra .....      | 43  |
| <b>Imagen No18:</b> Desarrollo de la energía eólica a nivel global .....              | 49  |
| <b>Imagen No19:</b> Rosa de viento.....   | 54  |
| <b>Imagen No20:</b> Anemómetro y veleta.....  | 55  |
| <b>Imagen No21:</b> Efecto visual de un parque eólico. ....                           | 59  |
| <b>Imagen No22:</b> Sistema Eólico.....   | 60  |
| <b>Imagen No23:</b> Partes De Un Aerogenerador.....                                   | 64  |
| <b>Imagen No24:</b> Flujo a través de un disco.....                                   | 65  |
| <b>Imagen No25:</b> Límite De Betz. ....  | 66  |
| <b>Imagen No26:</b> Curva del límite de Betz.....                                     | 67  |
| <b>Imagen No27:</b> Diagrama de conexión sistema hibrido. ....                        | 69  |
| <b>Imagen No28:</b> Tasa de crecimiento poblacional por departamento. ....            | 88  |
| <b>Imagen No29:</b> Radiación solar en el departamento de Cajamarca.....              | 92  |
| <b>Imagen No30:</b> Velocidad del viento vs Frecuencia relativa acumulada .....       | 111 |
| <b>Imagen No31:</b> Reajuste lineal de la ecuación de Weibuul.....                    | 112 |
| <b>Imagen No32:</b> Distribución de Weibull.....                                      | 114 |
| <b>Imagen No33:</b> Aerogenerador ENAIR E70 PRO. ....                                 | 114 |
| <b>Imagen No34:</b> Curva de potencias de Aerogenerador .....                         | 115 |
| <b>Imagen No35:</b> características de los cables autoportantes .....                 | 126 |

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulado: “EVALUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EÓLICA Y SOLAR, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA DE LA PROVINCIA DE JAEN, DEPARTAMENTO CAJAMARCA”, se propone realizar un estudio de los recursos energéticos renovables, incluyendo la solar, eólica y la combinación de ambas en un sistema eólico-solar fotovoltaico, con el fin de determinar cuál de ellas es la más idónea para abastecer de energía eléctrica a la comunidad mencionada.

Al principio del primer capítulo se examina el estado actual de la comunidad ecológica de Majanumia en relación con la elección de una fuente de energía eléctrica. Se describen la formulación del problema, la justificación del estudio realizado y los objetivos correspondientes.

El segundo capítulo expone el marco teórico, En esta sección se exponen antecedentes que respaldan la investigación, así como la teoría vinculada al tema en cuestión.

Dentro del tercer capítulo, se describe el marco metodológico, describiendo la estructuración de la investigación, cómo se obtendrán y procesarán los datos, la operacionalización de las variables, la población, las metodologías y herramientas para la obtención de datos, así como los enfoques para analizar la información.

El cuarto capítulo muestra los elementos que conforman los sistemas de energía solar, eólica y eólico-solar fotovoltaico.

En el quinto capítulo, se analizan el dimensionamiento y evaluación de los mecanismos de energía solar, eólica y fotovoltaica combinada. Se presentan los resultados alcanzados en relación con los objetivos establecidos y se realiza la selección del generador de energía más óptimo para la .

Finalmente, el sexto capítulo, se exponen las conclusiones y sugerencias, acompañadas de la bibliografía y los apéndices correspondientes al estudio realizado.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.1. Situación Problemática.**

La propuesta de la comunidad ecológica Majanumia en la provincia de Jaén es un plan de largo alcance destinado a aportar al crecimiento urbano y arquitectónico de la nación. Este proyecto se caracteriza por adoptar un enfoque sostenible y preventivo ante los efectos provocados por desastres naturales al mismo tiempo que promueve la conservación del medio ambiente. Para llevar a cabo esta propuesta, se cuenta con la participación de profesionales especializados.

A pesar de que se reconoce que estas edificaciones surgieron en Europa como respuesta a la industrialización y las exigencias de la clase trabajadora, se plantea una solución similar para abordar este problema en América Latina. En este entorno, se han implementado tres propuestas influenciadas por el diseño europeo: las residencias colectivas, los vecindarios de viviendas unifamiliares y los conjuntos urbanos tipo parque. Estas propuestas buscan abordar las demandas y desafíos particulares de la vivienda a través de enfoques innovadores y adaptados a la realidad de la región.

De manera análoga, en el Perú durante los últimos años del siglo XIX y los primeros años del siglo XX, se dio inicio a la edificación de viviendas sociales. Actualmente, se han ejecutado varios proyectos de este tipo en diversas regiones del país. Inspirados por estos modelos de construcción habitacional, un grupo de individuos se ha congregado con la intención de formar una comunidad con la visión de establecer hogares que compartan la misma estructura arquitectónica, sean sostenibles y al mismo tiempo contribuyan a la preservación del medio ambiente.

Con la comprensión de la determinación del gobierno peruano de fomentar la adopción de fuentes de energía sostenible y limpia, tales como la biomasa, eólica, solar, geotérmica, hidráulica y mareomotriz, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 3° de la DLEG-1002-2008, estas energías se han designado para desempeñar un papel central en el futuro bienestar de la sociedad.

El Plan Nacional de Energías Renovables, según lo estipulado en el Artículo 11° de la DLEG-1002-2008, engloba estrategias, programas y proyectos orientados a potenciar la calidad de vida de los habitantes y preservar el ecosistema.

Ante la iniciativa del gobierno de fomentar el empleo de energías sostenibles, mi objetivo es analizar los suministros de energía sostenible solar y eólica. El propósito es determinar cuál de ellas resulta más favorable para abastecer a la sociedad ecológica de Majanumia en Jaén de energía sostenible y limpia para el uso de sus habitantes. Este enfoque tiene como meta transformar la ciudad en un entorno más organizado, mejorando el bienestar de sus residentes y participando activamente en la preservación del medio ambiente.

## **1.2. Planteamiento del problema.**

“¿Cuál de los recursos energéticos renovables eólico, solar es el más adecuado para suministrar energía eléctrica y satisfacer su demanda de la comunidad ecológica Majanumia de la provincia de Jaén?”

## **1.3. Limitación de la investigación.**

### **1.3.1. Limitación espacial.**

La provincia de Jaén es una de las trece provincias del departamento de Cajamarca, que está conformado por 12 distritos e incluido el distrito del mismo. La comunidad Ecológica Majanumia, se encuentra ubicado a unos 2.8 km al norte de la provincia de Jaén a 1150 msnm., donde la topografía del área de estudio nos muestra un terreno con pendientes ligeramente pronunciadas.

El acceso a la referida se hace por la vía que sale de la Ciudad de Jaén hacia el caserío El Mirador, a través, de una carretera en buen estado de conservación; luego de llegar al caserío El Mirador se direcciona a la Ecológica Majanumia, a unos 750 metros de dicho caserío



**Imagen No1:** La posición geográfica de la sociedad Ecológica Majanumia perteneciente a la provincia de Jaén se puede determinar mediante las coordenadas geográficas correspondientes.

**Cuadro No1:** Ubicación geográfica de la <sup>1</sup>

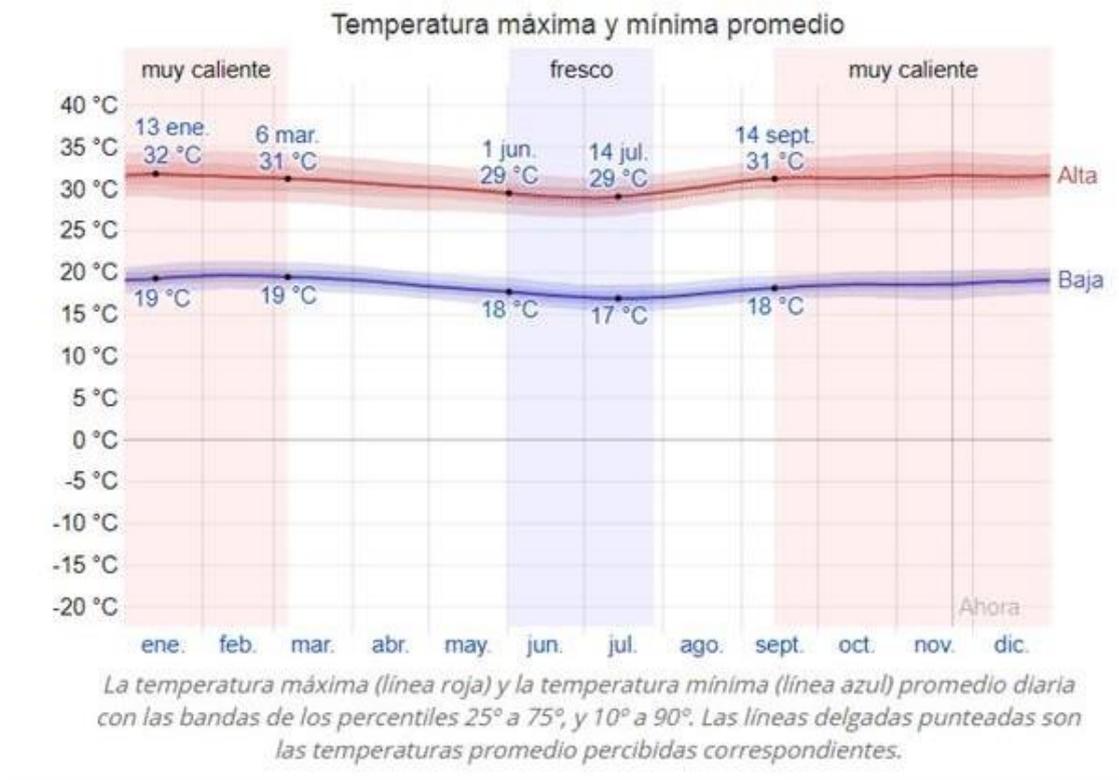
| <i>Coordenadas de Localización</i> |                |
|------------------------------------|----------------|
| <u>Longitud</u>                    | <u>Latitud</u> |
| -78.82440888                       | -5.68840219    |

**Temperatura.<sup>2</sup>**

En la ciudad de Jaén, los veranos se caracterizan por ser prolongados, intensamente calurosos

<sup>1</sup> Procedencia: Software Google Earth.

y simultáneamente nublados. En contraste, los inviernos son breves, agradables, secos y generalmente despejados. A lo largo del año, la temperatura experimenta variaciones típicas que oscilan entre los 17 °C y los 32 °C, siendo poco usual que llegue por debajo de los 15 °C o que rebase los 35 °C.



**Imagen No2:** Temperatura máxima y mínima promedio de la provincia de Jaén perteneciente al departamento de Cajamarca.

### **Viento**<sup>3</sup>.

En esta sección, se examinan detalladamente tanto la dirección como la velocidad del viento promedio en intervalos horarios a una altitud de 1000 metros sobre el suelo. Es esencial tener en cuenta que diversos factores, como la topografía local y otros elementos ambientales, pueden ejercer una influencia significativa en las características del viento en un lugar específico. Por ende, los promedios horarios pueden no capturar de manera precisa las variaciones bruscas que pueden ocurrir tanto en la velocidad como en la dirección del viento

<sup>2</sup> Clima promedio en Jaén Perú durante todo el año (2018). Temperatura. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/19992/Clima-promedio-en-Ja%C3%A9n-Per%C3%BA-durante-todo-el-Wind>.

<sup>3</sup> Clima promedio en Jaén Perú durante todo el año (2018). El viento. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/19992/-Ja%C3%A9n-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Wind>.

en momentos específicos. Es fundamental reconocer esta complejidad al interpretar los datos de viento proporcionados, ya que las condiciones locales pueden desviarse notablemente de las tendencias generales que se observan en las mediciones a gran escala. Por lo tanto, se recomienda considerar cuidadosamente estos factores al analizar los datos y al tomar decisiones que dependan de las condiciones del viento en un área determinada.

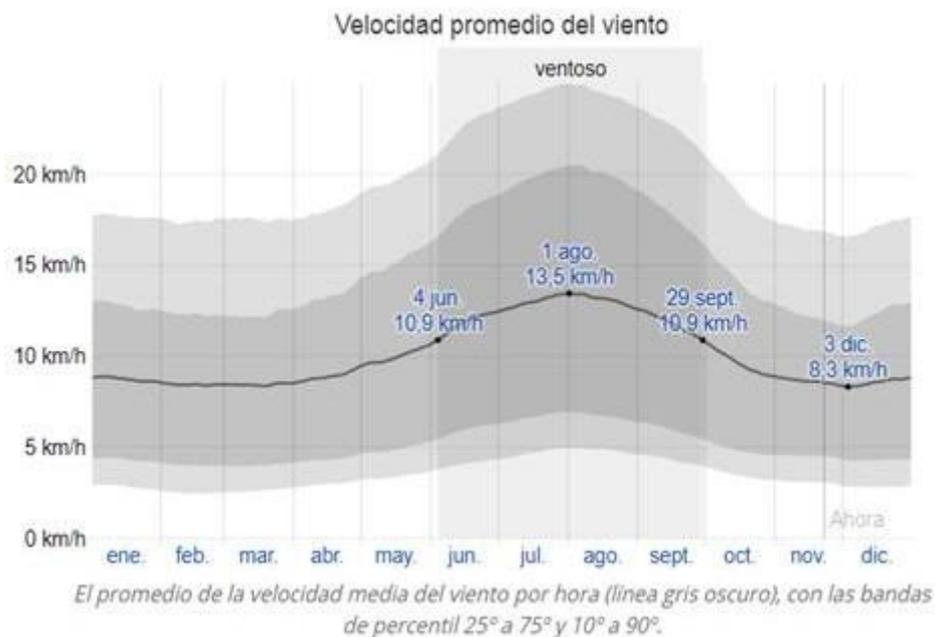


Imagen No3: Velocidad promedio del viento.<sup>4</sup>

### **Energía solar.**<sup>5</sup>

En este apartado se profundiza en el análisis de la radiación solar incidente total de onda corta que llega diariamente a la superficie terrestre en una zona amplia, teniendo en cuenta una serie de factores clave que influyen en su variabilidad. Se consideran aspectos como las fluctuaciones estacionales en la duración del día, que determinan la cantidad de luz solar recibida en diferentes épocas del año. Además, se tienen en cuenta fenómenos como la sobreexposición solar en el horizonte, cuya intensidad puede variar según la ubicación geográfica y las condiciones locales.

<sup>4</sup> Clima promedio en Jaén Perú durante todo el año (2018). El viento. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/19992Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Wind>.

<sup>5</sup> Clima promedio en Jaén Perú durante todo el año (2018). Energía solar. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Wind>.

Es relevante destacar que dentro de la categoría de radiación de onda corta se incluyen componentes como los rayos UV y la luz visible, aspectos fundamentales no solo para el clima, sino también para la salud y el bienestar humano.

A lo largo del año, se observa una notable estabilidad en el promedio diario de radiación solar de onda corta incidente por metro cuadrado. Este promedio tiende a oscilar dentro de un rango predefinido, generalmente entre 0,5 y 6,0 kilovatios-hora. Esta consistencia en los valores proporciona información valiosa sobre la provisión de radiación solar en la región estudiada y puede resultar crucial para una diversa gama de aplicaciones, desde la agricultura hasta la planificación energética y la gestión ambiental.

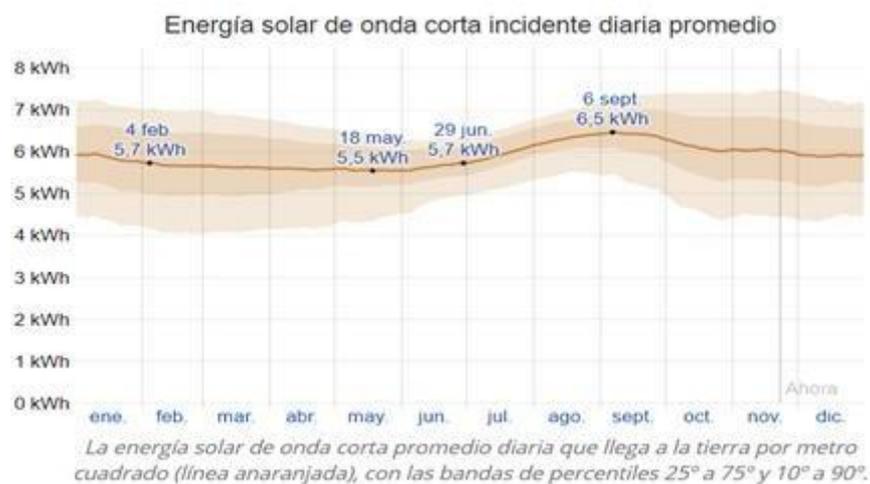


Imagen No4: Energía solar de onda corta incidente diario promedio.<sup>6</sup>

### 1.3.2. Limitación temporal.

El estudio se llevó a cabo durante un período de seis meses, contando con la participación activa de los integrantes de la ecológica Majanumia.

### 1.4. Justificación e importancia de la investigación.

El análisis de los recursos energéticos renovables, tanto eólicos como solares, reviste una significativa importancia para la sociedad ecológica Majanumia. Esto se debe a que permite determinar cuál de estas fuentes es más idónea para abastecer de energía eléctrica y cubrir las necesidades energéticas de dicha .

#### 1.4.1. Justificación científica.

Se justifica, porque a partir de las necesidades de la población y la contaminación ambiental al momento de generar energía eléctrica, nos ha conllevado que se realicen

<sup>6</sup> Clima promedio en Jaén Perú durante todo el año (2018). Energía solar. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/n-Ja%C3%A9n-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Wind>.

diferentes investigaciones para generar energía eléctrica en base a los recursos energéticos no convencionales.

#### **1.4.2. Justificación ambiental.**

Con la aplicación de este proyecto se logrará reducir la utilización de combustibles el cual tiene como efecto directamente en la reducción de las liberaciones de CO<sub>2</sub>. por lo cual justifica realizar el proyecto, pues no produce impacto ambiental negativo, de esta manera estaremos contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

#### **1.4.3. Justificación social.**

Mediante la ejecución de esta investigación, se busca elevar el nivel de comodidad y bienestar de los residentes, abordando de manera efectiva la problemática del suministro de energía eléctrica en la comunidad.

#### **1.4.4. Justificación económica.**

Los residentes de la comunidad Majanumia, al implementar este proyecto, se verían liberados de incurrir en gastos adicionales para la iluminación, que pueden ser perjudiciales para la salud, así como para la adquisición de baterías que requieren desplazamientos prolongados para cargarlas. Además, se reducirían los gastos asociados a combustibles y recargas de dispositivos celulares.

### **1.5. Objetivos.**

#### **1.5.1. Objetivo general:**

Estudio de las energías renovables eólica y solar, y determinar cuál es la más adecuado para el suministro de energía eléctrica a la comunidad ecológica Majanumia de la provincia de Jaén departamento Cajamarca.

#### **1.5.2. Objetivos Específicos:**

- a) Evaluar el potencial de las fuentes de energía renovable solar, eólica y eólica-solar fotovoltaica para su uso en la producción de electricidad, y seleccionar entre las opciones disponibles: sistema de energía eólica, sistema fotovoltaico solar o sistema combinado de energía eólica y fotovoltaica.
- b) Calcular el promedio diario del requerimiento de electricidad por parte de la comunidad ecológica Majanumia.
- c) Determinar las dimensiones adecuadas de las herramientas que se utilizaran para el sistema de generación eléctrica.

- d) Realizar una valoración económica del sistema de generación eléctrica que abastecerá a la comunidad Majanumia.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### **2.1. Antecedentes.**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

Hervas & Moscoso (2015) en su investigación titulado “ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN BASE AL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN EL PÁRAMO CHALUPAS, PERIODO 2015.” Esta investigación se enfoca en examinar el potencial combinado de la energía eólica y solar, investigando las herramientas utilizadas para reunir datos y la elección de los componentes clave para la producción de electricidad. Asimismo, se examina el funcionamiento independiente de cada elemento. El plan se basa en utilizar recursos naturales provenientes de fuentes eólicas y solares, incorporando técnicas para transformar la energía del movimiento en electricidad. Este sistema integral de generación eléctrica está compuesto por elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de almacenamiento. Lo importante del programa radica en poder obtener la satisfacción del interesado mediante un análisis detallado y la selección adecuada de dispositivos que permitan satisfacer las demandas energéticas. Asimismo, se destaca la conexión positiva entre la universidad y la comunidad, al brindar una solución que responde a las demandas locales. La valoración se lleva a cabo mediante la recolección inicial de información sobre la rapidez con la que van las corrientes de viento y los rayos emitidos por el sol en la zona del estudio, empleando un piranómetro y un anemómetro. El respaldo matemático respalda la conveniencia de los recursos eólico-solares en el se sugiere la instalación de un equipo híbrido que combine una turbina eólica y una celda solar en el Páramo de Chalupas. El propósito de este sistema es producir energía y asegurar un suministro eléctrico continuo para una familia local

Acevedo (2016) en su tesis titulada "DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CON CAPACIDAD PARA 3 KILOVATIOS", Esta revisión proporciona un resumen conciso del avance teórico en la tecnología fotovoltaica desde el descubrimiento del efecto fotoeléctrico en el año 1839 hasta el presente. Se analiza la disposición y la eficiencia de un sistema de energía solar basada en celdas solares, ofreciendo información detallada sobre cada uno de sus componentes y elementos. Se ofrece una explicación detallada sobre la estructura, funcionamiento y rendimiento de los paneles solares fotovoltaicos de silicio, complementada con gráficos que ilustran las variables que los definen. Además, se describen en detalle las características técnicas de la tecnología de

baterías de plomo-ácido, así como de los reguladores-controladores de carga y los inversores de corriente continua/corriente alterna diseñados específicamente para aplicaciones solares autónomas. Dentro del contexto de este proyecto, se describen minuciosamente las especificaciones técnicas de la instalación solar fotovoltaica que está siendo investigada, incluyendo detalles sobre su ubicación y propósito específico. Se resaltan los factores fundamentales que se deben tener en cuenta en la planificación, como las cargas a abastecer, la demanda máxima, el consumo diario y mensual de energía eléctrica, junto con la radiación solar. Posteriormente, se llevan a cabo los cálculos fundamentales para establecer las dimensiones del sistema solar fotovoltaico. Esto incluye calcular la radiación solar incidente en los paneles que serán instalados, así como dimensionar todas las partes del sistema, como paneles solares, el regulador, el banco de baterías, el inversor, y determinar los calibres requeridos para los cables y las tuberías. Finalmente, se lleva a cabo la creación de los esquemas que complementan y finalizan la planificación detallada de la implementación solar fotovoltaica, según la obra de Acevedo en 2016.

Guerra (2013) en su investigación titulado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO/ECONÓMICA DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ESCUELAS DE QUINCHAO”, se menciona áreas de difícil acceso y sin suministro eléctrico, es habitual emplear generadores alimentados por motores diésel para proporcionar energía. A pesar de que esta solución es sencilla de implementar, sus atributos sugieren la necesidad de explorar otras opciones. Las principales limitaciones de los generadores. La utilización de diésel para la producción de electricidad presenta ciertos obstáculos, que incluyen los altos costos relacionados con la generación. Estos costos abarcan tanto el precio directo del combustible como los gastos de mantenimiento del equipo. Además, se deben tener en cuenta aspectos como la disponibilidad del suministro eléctrico y las emisiones de contaminantes. Este proyecto de investigación se enfoca en enfrentar los desafíos vinculados con la producción de electricidad en trece instituciones educativas situadas en la comunidad de Quinchao, perteneciente al grupo de islas de Chiloé. En lo actual, estos centros educativos confían en equipos generadores a base de diésel para la producción de electricidad, lo que hace que la disponibilidad sea un factor crítico. Dado que cualquier fallo en el equipo resulta en la interrupción de las actividades escolares, se pretende examinar sistemas de producción de electricidad que pueda complementar el mecanismo tradicional. Estos sistemas deben funcionar utilizando suministros de energía renovable no convencional (ERNC), tales como la energía solar fotovoltaica y eólica (Guerra, 2013).

Según **Bocanegra** en su tesis para obtener el título de ingeniero ambiental titulada “ELECTRIFICACIÓN DE ZONAS MARGINADAS MEDIANTE EL EMPLEO DE FUENTES DE ENERGÍA ALTERNAS”. El objetivo principal de este estudio es realizar una exhaustiva revisión bibliográfica para comprender la problemática asociada con la generación de energía eléctrica en zonas marginadas que padecen extrema pobreza. Además, se busca explorar las posibilidades de electrificación de estas áreas mediante la utilización de fuentes de energía no convencionales, como la energía eólica, solar o híbrida.

Para abordar esta problemática, se pretende identificar las mejores prácticas en sistemas productores de energía que utilicen medios energéticos no convencionales. Entre estos sistemas se incluyen minieólicos y mini granjas solares, los cuales han demostrado ser eficientes y adecuados para el aprovechamiento de recursos renovables. Es fundamental reconocer las potencialidades de estas fuentes de energía no convencional tanto a nivel nacional como en regiones marginadas específicas.

El estudio se centrará en describir detalladamente los diversos tipos de sistemas de generación eléctrica, subrayando sus características y cualidades. Estos sistemas serán evaluados en términos de su viabilidad para ser implementados con bajos costos de construcción y mantenimiento, aspectos cruciales para su adopción en áreas con recursos económicos limitados. La descripción incluirá una evaluación de los requerimientos específicos de cada zona, así como los requerimientos básicos de consumo eléctrico de las viviendas en dichas áreas.

Se analizarán los sistemas de generación minieólicos, que aprovechan la energía del viento a pequeña escala, y las mini granjas solares, que utilizan paneles solares para la generación de electricidad. Cada tipo de sistema será evaluado en función de su eficiencia, durabilidad, facilidad de instalación y mantenimiento, y adaptabilidad a las condiciones locales.

El análisis incluirá también una revisión de estudios de caso y proyectos piloto exitosos, con el fin de extraer lecciones y mejores prácticas que puedan ser aplicadas en contextos similares. La investigación se apoyará en datos empíricos y ejemplos concretos de implementación de tecnologías de energía no convencional en zonas marginadas, proporcionando una base sólida para futuras iniciativas de electrificación rural.

Finalmente, el estudio ofrecerá recomendaciones basadas en los hallazgos obtenidos, con el fin de guiar la planificación y ejecución de proyectos de electrificación en zonas marginadas utilizando fuentes de energía no convencionales. Estas recomendaciones estarán orientadas a maximizar el impacto positivo en el bienestar de las comunidades, asegurando un suministro

eléctrico sostenible y asequible que contribuya al desarrollo socioeconómico y a la reducción de la pobreza energética en estas regiones. (Bocanegra)

De acuerdo con **Topampa y Hidalgo (2016)** en su tesis “ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO CENTRAL HÍBRIDA SOLAR EÓLICA PARA GENERAR 500 W EN LA HACIENDA “LA MERCED” UBICADA EN EL BARRIO SANTA ANA DEL PEDREGAL, PARQUE NACIONAL COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”,

El propósito del proyecto consistió en estudiar y implementar dispositivos para un sistema híbrido que solo use como suministro la energía del viento y los rayos solares emitidos en la zona, específicamente en la agrupación de ganaderos de Sincholagua, hacienda "La Merced", con el objetivo de producir electricidad. Este trabajo ha servido como respaldo para investigaciones futuras. La implementación de tecnologías renovables y respetuosas con el medio ambiente busca ofrecer alternativas que sean menos perjudiciales para el entorno y económicamente sostenibles a largo plazo. Esta acción contribuirá al esfuerzo de la agrupación de ganaderos Sincholagua, en particular donde la hacienda "La Merced", Con el objetivo de no estar completamente dependientes de los centros hidroeléctricos que suministran electricidad al país. (Toapanta & Hidalgo, 2016).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales.**

Chercca, (2014) en el estudio titulado “APROVECHAMIENTO DEL RECURSO EÓLICO Y SOLAR EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL POBLADO RURAL LA GRAMITA DE CASMA”. Se indica que tanto las investigaciones como los avances tecnológicos en turbinas de viento de baja energía (2 kilovatio) y la incorporación de sistemas solares se encuentran limitados como a nivel internacional como nacional. A pesar de esta limitación, se destaca que estas tecnologías se presentan como soluciones estratégicas en términos energéticos para áreas rurales que cuentan con recursos eólicos y solares, especialmente en lugares donde no hay paso al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional y carecen conexiones para Distribución como también de Transmisión Eléctrica asociadas a dicho sistema. En este contexto, la generación aislada se convierte en la única alternativa viable. En consecuencia, la energía sostenible y limpia se presenta como una alternativa favorable, propone emplear aerogeneradores de menor capacidad con el fin de satisfacer las necesidades de electricidad en viviendas y comunidades en zonas rurales, según lo sugerido por Chercca en 2014. El estudio se centró

en un estudio aplicado que se ocupó de evaluar tecnologías autónomas, como la utilización de aerogeneradores y paneles fotovoltaicos. Asimismo, se examinó la integración eficaz de ambas para desarrollar un sistema híbrido eólico-fotovoltaico. Este estudio abordó tanto actividades de análisis teórico como trabajos de campo. Como resultado de este enfoque, se diseñó un sistema generador de energía eólica de 2 kW utilizando imanes permanentes fabricados con neodimio. Además, se instalaron veintiocho paneles solares de 240 vatios pico, junto con acumuladores, los reguladores de carga e inversores. De esta manera, se implementó un sistema combinado con el objetivo de suministrar electricidad a los habitantes en la Caleta "La Gramita" ubicada dentro de la Provincia la ciudad de Casma. En esta zona, la demanda energética alcanza los 49,25 kWh/día. La implementación de este sistema tiene como meta elevar el nivel de vida y disminuir los daños ambientales generados por el uso de suministros contaminantes como el mecheros, carbón, velas y grupos electrógenos. La elección de energía renovable está respaldada por la ubicación estratégica de la caleta en la playa "La Gramita", que presenta condiciones favorables de viento y luz solar durante todo el año. Según se observa en el mapa, el desplazamiento del viento es de 5,3 m/s (a 0.1 kilómetros de altura) y la radiación solar alcanza los 5,7 kilovatios-hora por metro cuadrado. Como otra opción adicional para abastecer de energía eléctrica, se contempla la extensión de las conexiones de transmisión y/o distribución desde la Caleta "La Gramita" hasta la región norte de la ciudad de Casma hasta, ubicada a un trayecto aproximadamente de 21 km. No obstante, se percibe como no factible debido al costo elevado del proyecto, el cual excede los US\$ 840,000 y está restringido exclusivamente a la conexión primaria de media tensión (MT). El análisis comprendió la identificación de la demanda energética, considerando tanto la máxima demanda de los consumidores como la capacidad instalada, y teniendo en cuenta los factores de demanda simultánea y utilización. Se realizaron análisis diferenciados entre las cargas asociadas con el ámbito residencial, que engloba el consumo en viviendas, y aquellas destinadas a usos comunitarios, como una Posta para atención Médica, un centro comunitario, un Espacio de personas dedicadas a la pesquería, una pequeña escuela y la iluminación pública. De esta manera, la energía consumida en las viviendas no se limita únicamente a la iluminación y a los electrodomésticos, sino que también incluye cargas específicas para los espacios de uso comunitario.

Alva (2016) en su estudio: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CASERÍO DE VIGASPAMPA, CELENDÍN, CAJAMARCA" El estudio de tesis se realizó

en la ciudad de Cajamarca entre abril y noviembre de 2016. El objetivo primordial consiste en realizar una evaluación técnico-económica de viabilidad para un sistema de energía solar con la finalidad de proporcionar electricidad en el caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca. Mediante observaciones in situ y encuestas, se ha constatado la demanda de los residentes de la comunidad, dada la carencia de suministro eléctrico lo cual sería altamente beneficioso para impulsar el avance y mejorar el nivel de vida. Debido a la caracterización geográfica del área, la distribución dispersa de las viviendas y el grado de carencia económica, la inversión por parte de las compañías eléctricas se torna inviable. Ante este escenario, el propósito de esta investigación es proponer una solución alternativa a través de la implementación de un sistema solar autónomo. La metodología aplicada fue de investigación aplicada no experimental, con una población de 60 viviendas que coincidió con la muestra.

Tarrillo (2019) con su investigación para la obtención de grado titulada, “APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS SOLAR Y EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO SANDOVAL Y VALLEJO DEL DISTRITO DE MOTUPE - LAMBAYEQUE”, En este contexto, el propósito principal es emplear los recursos de energía eólica y solar fotovoltaica para proveer de energía a las comunidades de Vallejo y Sandoval, ubicadas en el distrito de Motupe.. Durante el desarrollo de su estudio, el investigador concluyó que la demanda energética diaria promedio estimada para las áreas residenciales de Vallejo y Sandoval es de 23,728 kWh, con un punto máximo de demanda de 6,678 kW. Se recabó información sobre la radiación solar de diversas fuentes, entre ellas la NASA, que informó un valor de 4.84 kilovatios-hora por metro cuadrado por día, el Atlas Solar con 4,75 kilovatios-hora por metro cuadrado por día y el software Solarius PV con 4,72 kilovatios-hora por metro cuadrado por día. Según esto último se identificó el mes de julio como el menos propicio en términos de radiación solar. Además, se recolectaron datos mediante un piranómetro en el lugar de estudio. Después de analizar varias fuentes, se llegó a la conclusión de que los datos proporcionados por el Atlas Solar, con una cifra de 4,75 kilovatios-hora por metro cuadrado por día, son los que mejor se ajustan a los obtenidos. En cuanto a la rapidez del desplazamiento del viento, se obtuvo información de la estación meteorológica Lambayeque del SENAMHI, señalando que el mes de junio fue el período más crítico. Para complementar esta información, se recurrió a la estación meteorológica de la Facultad, que proporcionó registros en intervalos de quince minutos a lo largo de todo el día durante el mes.

(Gamarra, 2019) en la investigación titulada “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO POBLADO SIETE TECHOS UBICADO EN EL DISTRITO DE REQUE-CHICLAYO – LAMBAYEQUE”, el propósito primordial de este estudio consistió en aplicar la energía aeroeraadora y la energía solar utilizada para la generación de energía eléctrica para el Centro Poblado Siete Techos, localizado en el distrito de Reque, provincia de Chiclayo, región Lambayeque. Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo principal de abordar el desafío derivado de la ausencia de suministro eléctrico en dicha comunidad. Tras los cálculos necesarios, la demanda media diaria del Centro de Población Siete Techos se estimó en 35.308 kWh/día. Esta demanda está enfocada en 50 residencias, un centro comunitario y una institución educativa inicial, con una demanda máxima de 10.440 kW. De junio a noviembre se recolectaron información sobre la velocidad en que va el viento de la estación meteorológica automatizada del departamento de Lambayeque, lo que permitió extraer las características de la distribución de Weibull. Utilizando los datos promedio mensuales del Atlas Solar del Perú, se calculó que la radiación solar es de 5 kWh/m<sup>2</sup>/día. Para el diseño del sistema fotovoltaico híbrido eólico-solar se han tenido en cuenta 4,72 kWh/m<sup>2</sup>/día. Se realizó la determinación del tamaño y la selección de los dispositivos para dicho sistema, el cual incluye un generador eólico ENAIR E70 PRO con una capacidad de 5 kW, 30 paneles solares de la marca ERA SOLAR, cada uno con 320 Wp, lo que resulta en una potencia total de 9.6 kWp. Además, se utilizaron 24 baterías ROLLS de 503 amperio- hora, 3 controladores JNGE - 150A 24-240V y 2 inversores Must Solar de 6 kilovatio, según lo indicado por Gamarra en 2019.

### **2.1.3. Antecedentes Locales.**

Escobedo (2018) en su estudio titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UN LABORATORIO DE CÓMPUTO EN EL COLEGIO NACIONAL “COLOSO Y EMBLEMÁTICO JAÉN DE BRACAMOROS – JAÉN – CAJAMARCA” El objetivo principal de este estudio fue instalar un sistema de energía solar mediante tecnología fotovoltaica en el Laboratorio de Computación del Colegio Nacional "Coloso y Emblemático Jaén de Bracamoros" en Jaén, Cajamarca. Para reducir los efectos perjudiciales que las fuentes de energía convencionales tienen sobre el medio ambiente, el objetivo principal era fomentar el uso de fuentes de energía no tradicionales, en particular la energía solar. En el desarrollo de este estudio se utilizó una estrategia aplicada, en la cual se realizaron los cálculos pertinentes y se recogieron datos para producir los siguientes

resultados: La demanda promedio diaria de electricidad del laboratorio de computación fue de 8,986.48 Wh/día, y la mayor demanda, que alcanzó 1.711,71 W, estaba en línea con la potencia instalada. Para la evaluación de la radiación solar se tomaron en consideración tres fuentes: el atlas de radiación solar peruano, que arrojó un valor promedio de 4,75 kilovatios-hora por metro cuadrado por día; el software Meteonorm, que arrojó un valor de 5, kilovatios-hora por metro cuadrado por día; y el software Solarius Plus, que aportó un valor de 6, kilovatios-hora por metro cuadrado por día. Se eligió utilizar el valor más bajo de los tres: 4,75 kilovatios-hora por metro cuadrado por día. El sistema de energía solar está formado por 24 paneles de la marca SIMAX, cada uno con una capacidad pico de 150 vatios pico, un regulador de carga Blue Solar de 150/70, acompañados por 12 baterías RITAR de 200 A.h, y un inversor de 2,500 vatio. La capacidad total de generación del conjunto fotovoltaico alcanza los 3.6 kWp. Se ha realizado un análisis presupuestario para el sistema solar, llegando a concluir que la inversión total requerida es de S/. 63,747.63. En el estudio de viabilidad del proyecto, respaldado por la unidad de gestión educativa local de CAJAMARCA, se obtuvo un Valor Actual Neto de S/. 2,058.81 a una tasa del 16% durante un periodo de 20 años, junto con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 21%, según lo señalado por Escobedo en 2018.

Rivera (2018) en su proyecto de tesis titulada “DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO SOLAR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL CASERÍO VIRGEN DEL CARMEN DISTRITO Y PROVINCIA DE JAÉN DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA” El propósito primordial de la mencionada investigación fue la elaboración de un sistema híbrido que integra la energía solar fotovoltaica y eólica para la generación de electricidad en el Caserío “Virgen del Carmen”, localizado en el distrito de Jaén, perteneciente al departamento Cajamarca. La metodología adoptada fue de carácter aplicado, y el enfoque de diseño se clasificó como no experimental. A través de cálculos y la recolección de datos, se determinó que la demanda diaria promedio de energía requerida para el Caserío Virgen del Carmen asciende a 18,2581 kWh, con una demanda máxima de 6,286 kW. Basándonos en los datos suministrados por el SENAMHI, se registró una radiación solar de 4,75.kWh/m<sup>2</sup>/día, mientras que el software SOLARIUS.PLUS arrojó una cifra de 6,15 kilovatios-hora por metro cuadrado por día. Para la planificación del sistema, se decidió tomar en cuenta una radiación solar de 4,75 kilovatios-hora por metro cuadrado por día. Con relación al desplazamiento del viento, se utilizaron los datos provenientes de la estación de meteorología automatizada de Chota. La estructuración del

sistema híbrido eólico-solar implica la incorporación de 1 aerogenerador ENAIR.70 PRO, 20 paneles para energía solar Yingli-Solar de 250 vatios pico, 20 baterías de 260Ah, 2 controladores de carga 150/60 y 1 inversor 48/10.000 -230 V, según lo recomendado por Rivera en 2018.

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado.**

### **2.2.1. Energías Renovables.<sup>7</sup>**

La energía en el ámbito de la física es considerada la capacidad potencial que poseen los cuerpos para producir calor o trabajo, y es manifestable por medio de un cambio. Se define la energía como el trabajo realizado, ya sea por la acción de una persona al pedalear una bicicleta, la corriente incesante del líquido proveniente de un curso fluvial o el calor liberado al quemar “C” representan ejemplos de fuentes de energía. A lo largo de la evolución histórica, la humanidad ha aprovechado las fuentes de energía disponibles para llevar a cabo diversas tareas o generar calor. En los primeros tiempos, se empleaba la fuerza muscular humana o la de animales domesticados para tales fines. Más tarde, se aprovechó la energía derivada del agua y el viento, y más adelante se comenzaron a utilizar combustibles fósiles como el petróleo y el gas natural, así como la energía nuclear. Se contempla en el futuro la posibilidad de la aparición de nuevas fuentes de energía. Es crucial destacar que la disponibilidad de energía es fundamental para la humanidad y se considera tan esencial como el suministro de agua potable. Dentro del conjunto de diversas fuentes de energía disponibles, las energías renovables destacan de manera notable, ya que se producen de manera constante y se consideran inagotables a una escala humana. No obstante, es de importancia señalar que, en el caso de fuentes como la biomasa, esta inagotabilidad está condicionada al respeto de los ciclos naturales.

El sol desempeña un papel central en todas las formas de energía renovable, ya que la radiación que emana provoca temperaturas altas que provocan diferencias de presión en el planeta, provocando la generación de corrientes de aire, que son la fuente primaria de la energía eólica. Asimismo, la influencia solar en el ciclo del agua desencadena la vaporización, dando lugar a la generación de nubes y, en última instancia, a las precipitaciones, lo que contribuye al aprovechamiento de la energía hidráulica. Las plantas utilizarán la radiación del sol para poder realizar el proceso de fotosíntesis, permitiéndoles

---

<sup>7</sup> Merino Luis (2014), Energía Renovable para todos. Recuperado de : <http://www.gobiernodecanara.org/medusa/ecodblog/files/2014/cuaderno-energias-renovables-pfara-todos.pdf>.

crecer y vivir; esta materia vegetal se considera biomasa. Finalmente, el sol se aprovecha de manera directa las formas de energía solar, tanto térmica como fotovoltaica.

### **2.2.1.1 Marco Normativo e Institucional de los Recursos Energéticos Renovables (RER)<sup>8</sup>**

En concordancia con los compromisos a nivel internacional y tomando como referencia las prácticas observadas en otras naciones en lo que respecta a políticas destinadas a estimular el aprovechamiento de recursos energéticos renovables (RER), Perú ha venido impulsando de manera proactiva la adopción de estos recursos para poder producir de energía eléctrica. Desde el año 2008, se han puesto en ejecución planificaciones para generar a través de energías renovables no convencionales, apoyado por normativas específicas, se implementó un sistema de subastas con el objetivo de fomentar inversiones privadas y facilitar la asignación de proyectos relacionados con recursos energéticos renovables (RER).

Se consideran recursos energéticos renovables aquellos que se originan de la energía solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, de biomasa y de fuentes hidráulicas menores con una capacidad de hasta 20 megavatios. Estos recursos cuentan con respaldo legal a través del decreto de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad mediante el Uso de Energías Renovables, el Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables (Decreto-Supremo, D.S, No012-2011-EM2) y el Reglamento para la Estimulación de la Inversión en Electricidad para Áreas No Conectadas a la Red (Decreto- Supremo No020 - 2013-E.M). Todo esto se lleva a cabo siguiendo las normativas y procesos detallados en la ilustración 3-1.

La Ley No 1002 establece como de intención nacional y requerimiento público la promoción de la generación de electricidad mediante Recursos Energéticos Renovables (R.E.R.). Según esta normativa, el Ministerio de Energía y Minas (M.E.M.) debe establecer cada media década el tanto por ciento objetivo para la contribución de la energía eléctrica emitida a partir de R.E.R. al uso nacional de energía, con excepción de las estaciones hidroeléctricas. Durante el primer quinquenio, este porcentaje no puede superar el 5% anual. Además, se contemplan incentivos dirigidos a estimular y desarrollar proyectos vinculados con los R.E.R.

---

<sup>8</sup> Vasquez, A, & Tamayo, J (2017) *La industria de la energía renovable en el Perú*, Osinergmin, Lima: Edit. Gráfica Biblioteca S.A.

- Adquisición en totalidad de la electricidad generada por los dispositivos de energías renovables. A un precio determinado por el sector de corto plazo, y reforzado con un incentivo impuesto por el Organismo que Supervisa la Inversión en Energía y Minería en situaciones en las cuales el costo marginal sea inferior a la tarifa establecida a través de procesos de licitación.
- Se otorga preferencia en la distribución diaria de carga, tarea a cargo del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), estableciendo un costo variable de producción que se fija en cero.
- Se concede prioridad enlace a las redes que transmiten y distribuyen el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), sujeto a la capacidad disponible en dichas redes.
- Fijación de pagos a largo plazo (con una duración de 20 años) mediante procesos de subasta.
- Asignación de recursos financieros dirigidos a la investigación y desarrollo de proyectos que generaran electricidad mediante la utilización de recursos energéticos renovables (RER).

El marco normativo relacionado con las subastas establece que estas son procesos competitivos convocados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), teniendo una frecuencia no menor a dos años, y son supervisados por el Osinergmin. El objetivo de estas subastas es imponer un pago de adjudicación a cada propuesta para la generación de electricidad que se basa en recursos energéticos renovables (RER). Además, se especifica que el MEM tiene la responsabilidad de definir los requisitos de energía, elaborar y aprobar los términos de referencia, así como concretar los contratos derivados de las subastas. Por otro lado, el Osinergmin, además de garantizar por el cumplimiento de los convenios, lidera las subastas y determina los precios máximos.

La Imagen 3-2 ilustra las instituciones que están impulsando la suministración de electricidad a través de RER. Además de la normativa establecida por el Decreto-Legislativo No1002 y su Reglamento, el gobierno peruano ha emitido el Decreto-Supremo No020-2013-EM. Este decreto tiene como objetivo fomentar la inversión en la planificación, Suministro de bienes y servicios, así como la instalación, operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos en

zonas rurales aisladas del país que carecen de infraestructura eléctrica y servicios de electricidad. La adopción de esta medida se justifica por la elevada complejidad técnica y el alto costo asociado a la implementación de redes eléctricas convencionales en estas zonas. Además, el mencionado decreto determina las subastas como el mecanismo de sector para asignar las estructuras de RER autónomas, que se definen como el conjunto de elementos necesarios para la generación de energía en zonas sin conexión a la red eléctrica. A continuación, se ofrece una síntesis de las regulaciones y procesos vinculados a los recursos renovables:

**Cuadro No2:** Marco normativa de RER.

**Marco Normativo de los Recursos Energéticos Renovables**

|   |   |
|---|---|
| <b>Normas Generales</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Legislación sobre Concesiones Eléctricas (Decreto Legislativo No25844) y su Normativa correspondiente.</li> <li>• Normativa destinada a promover la eficiencia en el progreso de la producción eléctrica (Ley No28832, 2008): Incentiva procesos de licitación y acuerdos a largo plazo para proveer energía a clientes regulados.</li> <li>• Directrices Energéticas Nacionales del Perú (Decreto Supremo No064-2010-EM).</li> </ul>  |
| <b>Marco Normativo de RER</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley No1002: Estímulo para la inversión en la producción de electricidad mediante el aprovechamiento de Energías Renovables (2008).</li> <li>• Decreto-Supremo No012-2011-EM: Pautas para la generación de electricidad a través de Fuentes de Energía Renovable.</li> <li>• Decreto-Supremo No020-2013-EM: Normativa dirigida a promover la inversión en infraestructura eléctrica en zonas no conectadas a la red.</li> <li>• Resolución-Ministerial No203-2013-MEM/DM: Estrategia para alcanzar el Acceso Universal a la Energía.</li> </ul> |
| <b>Procedimientos Regulatorios – Osinergmin</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución No200-2009-OS/CD: Directrices para el proceso de hibridación de instalaciones en la generación de Energías Renovables (RER).</li> <li>• Resolución No001-2010-OS/CD: Método para calcular la prima asociada a la generación de RER.</li> </ul>  |

- Resolución No289-2010-OS/CD: Instrucciones para calcular la energía no inyectada debido a causas externas al generador de RER.
- Procedimiento Técnico del COES No20: Normativas sobre la inclusión, modificación y exclusión de instalaciones en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) por parte del COES.

**Fuente:** La siguiente información se ha construido a partir de datos proporcionados por Osinergmin y destaca las entidades vinculadas al progreso de la generación de electricidad a través de Recursos Energéticos Renovables (RER).

**Cuadro No3:** Marco institucional de los RER.

**Marco institucional de los Recursos Energéticos Renovables**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Ministerio de Energía y Minas</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promueve proyectos que utilicen recursos de energía renovable.</li> <li>• Formula el Plan Nacional de Energías Renovables.</li> <li>• Establece los criterios energéticos para las subastas, elabora y aprueba los términos de dichas subastas, y formaliza los acuerdos derivados de este proceso.</li> </ul> |
| <b>Osinergmin</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirige la subasta, establece los límites de precios, supervisa los acuerdos derivados de la subasta, gestiona los ingresos de los generadores RER y determina los costos asociados a las primas.</li> </ul>  |
| <b>COES</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestiona la operación eficiente del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), garantiza la seguridad del sistema, optimiza la utilización de los recursos energéticos y administra el mercado de corto plazo.</li> </ul>   |
| <b>Concytec</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduce los mecanismos y lleva a cabo iniciativas para promover la investigación en proyectos relacionados con energías renovables.</li> </ul>   |

**Fuente:** Texto creado por mí basado en información de Osinergmin.

**2.2.2. Energía Solar.**

**2.2.2.1 Antecedentes.**

De acuerdo con las narraciones históricas, durante el bloqueo de la ciudad de Siracusa en el año 212 a.C. , Arquímedes logró incendiar diversas embarcaciones romanas al enfocar la luz solar sobre ellas mediante la utilización de espejos. Se sugiere que este sabio ya era consciente del considerable poder destructivo de los rayos solares. Centenares de años más

tarde, el ilustre Leonardo Da Vinci ideó un imponente espejo parabólico concentrador, aunque lo dejó sin completar, al igual que varios de sus otros proyectos.

A lo largo de la historia, desde épocas antiguas hasta el presente, se han concebido y ejecutado diversos dispositivos e iniciativas para aprovechar la energía solar. La arquitectura ha sido un ámbito donde se han registrado notables avances, destacándose especialmente durante el siglo XIX en toda Europa. Durante este periodo, se llevaron a cabo construcciones de edificaciones con grandes superficies acristaladas y viviendas orientadas estratégicamente para captar la radiación solar, con esto se logra un nivel de comodidad interior notable, especialmente durante los días extremadamente fríos del invierno.

No obstante, no fue hasta los setenta cuando se comenzó a tomar en serio la alternativa de la energía solar, impulsada por los problemas asociados con el suministro y el crecimiento en los precios del petróleo. La inicial y rápida adopción se concentró en la generación de agua a altas temperaturas mediante paneles solares planos de diseño simple, específicamente diseñados para uso residencial. Esta aceptación se observó tanto en sociedades desarrolladas como en aquellas con niveles económicos más bajos. Simultáneamente, los paneles fotovoltaicos, que son equipos costosos con la función de convertir directamente la luz solar en electricidad sin componentes móviles, inicialmente utilizados predominantemente en satélites artificiales, empezaron a fabricarse en cantidades mayores. Esto resultó en una reducción gradual del costo por vatio de potencia eléctrica generada, abordando de esta manera la problemática de millones de viviendas situadas en áreas remotas que carecían de suministro eléctrico.

#### **2.2.2.2. *Energía Solar.*<sup>9</sup>**

La expresión "energía solar" hace referencia a la utilización de la energía proveniente del sol, constituyendo así una forma de energía renovable. La energía que genera el sol se considera una fuente inagotable, ya que ha estado emitiendo radiación solar durante alrededor de 5000000 de años, y según estimaciones, aún no ha alcanzado la mitad de su vida útil. También es importante mencionar que la energía que el sol irradia sobre la Tierra es aproximadamente 10 000 veces mayor que la totalidad de energía consumida diariamente en todo el mundo. A pesar de esta abundancia, la radiación que emite el sol se distribuye de manera bastante equitativa en toda el área terrestre, presentando desafíos para su utilización.

---

<sup>9</sup> Energía solar. Recuperado de: <http://solar-energy.net/>.

La energía generada por el sol se refiere a la energía contenida en la radiación solar, que se transforma por equipos especializados en energía térmica o eléctrica para su uso en lugares que lo necesiten. Los paneles solares son fundamentales en este proceso al contener la radiación emanada por el sol y convertirla en energía aprovechable. Estos paneles pueden ser de diversos tipos, dependiendo del método seleccionado para aprovechar la energía solar:

1. Dispositivos de recolección de calor solar(energía solar térmica).
2. Paneles fotovoltaicos (energía solar fotovoltaica).
3. Prescindiendo de cualquier elemento externo (energía solar pasiva).

### ***2.2.2.3. Energía Solar Fotovoltaica en el Planeta.10***

Se anticipa que en los años que se vienen se producirá una modificación considerable en la clasificación de los principales generadores de energía fotovoltaica. La energía generada por el sol está experimentando un crecimiento significativo en países de gran envergadura como Estados Unidos e India, indicando un cambio sustancial en la escena global.

A continuación, se expondrá una lista de naciones con la capacidad instalada más destacada en la generación de energía solar.

#### **China (130.4 GW).**

Asia está destinando una gran cantidad de recursos a la energía solar, así como a nuevas corrientes energéticas y tecnologías emergentes. Muchos de los principales productores mundiales provienen de esta región. China lidera a nivel global en la implementación de la energía solar fotovoltaica, posición que ha mantenido desde 2015, cuando superó a Alemania. En tan solo 2 años, de 2016 a 2018, lograron duplicar su capacidad acumulada de energía solar instalada. Este aumento se ve impulsado por el hecho de que China también es el principal fabricante de paneles solares a nivel mundial. Incluso, podría argumentarse que el planeta ya no es suficiente para sus ambiciones, ya que algunos proveedores de energía chinos están mirando hacia el espacio. Científicos están considerando la idea de establecer una estación de energía solar en órbita, ubicada a una distancia impresionante de 36.000 kilómetros de nuestro planeta. Esta estación ocuparía un área de 33 acres y se espera que pueda comenzar a generar energía antes de 2040.

#### **Estados Unidos (85.3 GW).**

Aunque posee la capacidad, las condiciones medioambientales y la tecnología necesarias para

---

<sup>10</sup> Los diez mayores países productores de energía solar en el mundo (2018). Recuperado de: <http://ecoinvtos.com/mayores-pais-productores-energia-solar-del-mundo/>

implementar la energía solar a gran escala, este país ha experimentado un respaldo político inconsistente hacia las energías renovables. La determinación de retirarse del Acuerdo de París por parte de Trump ha suscitado incertidumbres en relación con el destino de la energía solar en Estados Unidos. Sin embargo, ciertos estados han establecido objetivos ambiciosos para la producción de energías renovables, incluida la solar. En la actualidad, Estados Unidos cuenta con algunas de las instalaciones solares más grandes a nivel mundial y ha registrado avances significativos en las instalaciones solares residenciales, con una tendencia a la reducción de precios anualmente

### **Japón (63.3 GW).**

Este país estuvo a la vanguardia en el desarrollo de la energía que irradia el sol a gran escala y sigue siendo un líder en la innovación del sector gracias a su tecnología e industria avanzada. Asimismo, se ha fijado la meta de que para el año 2050, el 10 % de la demanda energética del país sea cubierta por la energía sola

### **India (57,4 GW).**

En el año 2011, este país inició la ejecución de propuestas de energía fotovoltaica a gran escala, y se anticipa que experimentará avances significativos para el año 2020, respaldado económicamente de manera importante por el Banco Mundial, que ha puesto a disposición miles de millones de dólares exclusivamente para ese año. El objetivo gubernamental es lograr llegara instalar de 100 GW para el año 2022. En una nación en desarrollo como la India, la energía fotovoltaica realiza un papel crucial en la calefacción y purificación del agua en varias áreas. Además, los costos relacionados con la energía solar son significativamente bajos, lo cual ha llevado al gobierno a suspender múltiples proyectos de desarrollo de plantas de energía a base de carbón.

### **República Federal de Alemania (48.4 gigavatios).**

Alemania ha sido un actor destacado en la producción de electricidad solar a nivel global durante varios años, y en 2004 se encontraba entre los pioneros al alcanzar una capacidad fotovoltaica acumulada de 1GW. Las compañías solares alemanas gestionan más de 27 centrales fotovoltaicas, y el país cuenta con extensos parques solares. Alemania también lidera en el ámbito de la energía solar residencial. Se estima que más de 120,000 hogares ya cuentan con sistemas solares instalados. Para el año 2050, Alemania tiene como propósito que el 80% de su electricidad producida provenga de generadores de energías sostenibles y limpias.

### **República Italiana (22,6 gigavatios).**

El ranking este país en la clasificación es único, dado que el país es un proveedor neto de energía. A pesar de esta situación, aproximadamente el 10 % de su combinación energética proviene de la energía solar, y se estima que esta proporción se duplicará en la próxima década. Este enfoque en la producción de energía no solo brinda a Italia la oportunidad de aprovechar un recurso abundante, sino también la posibilidad de reducir su subyugación energética del extranjero

### **Reino Unido (14.2 gigavatios).**

En 2015, esta nación superó a España y Francia en términos de capacidad instalada de energía solar. Además de las destacadas instalaciones solares a nivel comercial, los diferentes tiempos de gobierno han respaldado distintas opciones que promueven la adopción de paneles energía solar en centros educativos y hogares privados. Entre abril y septiembre de 2016, la elaboración de electricidad a través de paneles fotovoltaicos en el Reino Unido superó la cantidad generada por las centrales eléctricas de carbón. En días especialmente soleados, las granjas solares llegaron a generar hasta 6 veces más electricidad que las plantas de carbón.

### **Francia (12.8 G.W)**

Debido a la sólida situación económica y a la bien establecida infraestructura energética en Francia, no sorprende el crecimiento significativo experimentado en el ámbito de la energía lumínica, específicamente en el sector solar. Un ejemplo concreto de este impulso es el proyecto ambicioso de instalar paneles solares a lo largo de 1000 kilómetros de las carreteras del país.

Esta iniciativa refleja un avance audaz hacia la búsqueda de soluciones innovadoras para la generación de energía limpia y renovable. Al aprovechar la extensa red vial existente, se abre una oportunidad única para integrar la energía solar en la infraestructura ya establecida.

El despliegue de esta tecnología a gran escala evidencia el compromiso de Francia con la transición hacia un futuro más verde y sostenible, así como su capacidad para liderar la innovación en el campo de las energías renovables a nivel global. Además, este proyecto podría servir como un modelo inspirador para otros países que buscan aprovechar totalmente el potencial de la energía fotovoltaica en sus propias infraestructuras. En definitiva, la apuesta de Francia por la energía solar en sus carreteras marca un emocionante paso adelante hacia un futuro más limpio y energéticamente sostenible.

### **Australia (12.2 GW)**

Desde 2009, ha habido un notable incremento en la utilización de energía solar en Australia. Se han ejecutado alrededor de 20 proyectos de energía solar en distintas etapas de desarrollo, cada uno con el almacenamiento superior a 1 MEGAVATIOS. A pesar de estos avances, aún no se tiene una visión completa de la situación. Australia está encaminada a edificar la instalación de almacenamiento de energía solar de mayor envergadura a escala global.

### **Pakistán (10 GW).**

En el año 2012, tuvo lugar la inauguración del Parque Solar Quaid-e-Azam, la primera planta fotovoltaica de Pakistán y el epicentro de su estrategia solar. Este proyecto, al alcanzar su plena operatividad, tendrá una capacidad de 1 GW, convirtiéndose así en el parque solar más extenso del mundo. Dado el reciente descenso de los aranceles a nivel mundial, Pakistán está en marcha para llevar a cabo subastas de energía que podrían conducir a una nueva disminución en los costos de la energía fotovoltaica.

#### ***2.2.2.4. Energía generada solamente por el Perú.<sup>11</sup>***

En el año 2018, el país alcanzó hitos significativos en el área de las energías sostenibles. En el año previo, se finalizaron exitosamente 14 proyectos de electrificación rural, proporcionando así acceso a energía eléctrica a 242 comunidades. Estos proyectos abarcaron la adaptación de sistemas de paneles de energía solar en varios distritos, como Cusco, Piura, Amazonas, Loreto, entre otros. Gracias a estos esfuerzos, ahora 24,000 habitantes de diversas regiones del país puedan obtener electricidad en sus hogares.

El programa de electrificación rural es una faceta del Plan Renovable del MEM, que aspira a alcanzar una cobertura total de electrificación rural para el año 2021. Durante el período del año 2016 a noviembre del año 2018, se realizaron las instalaciones de 95,000 sistemas fotovoltaicos, uno en cada hogar. En 2019, esta iniciativa prosigue con la realización de 56 propuestas de electrificación en zonas rurales, beneficiando a alrededor de 286,000 residentes. El Ministerio ha asumido la iniciativa y se ha sumado a la lucha contra la preservación del ecosistema y los cambios climáticos, instalando módulos solares en sus instalaciones para obtener energía eléctrica en diversas áreas.

---

<sup>11</sup> Blog Auto Solar energía del Perú (2019). Recuperado de: [http://autosolar.pe/blog/actuadlidad-de-energia-solar/dmas-de-24-localidad-rural-electrificada-con-paneles-solar-en-2018?gclid=EAlaIQobChMI5MvJ5qSG5gIWA6SzCh2wywchEAAYASAEgJQdPD\\_BwE](http://autosolar.pe/blog/actuadlidad-de-energia-solar/dmas-de-24-localidad-rural-electrificada-con-paneles-solar-en-2018?gclid=EAlaIQobChMI5MvJ5qSG5gIWA6SzCh2wywchEAAYASAEgJQdPD_BwE)

### **2.2.2.5. Radiación solar en el Perú.<sup>12</sup>**

Las zonas sur y norte del Perú albergan un potencial solar significativo, y las energías renovables realizan funciones cruciales en la reducción de la falta de accesibilidad a la energía eléctrica en las áreas rurales. Además, hasta abril del 2019, 7 centrales fotovoltaicas estaban en funcionamiento; esto resultó en una capacidad instalada total de 284 MEGAVATIOS; la información proporcionada se alinea con las declaraciones realizadas por la viceministra de Electricidad, Patricia Elliot Blas.. También, durante la VIII Conferencia Energías Renovables situada en Perú 2019, destacó que el MINEM ha centrado sus esfuerzos en cerrar la brecha de electrificación en áreas rurales. Además, resaltó la significativa contribución de las energías renovables para alcanzar dicho objetivo. La MINEM es desarrollar un sistema de energía que pueda satisfacer de manera eficiente la demanda de energía eléctrica, cumpliendo con los estándares internacionales y manteniendo costos competitivos para el año 2030.. Se encuentra basado en cinco ejes: sector competitivo, integración eléctrica, acceso universal, incorporación de nueva tecnología y bajo impacto ambiental. (Chavez, 2019)

En diciembre de 2018, las fuentes de energía renovable no convencional constituyeron el 41.8% del total de la energía generada en la nación. Se destacó además la implementación de dos proyectos de parques eólicos, Huambos y Dunas, localizados en Cajamarca, con una capacidad de generación de 18 MEGAVATIOS.

### **2.2.2.6. Radiación emitida por el sol.**

Esta es la energía que irradia el sol desde el espacio. La energía solar se genera a través de reacciones termonucleares de fusión que tienen lugar en el núcleo solar. Este proceso produce radiación electromagnética con distintas longitudes de onda o frecuencias, que se propaga a través del espacio a velocidades específicas. Estas emisiones transportan la energía solar. La constante solar indica la cantidad de energía que se recibe por unidad de área y tiempo en la superficie expuesta de la atmósfera terrestre, medida en un plano perpendicular a la incidencia de los rayos solares. Las mediciones satelitales revelan un valor promedio de aproximadamente 1366 W/m<sup>2</sup>.

La energía solar y, por ende, las radiaciones solares derivan del proceso de fusión nuclear que ocurre en el sol. Esta forma de energía se considera la fuerza principal impulsora en el entorno. La radiación solar recibida, que representa la manifestación de la energía solar, juega

---

<sup>12</sup> Potencia de energía solar (2019). Recuperado de: <http://andgina.pe/agency/noticia-potencial-energia-solar-esta-zonas-sgur-del-peru-759047.aspx>.

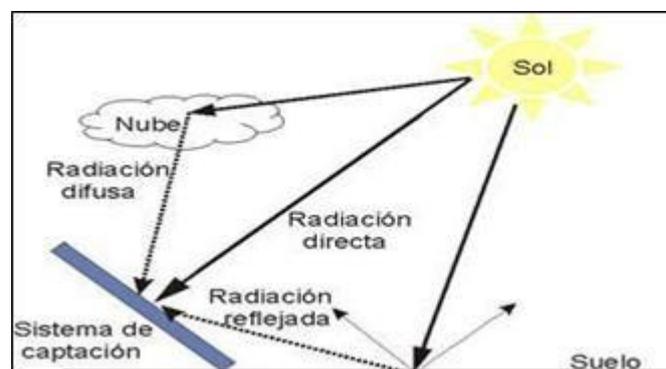
un papel directo o indirecto en diversos aspectos esenciales para la vida, como estabilización de la temperatura del planeta y el proceso de fotosíntesis.

Es esencial resaltar totalidad de luz solar que llega a la tierra es alrededor de diez mil veces superior a la energía actualmente utilizada por la población en su totalidad.

### **Tipos de radiación solar.<sup>13</sup>**

- **Radiación Directa:** Se refiere a la luz solar que llega directamente desde el sol sin experimentar alteraciones en su trayectoria; se distingue por la proyección nítida de sombras por parte de objetos opacos que interceptan dicha luz.
- **Radiación Refleja:** La radiación que se rebota desde la superficie terrestre se mide mediante el albedo, que es el coeficiente de reflexión de esa superficie. Las superficies planas no reflejan radiación ya que no están orientadas hacia una parte específica del suelo, mientras que las superficies perpendiculares reflejan más radiación.
- **Radiación Difusa:** Parte de la radiación que traspasa la atmósfera la cual se refleja o se contiene por las nubes; esta radiación se dispersa en diversas direcciones debido a los efectos de reflexión y absorción provocados por diversas partículas como el polvo atmosférico, edificios, suelo, montañas, entre otros. Esta radiación se caracteriza por no generar sombras en relación con los objetos opacos que se interponen. Las superficies verticales reciben menos radiación, ya que solo están expuestas al 50% del cielo, mientras que las partes horizontales reciben más radiación solar, ya que tienen una visión completa de la bóveda celeste.
- **Radiación solar mundial.**

Esta radiación es la adición de las radiaciones directa, reflejada y difusa. La Imagen siguiente proporciona una representación en detalle.



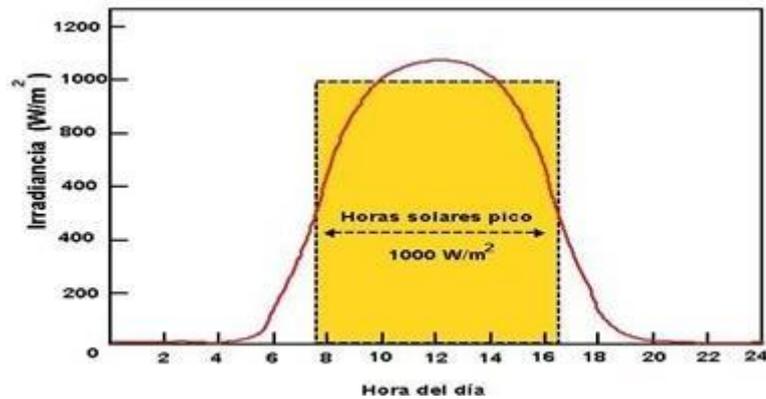
**Imagen No5:** Los elementos de la luz solar que llega a la Tierra.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Radiación directa, difusa y refleja. Recuperada de: <http://pedrohernande.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>.

### 2.2.2.7. Horas solar pico

Hace alusión a una superficie con una dirección  $\alpha$  y un ángulo de inclinación  $\beta$ , indicando las horas en un día durante las cuales esa superficie recibiría una irradiación ficticia de 1 000 W/m<sup>2</sup> para igualar la exposición total real de ese día (Vicente 2015).

**Imagen No6:** Horas de pico solar.



### 2.2.2.8. Sistema Foto-voltaico.

Un sistema fotovoltaico está compuesto por la integración de dispositivos diseñados para capturar y convertir la energía solar en electricidad. Estos sistemas se basan en la capacidad de las células fotovoltaicas para transformar la energía solar en electricidad de corriente continua (CC). Al conectarse a la red eléctrica mediante un inversor, esta energía se convierte en corriente alterna (CA), que puede ser utilizada en hogares e industrias. La generación de electricidad está influenciada por diversos factores, como las horas de exposición solar al panel, el tipo y número de módulos instalados, la inclinación, radiación solar, orientación, potencia nominal y calidad de la instalación.

Las células solares tienen un papel importante en los sistemas fotovoltaicos al absorber la energía solar. Estos componentes son responsables de transformar la radiación solar en electricidad al aprovechar la radiación solar incidente sobre ellos. Las células solares se fabrican utilizando elementos semiconductores, como el silicio, que tienen la capacidad de absorber los fotones transportados por la radiación solar. Cuando los fotones provenientes de la radiación fotosintética interactúan con los átomos en los paneles solares, estos liberarán electrones que empezarán un trayecto a través del material semiconductor de las células, generando así electricidad sostenible. Un sistema fotovoltaico puede ser "interconectado", y

<sup>14</sup> Componentes de la radiación solar. Recuperado de: <https://pedrojherndes.com/2014/03/08/radiacion-direct-difusa-y-reflejada/>.

esta opción es la más apropiada para hogares o negocios con facilidad de conexión a la red eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad.

Mediante este sistema, la energía se vierte a la red eléctrica y puede ser tomada cuando se requiera; otra alternativa es el sistema "isla", que posibilita suministrar electricidad en lugares inaccesibles para la red eléctrica, siendo comúnmente utilizado en antenas de telecomunicación y casas de campo.

Ante estas oportunidades de generación de energía eléctrica, el gobierno peruano ha elaborado un plan para producir energía limpia que contribuya a la preservación del medio ambiente. Con este propósito, ha establecido un marco legal para las energías renovables mediante la promulgación de los siguientes decretos:

- DL 1002 (02/05/2008): Legislación que fomenta la inversión en la generación de electricidad mediante el uso de energías renovables.
- DS 012-2011 (03/2011): Normativa que regula la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables.

El gobierno peruano optó por realizar subastas para adjudicar la energía requerida en megavatios-hora por año (MWh/año), considerando diversas tecnologías como biomasa, eólica, solar, geotérmica y mareomotriz. Además, se contempla una cuota adicional destinada a pequeñas hidroeléctricas con una capacidad inferior a 20 MEGAVATIOS. Estas subastas serán convocadas con una periodicidad no menor a cada dos años.

#### **2.2.2.8.1. Elementos que componen de un sistema foto-voltaico.**

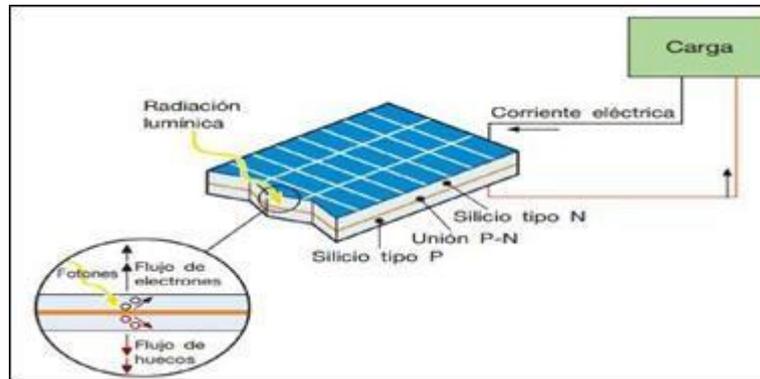
Dentro de una instalación fotovoltaica, hay varios equipos o dispositivos que deben ser dimensionados adecuadamente para lograr la conversión de la radiación solar en energía eléctrica que se utilizará:

- Regulador de carga.
- Paneles solares.
- Red de baterías de acumulación.
- Inversor.

#### **Paneles solares.**

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares, se componen de células solares interconectadas y cubiertas con materiales protectores contra las condiciones climáticas adversas. Estas

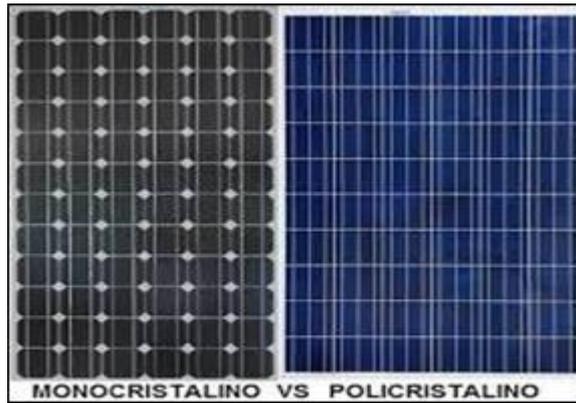
células cumplen un papel crucial de captar la energía solar mediante el efecto fotovoltaico, convirtiéndola en energía eléctrica limpia. El efecto foto-voltaico se produce cuando la radiación solar incide en semiconductores específicos. Al impactar la radiación solar en la célula solar, se genera una tensión similar a la que se observa entre los terminales de una batería, como se observa en la Imagen a continuación.



**Imagen No7:** Impacto fotovoltaico en una célula solar.<sup>15</sup>

Mayormente los paneles solares se producen utilizando silicio policristalino o también monocristalino. Las células solares de silicio monocristalino se forman a partir de un solo cristal de silicio que deriva de un lingote de silicio fundido. Estas células solares son ampliamente empleadas en la tecnología fotovoltaica y son las más prevalentes en el mercado debido a su eficiencia, que oscila entre el 15% y el 18%. Aunque ofrecen un rendimiento superior, el silicio monocristalino tiende a ser más costoso. Por esta razón, el silicio policristalino está ganando popularidad, esto se debe a que es más rentable de fabricar, ya que está compuesto por estructuras microcristalinas de silicio. Aunque su eficiencia es comparable a la de las células Mono cristalinas, situándose entre el 12% y el 14%. Por último, hay otra categoría de células solares que se fabrican con silicio amorfo, en parte impulsada por la amplia producción de células solares de silicio cristalino. La fabricación de estas células es más simple y, por ende, más económica. Sin embargo, a pesar de su resistencia aceptable a factores externos, estas células tienden a degradarse más rápidamente y tienen un rendimiento considerablemente inferior, descendiendo por debajo del 10% (Cornejo, 2013). La ilustración siguiente presenta una variedad de paneles solares, con los paneles monocristalinos ubicados en la parte izquierda y los paneles policristalinos en la parte derecha.

<sup>15</sup> Efecto fotovoltaico. Recuperado de: <http://eliseosebastia.com/efecto-fotovoltaico-en-un-panel-solar/>.



**Imagen No8:** Paneles de silicio monocristalino y policristalino.<sup>16</sup>

**El módulo fotovoltaico está formado por:**

- Una capa externa cristalina hecha de vidrio templado con un grosor aproximado de 3 o 4 mm. Su superficie exterior cuenta con texturas diseñadas para mejorar la eficiencia cuando la radiación emitida por el sol incide en una inclinación baja y para absorber de manera más eficiente los rayos emitidos del entorno.
- Un material interior de relleno, que sirve como encapsulante y está principalmente compuesto de EVA. Este material envuelve los paneles solares dentro del módulo, cuidándolas contra la entrada del viento y humedad, y eludir la oxidación del silicio que componen los paneles.
- Una cubierta posterior generalmente fabricada con PVF, que, además de sus propiedades dieléctricas aislantes, presenta una alta resistencia a la radiación ultravioleta. También sirve como barrera contra la humedad y se adhiere de manera firme al material encapsulante interior.
- Componentes eléctricos para conectar las células y establecer un sistema de circuitos eléctricos.
- Se emplean un conjunto de conexiones estanca, equipada con un nivel de protección IP65 y terminales normalizados. Desde esta caja, se extiende el cableado externo del módulo para conectarlo con diferentes módulos dentro de la estructura fotovoltaica completa. La caja también cuenta con diodos de protección para disminuir al mínimo el desperdicio de energía debido a sombras parciales en los paneles y evitar la interrupción de las conexiones eléctricas como resultado de este fenómeno. La estructura primaria,

---

<sup>16</sup> Tipos de paneles solares. Recuperado de: <http://energias-renovable-y-limpias.blogspot.com/2013/04/que-panel-comprar-monocristalino-o-policristalino.html>

típicamente elaborada con aluminio anodizado, ofrece resistencia mecánica y sostén al sistema en su totalidad. Se sugiere consultar las especificaciones proporcionadas por el fabricante del módulo para evaluar la resistencia mecánica del marco frente a vientos y cargas de nieve, asegurando así su idoneidad para las condiciones climáticas presentes en el lugar de instalación (Lopez, 2015).

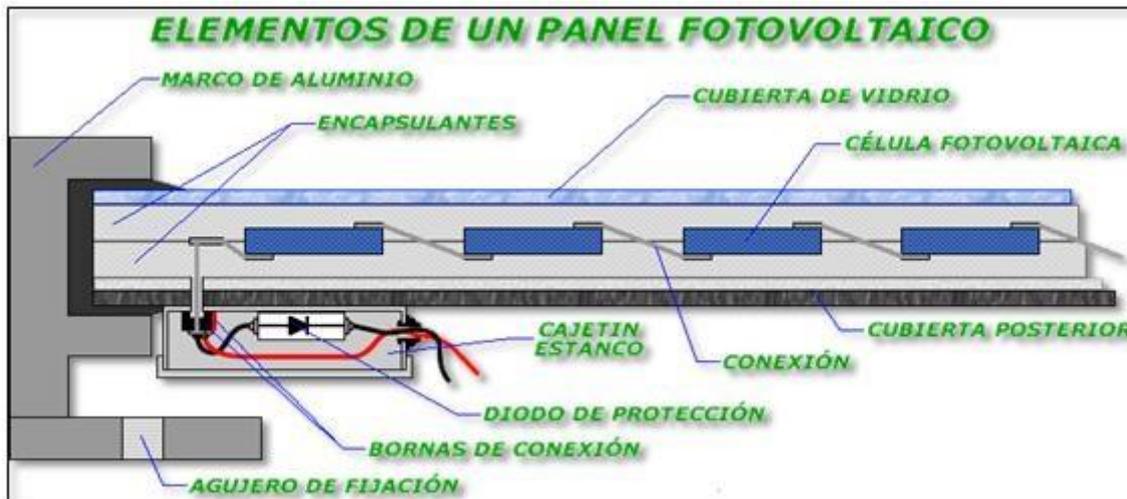


Imagen No9: Componentes del módulo fotovoltaico.<sup>17</sup>

### **Inclinación y orientación.**

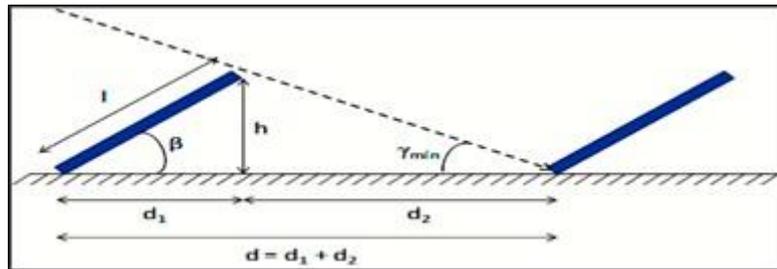
Para mejorar el desempeño del generador solar, es esencial asegurar que esté expuesto al máximo de radiación solar en su superficie activa. Dado el ángulo que se encuentre del sol cambia en el cielo, afectando la altura e inclinación de los rayos solares, es crucial determinar la disposición óptima. En este contexto, la vanguardia tecnológica se caracteriza por la implementación de un mecanismo en el generador que rastrea de manera constante la posición del sol, eliminando así la necesidad de efectuar cálculos manuales. Aunque este enfoque conlleva costos iniciales, mantenimiento y consumo energético, permite una optimización total del potencial energético solar disponible. En el mercado, existen opciones como diseños de estructura de soporte para paneles solares que permiten ajustes manuales en la inclinación (con 2 o 4 ajustes a lo largo del año) y diversas configuraciones estáticas para la colocación de módulos. Al decidir la ubicación y disposición del generador fotovoltaico, hay varias alternativas disponibles (Lopez Ruiz, 2015).

### **Menor distanciamiento entre filas consecutivas.**

<sup>17</sup> Elementos de un panel fotovoltaico. Recuperado de: [http://www.ujaen.es/investfig/solar/07cursosola/home\\_main\\_frame/04\\_componen/01\\_generadfor/01\\_basico/4\\_gene\\_01.htm.d](http://www.ujaen.es/investfig/solar/07cursosola/home_main_frame/04_componen/01_generadfor/01_basico/4_gene_01.htm.d)

La distancia horizontal, denotada por "d", entre un obstáculo y una fila de colectores con una altura "h", que podría provocar sombreado sobre la instalación, debe ser igual o mayor al valor calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$d = \frac{h}{\text{tg} (61^\circ - \text{latitud})}$$



**Imagen No10:** Menor distanciaamiento entre filas de paneles.<sup>18</sup>

### **Regulador de carga.**

En la mayor parte de los sistemas de energía solar independientes que emplean baterías, resulta imprescindible incorporar una planificación para la regulación de carga. La función principal de un controlador de carga en un sistema de energía solar autónomo con almacenamiento de energía es llevar a cabo un desarrollo eficiente de recarga de la batería, asegurando su carga completa sin provocar sobrecargas o descargas excesivas. La estrategia de control implementada por el regulador de carga tiene un impacto significativo tanto en la capacidad del sistema para satisfacer las demandas de consumo como en la duración efectiva de la batería.

Asimismo, de supervisar y gestionar el condición do de carga de la batería para mejorar su vida útil, el regulador de carga en un sistema de energía solar puede integrar nuevas funciones, como la equilibrarían de temperatura de la batería, alertas, monitoreo y visualización de datos relevantes. Aunque el costo del controlador de carga puede representar solo alrededor del 5% del gasto total del sistema fotovoltaico, su desempeño tiene un impacto sustancial en la duración efectiva de la batería y, en última instancia, en el costo global del sistema. Este impacto puede variar significativamente, oscilando entre un 20% y un 40%,

<sup>18</sup> Distancia mínima entre filas de los paneles. Recuperado de: <http://eresmedioambifente.com/colocacion-de-paneles-sfolares/>.

dependiendo del costo de reemplazo del conjunto de baterías y de cómo el regulador de carga optimiza su rendimiento.

El regulador de carga desempeña una función esencial al optimizar la utilización de la energía producida por el panel solar, garantiza simultáneamente la adecuada protección y el rendimiento óptimo de las baterías. En casos de sobrecarga, su función principal es desconectar el generador fotovoltaico, evitando así el flujo de electricidad hacia la batería. En situaciones de exceso de carga, puede interrumpir la alimentación a los dispositivos o activar una alarma para señalar que la tensión de las baterías ha caído por debajo de los niveles de seguridad mínimos. Es crucial prevenir la sobrecarga de las baterías, ya que esto podría desencadenar procedimientos de gasificación, como la hidrólisis del agua en oxígeno y hidrógeno, lo que podría perjudicar significativamente la vida útil de la batería. Además, la sobrecarga tiene efectos negativos en la capacidad futura de aceptación de carga, según lo señalado por Abella en 2013.

Generalmente, las caracterizaciones eléctricas que definen un regulador son la tensión estándar y el límite máximo de corriente operativa. La instalación del regulador debe llevarse a cabo en un lugar fácilmente accesible para facilitar la utilización de los elementos de control que comúnmente incorpora para supervisar el estado de la instalación.

En el actual mercado, se pueden encontrar diversas variedades de dispositivos reguladores que ofrecen una amplia gama de funciones y sistemas de medición. Un regulador avanzado, además de desempeñar funciones preventivas contra sobrecargas y descargas excesivas, proporciona información detallada sobre el estado de carga de la batería. Permite seleccionar entre diversas modalidades de carga, como la carga normal o de igualación, y ajusta la tensión de corte en función de las variaciones térmicas. Algunos reguladores tienen la capacidad de seguir el punto de máxima potencia desde el generador fotovoltaico hasta la batería. Además, ciertos reguladores de carga incorporan un sistema de supervisión que registra y almacena el rendimiento del sistema, permitiendo la descarga de datos a una computadora mediante un puerto serie (Lopez Ruiz, 2015).

Las funciones fundamentales de un regulador de carga son las siguientes (Abella, 2013):

- Prevención de la sobrecarga de la batería: Restringir la cantidad de energía entregada a la batería por el generador de energía solar cuando esta alcanza su carga máxima.

- Evitar la sobre descarga de la batería: Desconectar los dispositivos que consumen energía de la batería cuando su nivel de carga desciende significativamente.
- Ofrecer funciones de control del consumo: Conectar y desconectar automáticamente los consumos en momentos específicos (por ejemplo, encender una lámpara desde el atardecer hasta el amanecer) y establecer un control de prioridades para los consumos.
- Suministrar información sobre el estado del sistema a los usuarios u operarios, mostrando datos como el voltaje y la corriente de la batería, estado de carga, alarmas, entre otros.
- Actuar como mecanismo de control para la conexión de otros generadores auxiliares de energía.
- Funcionar como centro de cableado, ofreciendo un punto de conexión para otros componentes en el sistema, tales como el generador fotovoltaico, las baterías y las cargas para consumos.

A continuación, procederemos a analizar en las siguientes imágenes:



**Imagen No11:** Tipos de reguladores de carga para sistemas solares.<sup>19</sup>

### **Inversor.**

En un sistema fotovoltaico, el inversor desempeña la tarea de modificar la tensión y las propiedades de la corriente eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos, transformando las corrientes continuas en corrientes alternas. Además, se le conoce también como ondulator o convertidor CC-CA, el inversor cumple la función de ajustar la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos a los estándares usuales de la red eléctrica, como una tensión eficaz de 220V con una frecuencia de 60 hercio. Este proceso facilita la utilización de dispositivos eléctricos convencionales diseñados para operar con corriente alterna.

<sup>19</sup> Regulador de carga. Recuperados de: <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga-caracteristicas-y-tipos>.

La transformación básica consiste en invertir el valor de voltaje de la corriente continua, generando una forma de onda cuadrada. Para lograr este propósito, se emplean dispositivos de estado sólido, tales como transistores, que controlan la conmutación de la señal. Dado que una onda cuadrada no es comparable a una senoidal, se han desarrollado múltiples técnicas para generar una onda que se asemeje a una senoidal. La técnica más utilizada y eficiente es la modulación por ancho de pulso. Esta técnica controla tanto el valor como la frecuencia medio de la forma de onda generada.

Es fundamental destacar que ninguna onda de corriente alterna es perfectamente senoidal, incluso en la red de distribución estándar, debido a la presencia de armónicos cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. En consecuencia, la pureza de la onda se ve afectada por la presencia de armónicos. Por esta razón, muchos inversores incorporan un filtro L-C dentro del propio dispositivo para minimizar la amplitud y la cantidad de armónicos, buscando así una forma de onda más cercana a la senoidal.

En el interior de un inversor, se encuentran varios componentes que contribuyen al adecuado funcionamiento del sistema. Estos elementos abarcan el módulo de control principal, que contiene los dispositivos de control generales, los sistemas de modulación de ancho de pulso y el sistema de protección. Asimismo, se integra el módulo de control de red, que actúa como interfaz entre la red eléctrica y el módulo de control principal, garantizando la sincronización de la onda generada con la red. Una componente esencial es el rastreador de punto de máxima potencia (MPPT), el cual tiene un papel fundamental al modificar los parámetros del generador para alcanzar la potencia máxima disponible. Además, se integra un monitor de datos que proporciona información acerca de los parámetros convencionales.

Dado el coste significativo de las instalaciones fotovoltaicas en relación con otras fuentes de generación eléctrica, resulta esencial asegurar que los inversores elegidos proporcionen un rendimiento elevado y una fiabilidad óptima. Para alcanzar este objetivo, se aconseja que la potencia nominal del inversor sea próxima a la potencia emitida por los paneles solares. Al tener en cuenta estos factores, se garantiza una adquisición eficiente y fiable de los inversores. A continuación, se ve un ejemplo de una instalación solar fotovoltaica con un inversor. (Chavez, 2019)



**Imagen No12:** Instalación fotovoltaica con inversor.<sup>20</sup>

### **Baterías.**

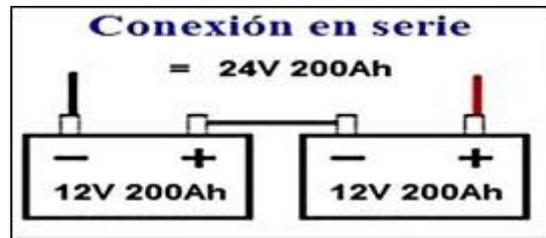
En los sistemas fotovoltaicos, las baterías solares tienen un papel esencial como dispositivos que almacenan energía. Esto se debe a la diferencia de tiempo entre los momentos de generación, que se producen durante el día, y los momentos de consumo, como por ejemplo durante la noche. Las baterías permiten el funcionamiento de cargas cuando el generador de energía solar, por sí solo, no puede generar suficiente energía para satisfacer la demanda. Aparte de su función principal de almacenamiento de energía, las baterías también pueden ser empleadas para estabilizar el voltaje y para abastecer picos de energía, como en el encendido de motores. Aunque es habitual el uso de baterías en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos autónomos, existen excepciones, como en los sistemas de extracción de agua con energía solar. En términos generales, no es costumbre a utilizar baterías en sistemas enlazados al sistema eléctrico.

En su mayor parte las baterías disponibles en el mercado son del tipo plomo-ácido (Pb-a) y son aptas para su uso en equipos de energía solar, siempre y cuando se realice un adecuado mantenimiento. Existen también baterías de plomo con calcio y plomo con antimonio. Las baterías de plomo con calcio requieren menos mantenimiento y muestran una auto descarga menor, mientras que las de plomo-antimonio experimentan un deterioro reducido durante los ciclos diarios y ofrecen un mejor rendimiento en niveles bajos de carga. (Chavez, 2019)

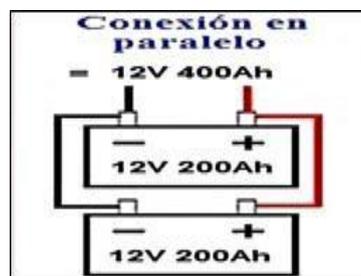
Estas baterías comúnmente consisten en unidades de 2 V que, al ser enlazadas en serie, producen tensiones de operación de 12V, 24V, 48V, entre otras. La capacidad (amperio-hora) de un conjunto de baterías interconectadas equivalen a su capacidad de cada elemento que lo integran. Al conectar baterías en paralelo, se suma la capacidad total de cada una de ellas. La capacidad requerida de las baterías en un sistema solar se determina según el consumo y el tiempo de autonomía del sistema. Es crucial que la dimensionación del acumulador en

<sup>20</sup> Inversor solar. Recuperado de: <https://bateriasyamperios.com/guia-e-instalacion/que-bateria-e-inversor-elijo-para-mi-instalacion-solar/>.

relación con el generador fotovoltaico se realice con exactitud. Un desajuste entre la capacidad de almacenamiento y la capacidad de suministro del generador fotovoltaico podría impedir la carga completa de la batería.



**Imagen No13:** Acumuladores asociados en serie.<sup>21</sup>



**Imagen No14:** Acumuladores asociados en paralelo.<sup>22</sup>

En cuanto las baterías de plomo ácido son acumuladores electroquímicos en los que las reacciones en los electrodos pueden ser reversibles, lo que permite acumular energía y liberarla posteriormente al conectarse en un circuito de carga externo. Estas células electroquímicas se componen principalmente de placas, materia activa y electrolito.

Las placas desempeñan el papel de servir como electrodos tanto positivos como negativos, facilitando el flujo de corriente eléctrica dentro de cada componente de la batería durante los ciclos de descarga y carga. Los electrodos se someten a reacciones de oxidación y reducción y, según el procesamiento, pueden actuar como ánodo. Hay múltiples configuraciones de placas, incluyendo aquellas empastadas o tubulares, y la selección de la configuración adecuada se basa en las condiciones operativas específicas.

<sup>21</sup> Acumuladores en serie, Recuperado de: <https://bateriasyamperios.com/conexiones-en-serie-y-en-paralelo-para-varias-baterias/>.

<sup>22</sup> Acumulador en paralelo, Recuperado de: <https://bateriasyamperio.com/conexiones-en-serie-y-en-paralelo-para-varias-baterias/>.



**Imagen No15:** Tipos de baterías para uso en un sistema de paneles solares.<sup>23</sup>

Una batería consta de dos conjuntos de placas de plomo, una positiva y otra negativa, dispuestas de manera alterna y separadas por un material aislante. Estos conjuntos se sumergen en electrolito que es un medio líquido, echo por ácido sulfúrico diluido en agua destilada. Las celdas individuales, también llamadas vasos, tienen una tensión de alrededor de 2 V cuando están completamente cargadas, y se conectan en serie para formar una batería de acumuladores, como una batería de 12 V que resulta de la conexión de 6 celdas en serie.

Las placas están compuestas por rejillas fabricadas con materiales como plomo antimonio, “plomo selenio” o “plomo calcio”, que sirven como estructura para el sostén del material activo y funcionan como conductores eléctricos. En las placas positivas, el material actua es peróxido de plomo (PbO<sub>2</sub>), lo que les confiere un color marrón, mientras que las placas negativas contienen plomo esponjoso (Pb) como material activo y muestran un tono gris

Cada elemento de la batería tiene un número impar de placas, con una placa adicional en el conjunto de las negativas en comparación con el conjunto de las positivas.

### 2.2.3. Energía eólica.

El mecanismo de formación del viento. La estructura de la atmósfera se segmenta en distintas estratificaciones horizontales, principalmente delineadas por la variación de calor. La corriente de viento presente en la superficie se origina en la porción baja de la atmósfera, llamada la troposfera, cuyo grosor oscila alrededor de 8 km en las regiones polares y aproximadamente 16 km en el ecuador. Dentro del contexto específico de la energía eólica, el enfoque recae en el viento producido a alturas próximas a algunas centenas de metros sobre la superficie terrestre, situado en la franja inferior de la troposfera.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Batería de sistema fotovoltaico, Recuperado de: <https://www.tritec-intervento.cl/productostritec/estimación-y-diseno-de-un-banco-de-baterias/>.

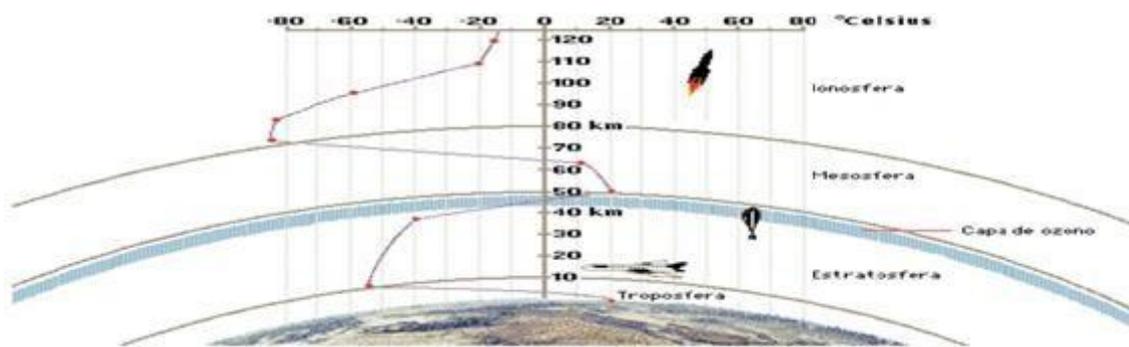
<sup>24</sup> Atlas eólico del Perú (2016). Recuperado de: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg0367.pdf>.

#### Cuadro No4: Cuadro de las capas de la atmósfera.

##### Capas de la atmósfera

| Altura                         | Capas        | Fenómenos   |
|--------------------------------|--------------|---|
| • Desde 1millon m en adelante. | Exósfera     | Región de prácticamente nulo contenido gaseoso. Región de trayectoria para satélites geofísicos.            |
| • Desde 400 a 1000 km.         | Mesósfera    | Producción de iones. Transformación de partículas cósmicas primarias en partículas secundarias.             |
| • Desde 80 a 400 km.           | Ionósfera    | Generación de iones. Estratos electrificados. Reflexión de ondas de radio. Fenómenos de auroras y meteoros. |
| • Desde 25 a 80 km.            | Quimiósfera  | Procesos químicos. Existencia de la capa de ozono. Barrera contra la radiación ultravioleta.                |
| • Desde 10 a 25 km.            | Estratósfera | Aire en un estado prácticamente estacionario. Formaciones de nubes iridiscentes.                            |
| • Desde 0 a10 km.              | Tropósfera   | Eventos climáticos como nubes, vientos, precipitaciones, entre otros fenómenos atmosféricos.                |

Procedencia: datos de SENAMHI.



**Imagen No16:** Imagen que representa las capas atmosféricas de la tierra.

Procedencia: SENAMHI.

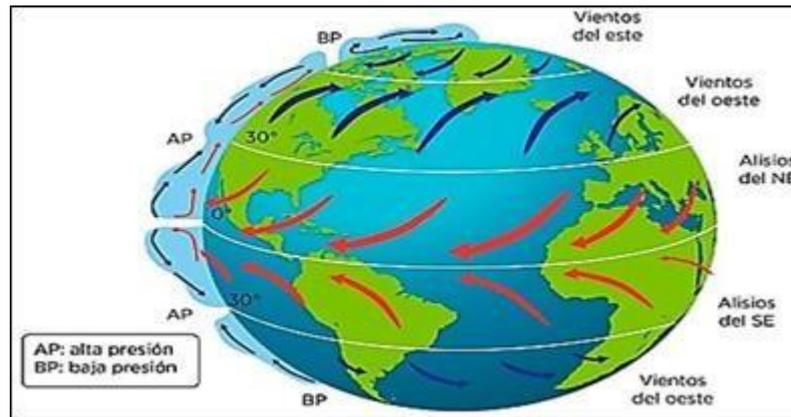
La producción de energía eólica se produce por la radiación que emite el sol. Las disparidades en la intensidad de la luz desprendida del sol en diversas áreas del planeta provocan fluctuaciones térmicas, generando divergencias de densidad en las masas de aire y, como consecuencia, cambios en la presión atmosférica. El aire, al actuar como un gas, se mueve desde áreas con alta presión hacia aquellas de baja presión. De esta manera, se establece un

equilibrio mediante la transferencia de calor entre áreas con temperaturas

distintas, Esto resulta en el desplazamiento de masas de aire y, en última instancia, en la aparición del fenómeno conocido como viento.

En síntesis, la brisa puede ser descrita como un desplazamiento de aire surgido a raíz de las variaciones de presión en la atmósfera, mayormente inducidas por cambios de temperatura (Díaz de Ceballos, 1988, p. 87).

A continuación, examinaremos en la ilustración subsiguiente las corrientes de viento predominantes sobre la superficie terrestre. (Chavez, 2019)



**Imagen No17:** Las corrientes atmosféricas predominantes en la Tierra.<sup>25</sup>

### 2.2.3.1. Energía eólica producida en el planeta.

La energía derivada del viento ha consolidado su posición como una fuente de energía renovable fundamental en muchos países alrededor del mundo. Pero, ¿cuáles son las naciones que están a la vanguardia en términos de capacidad de producción de energía eólica a nivel global? En una escala global, la energía eólica ha cobrado una importancia significativa en la matriz energética, con una capacidad total que superó los 600 gigavatios (GW) para el año 2018.

China se destaca como un líder indiscutible en este ámbito, con una capacidad instalada considerable que sigue creciendo de manera constante. Otros países que ocupan posiciones destacadas en esta lista son Estados Unidos, que ha experimentado un desarrollo acelerado en el sector eólico, y Alemania, conocida por su liderazgo en la adopción de energías renovables.

A pesar de estos avances, la construcción de nuevas instalaciones eólicas puede experimentar variaciones tanto a nivel anual como regional. Por ejemplo, en el año 2018, Europa experimentó una disminución del 32 por ciento en su capacidad generada por viento en

<sup>25</sup> Principal corriente del viento en el planeta. Recuperado de: <http://blog.public.o.es/igdnacionmasartil/2018/05/04/energia-eolica-lider-de-las-tecnologias-renfofvables-moernas/>

comparación con el año anterior. Esto puede atribuirse a una serie de factores, como cambios en las políticas energéticas, condiciones económicas y desafíos logísticos.

A pesar de estos desafíos, el crecimiento continuo de la capacidad de energía generada por el viento a nivel global subraya el papel crucial que desempeña esta fuente de energía en la conversión a un futuro más ecológico y libre de CO<sub>2</sub>. Con tecnologías en constante evolución y un compromiso renovado con la mitigación del cambio climático, se espera que la energía eólica continúe siendo una pieza central en el panorama energético global en los años venideros. A continuación, examinaremos las principales áreas que encabezan la capacidad implementada de electricidad producida por las corrientes de viento a nivel global:

### **China con capacidad establecida 221GW.**

China lidera a nivel mundial en el área de la electricidad producida por el viento, representando un poco más de 1/3 de la potencia total a nivel global. En la provincia de Gansu se ubica el complejo eólico terrestre más grande del planeta, con un almacenamiento actual de 7965 MEGAVATIOS, superando en 5 veces a su competidor más cercano. Aunque los generadores eólicos de este parque actualmente operan solo al 40% de la capacidad que tienen, se planea la instalación de 13.000 MW adicionales, lo que llevaría la capacidad total a 20.000 MW (20 GW) para el año 2020. Se estima que la expansión planificada requerirá una inversión de \$18.5 mil millones.

### **Estados Unidos con capacidad establecida 96,4 gigavatios.**

Estados Unidos se posiciona como el segundo país con mayor potencia instalada de electricidad generada por viento a nivel mundial, alcanzando una impresionante cifra con 96,4 gigavatios (GW). Destacando especialmente en un ámbito de la electricidad generada por el viento, el país ha demostrado un compromiso significativo en el desarrollo y la expansión de esta fuente de energía limpia y renovable.

Una muestra de este compromiso son los seis de los diez mayores parques eólicos terrestres del mundo que se encuentran en territorio estadounidense. Entre ellos, el Centro de Energía Eólica en California se destaca como el 2° campo de energía eólica mundano más grande a nivel mundial, con una capacidad impresionante de 1.5 megatios. Además, tanto el Parque Eólico Shepherd's Flat en Oregón, con una capacidad de 845 MEGAVATIOS, como el Parque Eólico Roscoe en Texas, con 781,5 MW, son ejemplos notables de la expansión de la energía eólica en el país.

Un dato particularmente destacable es el papel de Texas en la generación de electricidad generada por el viento en Estados Unidos. Este país contribuye con una cuarta parte de la

generación total de energía eólica del país, alcanzando una capacidad de 24,9 GW, superando así en generación eólica a la suma de otros veinticinco estados del país.

Estos logros consolidan a Estados Unidos como un líder en el panorama mundial de la energía eólica, evidenciando su capacidad para liderar en la transición a un futuro poco distante en el que será más sostenible y amigable con el medio ambiente. Con un enfoque continuo en la expansión de las energías renovables, se espera que el país continúe desempeñando un papel crucial en la promoción de un sistema energético más limpio y sostenible para las generaciones futuras. (Chavez, 2019)

### **Alemania con capacidad establecida 59,3 GW.**

Alemania se erige como el líder indiscutible en capacidad de energía eólica en Europa, alcanzando una notable marca de 59,3 gigavatios (GW). Entre sus proyectos más sobresalientes se encuentran los parques eólicos marinos Gode Windfarms en sus dos fases, que combinados suman una potencia total de 581 megavatios. Asimismo, destaca la presencia del parque eólico marino Nordsee One en su territorio, con una potencia de 382 MW, suficiente para suministrar de energía a aproximadamente 400 mil hogares.

El compromiso de Alemania con la energía eólica se evidencia en su continua búsqueda de innovación y progreso en este ámbito. La implementación de parques eólicos marinos como Gode Windfarms y Nordsee One no solo refuerza su posición como líder en la producción de electricidad renovable a partir del viento, sino que también subraya su dedicación a la transición hacia un sistema energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Según datos proporcionados por Wind Europe, en 2018 Europa añadió 11,7 GW de capacidad de energía eólica, y Alemania encabezó este avance con el 29% de esa capacidad, sumando casi 3,4 GW. De esta cifra, alrededor de 2,4 GW corresponden a instalaciones terrestres, mientras que menos de 1 GW se destinan a instalaciones marinas.

Estos logros consolidan la posición de Alemania como un actor clave en el escenario europeo de la energía eólica, evidenciando su firme compromiso con la reducción de las emisiones de carbono y la promoción de fuentes de energía renovable. A través de proyectos como Gode Windfarms y Nordsee One, Alemania continúa liderando la conversión hacia un futuro más impecable y renovable en términos energéticos.

### **India con capacidad establecida 35GW.**

India se encuentra en el segundo puesto en capacidad eólica en Asia, siendo el único país, aparte de China, que alcanza esta posición. Con una capacidad total de 35 gigavatios (GW), el país muestra un compromiso significativo con la energía eólica. Destaca en el ámbito de la energía eólica terrestre, albergando los tercer y cuarto parques más grandes del mundo. El

parque eólico Muppandal, ubicado en Tamil Nadu, cuenta con una capacidad de 1.500 megavatios, mientras que el parque eólico Jaisalmer, en Rajasthan, tiene una capacidad de 1.064 MW.

El gobierno indio ha establecido metas ambiciosas para el desarrollo de la energía generada por viento, con el objetivo de alcanzar una capacidad instalada de 60 GW para el año 2022. Específicamente, se propone instalar 25 GW en los próximos tres años, lo que refleja un fuerte compromiso con la expansión de esta fuente de energía renovable.

Estos esfuerzos colocan a India como un actor clave en la promoción de la energía renovable, tanto en Asia como a nivel global. A través de proyectos emblemáticos como Muppandal y Jaisalmer, el país demuestra su liderazgo en la transición hacia un sistema energético más limpio. Enfocándose en la innovación y la inversión en infraestructura, India está preparada para desempeñar un papel principal en la construcción de un futuro más resiliente y respetuoso con el medio ambiente.

#### **España con capacidad establecida 23 GW.**

Este país presenta un rendimiento sólido en el área de la energía eólica, disponiendo de una capacidad de 23 GW, equivalente al 18% de la generación eléctrica nacional. A nivel global, España se sitúa en la quinta posición, aunque ninguno de sus parques eólicos, tanto terrestres como marinos, Imagen entre los 20 principales en términos de capacidad. A pesar de este hecho, la industria eólica española ha pasado una marcada reducción en los últimos años, con solo 104 MW añadidos en el periodo 2016-2017, después de no haber registrado adiciones en 2015. Además, la cantidad de empleos en el sector ha descendido de cerca de 41 000 en 2008 a aproximadamente 22 000 personas.

#### **United Kingdom con capacidad establecida 20,7 GW.**

Este país europeo ocupa el tercer lugar en esta clasificación, con una capacidad total apenas superior a los 20,7 gigavatios. Destaca especialmente en el campo de la energía generada por viento marina, siendo el hogar de seis de los diez proyectos de mayor capacidad en el mundo. Un ejemplo emblemático es el proyecto Walney, ubicado en la costa de Cumbria, en el noroeste de Inglaterra. Este conjunto de parques eólicos marinos, conformado por Walney 1 y 2 (367 megavatio) y Walney Extension (659 megavatios), tiene una capacidad total de 1.026 megavatios, consolidándose como el parque eólico marino más grande a nivel global.

No obstante, se anticipa que este récord será superado por el proyecto Hornsea One, con una capacidad de 1.218 megavatios, situado en el Mar del Norte, una vez que se complete en su totalidad en 2020. Este proyecto ejemplifica el compromiso de este país con la expansión de

la energía eólica marina y su liderazgo en la carrera hacia la generación de energía renovable mediante el viento.

Estos logros posicionan a este país europeo como un actor relevante en el escenario global de la energía eólica, evidenciando su capacidad para impulsar la innovación y el progreso en este sector esencial. A través de proyectos como Walney y Hornsea One, el país continúa liderando la transición a un futuro no muy distante energéticamente más sostenible y libre de emisiones de carbono, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático a nivel mundial. (Chavez, 2019)

### **Francia con capacidad establecida 15,3 GW.**

Este país Imagen en la séptima posición entre los diez principales países en cuanto a capacidad de energía eólica. En la actualidad, está en un proceso de cambio hacia un modelo energético menos dependiente de la energía nuclear, que históricamente ha cubierto el 75% de sus necesidades energéticas. Para adaptarse a esta transición, Francia planea aumentar su inversión en energías renovables a 71 mil millones de euros durante el período de 2019 a 2028. Este incremento financiero le permitirá triplicar su capacidad de energía eólica terrestre para el año 2030.

No obstante, es crucial destacar que existe una notable resistencia hacia los aerogeneradores en Francia. Muchos ciudadanos consideran que estos dispositivos son antiestéticos y generan molestias sonoras, lo que ha generado una hostilidad arraigada en la sociedad francesa hacia la energía eólica. Esta oposición representa un desafío significativo para la expansión de esta fuente de energía renovable en el país.

A pesar de estos obstáculos, Francia está comprometida con la transición hacia un sistema energético más sostenible y busca aprovechar la totalidad del potencial de las energías sostenibles, incluida la energía eólica. Con un enfoque en la innovación tecnológica y en la participación pública, el país está trabajando para superar los desafíos y avanzar hacia un futuro energético más limpio y resiliente.

### **Brasil con capacidad establecida 14,5 GW.**

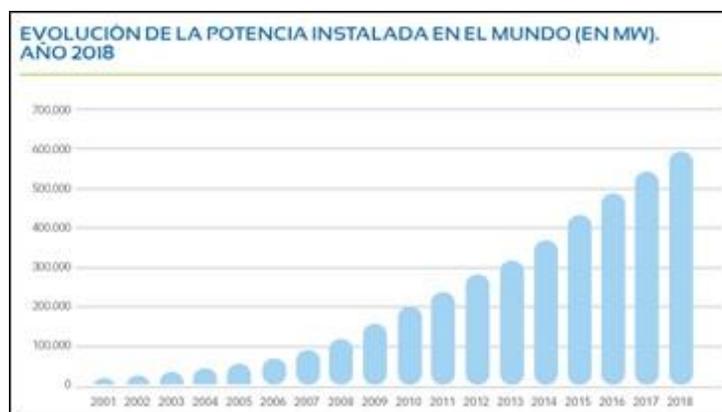
Brasil lidera en capacidad de energía eólica en Sudamérica, alcanzando los 14,5 GW, y está llevando a cabo una expansión significativa de esta capacidad. Las cifras más recientes indican un aumento del 8,9% interanual en la generación de energía del viento en febrero de 2019. En el panorama energético total de Brasil, la energía eólica se sitúa en la cuarta posición, abarcando alrededor del 8% de la capacidad energética total del país. En el siguiente gráfico, se mostrará la clasificación de los países según la potencia instalada acumulada.

**Cuadro No5:** Clasificación de naciones según la capacidad acumulada instalada (en megavatios, MW).

| <b>Ranking de los países por potencia instalada acumulada (MW) hasta el 18 de marzo del 2019</b> |      |
|--|------|
| China  | 221  |
| Estados Unidos   | 96.4 |
| Alemania   | 59.3 |
| India  | 35   |
| España   | 23   |
| Reino Unido  | 20.7 |
| Francia  | 15.3 |
| Brasil   | 14.5 |

Procedencia: Creación personal basada en la información proporcionada por el ranking de producción de energía eólica.

En el gráfico siguiente se observa la progresión anual de la generación de energía de manera eólica a escala mundial. La potencia instalada de energía aerogeneradora en todo la tierra registró un aumento del 9,6% en el año 2018, llegando a una cifra total de 591.000 megavatios, según la información proporcionada por el Consejo Mundial de Energía Eólica (GWEC). Los siguientes países: Alemania, China, India, Estados Unidos y España sobresalen como los principales productores a nivel mundial.



## **Imagen No18:** Desarrollo de la energía eólica a nivel global.<sup>26</sup>

### **2.2.3.2. Energía eólica producida en el Perú.**

El Perú presenta un potencial considerable en cuanto a energía eólica, especialmente en sus regiones costeras del sur y norte, así como en áreas específicas de la serranía, como los valles interandinos y las mesetas en regiones como Ancash, Puno y Cajamarca. Estas áreas ofrecen condiciones favorables para la producción de electricidad a partir del viento debido a su topografía y condiciones climáticas. La presencia constante de corrientes de aire y la geografía variada hacen que estos lugares sean idóneos para la instalación de parques eólicos y el desarrollo de proyectos de energía renovable. La diversidad geográfica del país ofrece oportunidades para diversificar su matriz energética hacia fuentes más sostenibles.

#### **De gran potencia.**<sup>27</sup>

Conforme al MEM, el potencial eólico de Perú para finales de 2017 se estimaba en alrededor de 22,450 megavatios (MW), pero hasta ese momento solo se había aprovechado el 1% de este potencial, con 239 MW generados en centrales eléctricas. A pesar de ello, el gobierno está firmemente comprometido en fomentar el avance de las energías renovables en la nación. Hasta finales de 2017, se registraban cuatro instalaciones eólicas en funcionamiento en Perú, aportando 239 MW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y destacándose por su contribución al cuidado del ecosistema al no generar emisiones de gases contaminantes, a diferencia de las centrales basadas en diésel y carbón.

En 2014, Perú marcó un hito en su desarrollo energético al poner en marcha las primeras tres instalaciones eólicas a gran escala en el país: "Marcona" en Ica (32 megavatios), "Cupisnique" en La Libertad (80 megavatios) y "Talara" en Piura (30 megavatios). Esta iniciativa destacó el compromiso de Perú con la diversificación de su matriz energética y la integración de fuentes renovables.

El 11 de marzo de 2016, Perú dio otro paso significativo al conectar al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) la central eólica "Tres Hermanas" en Marcona. Con una capacidad de 97.15 megavatios y una inversión de cerca de 197 millones de dólares, este parque eólico, compuesto por 33 generadores, empezó a abastecer de energía al SEIN mediante una subestación en Marcona, contribuyendo así a la seguridad energética del país.

---

<sup>26</sup> Imagen de la evolución de la energía eólica en el mundo. Recuperado en: <http://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/eolica-en-el-mundo>.

<sup>27</sup> Campos Gavilán, Javier, marzo del 2018. (Balance Nacional de Energía 2016, desde la perspectiva del supervisor), Ministerio de Energía y Minas (MEN).

El 19 de mayo de 2018, Perú continuó su camino hacia la sostenibilidad energética al incorporar al SEIN la central eólica WAYRA I, también en Marcona, Nazca, Ica. Con una capacidad instalada de 126 megavatios y una inversión de 165.8 millones de dólares, este proyecto utilizó 42 aerogeneradores de 3.15 MW cada uno para generar electricidad limpia y renovable. Esta expansión en la capacidad eólica del país refleja su compromiso continuo con la transición hacia un futuro más sostenible, reconociendo la importancia crucial de las energías renovables en este proceso. (Chavez, 2019)

**Cuadro No6:** parques o instalaciones eólicas en funcionamiento en el Perú

| Parque eólico      | Potencia instalada | Departamento |
|--------------------|--------------------|--------------|
| P.E. Marcona       | 32 MW              | Ica          |
| P.E. Cupisnique    | 80 MW              | La Libertad  |
| P.E. Talara        | 30 MW              | Piura        |
| P.E. Tres Hermanas | 97 MW              | Ica          |
| P.E. Wayra I       | 123 MW             | Ica          |

Fuente: MINEN (Ministerio De Energía Y Minas)

En el mes de febrero del 2016, se completó el proceso de adjudicación de capacidad en la Cuarta Subasta de Suministro de Electricidad a través de los RER para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). Durante la primera fase de las subastas, se asignó un proyecto eólico de 126 megavatios, que ya está operativo, seleccionado entre los 34 planeamientos eólicos que se presentaron en esa etapa. En la segunda fase, se llevaron a cabo dos proyectos aerogeneradores adicionales, cada uno con una capacidad de 18 MW, denominados Huambos y Dunas, con la expectativa de iniciar sus operaciones en 2020 (de un total de siete proyectos eólicos presentados en esa fase). La capacidad total asignada en esta subasta fue de 162 megavatios. A continuación, se presenta una Cuadro detallada de los proyectos actualmente en desarrollo correspondientes a la CSEE con Recursos Energéticos Renovables para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

**Cuadro No7:** parques eólicos adjudicados en la última subasta

| Parque Eólico | Potencia Instalada | Departamento |
|---------------|--------------------|--------------|
| P.E. Huambos  | 18 MW              | Cajamarca    |
| P.E. Dunas    | 18 MW              | Cajamarca    |

Fuente: MINEN

### **Generador eólico de baja capacidad.**

Hasta el momento, Perú ha tenido un progreso limitado en el desarrollo de generadores eólicos de baja potencia. No obstante, un proyecto pionero llevado a cabo en 1983, en colaboración con ELECTROPERU y con ayuda técnica proveniente de Italia, marcó un hito en la historia de la generación eólica del país. Este proyecto se implementó en la localidad costera de Yacila, situada en la región de Piura, donde residen alrededor de 80 familias dedicadas a la pesca artesanal.

La iniciativa consistió en la instalación de tres generadores MP-5 Riva Calzón, que se caracterizaban por su diseño de dos palas y eje horizontal. Estos generadores tenían un diámetro de rotor de 530 centímetros y una capacidad máxima de 3.6 kilovatios cuando la velocidad del viento alcanzaba los 12 metros por segundo. Para almacenar la energía generada, se emplearon 54 baterías conectadas en serie, con una salida de 108 Voltios de Corriente Alterna y una capacidad de 1500Ah. Además, se utilizó un inversor de 10 kilovatios para transformar el voltaje a 220 Voltios de Corriente Alterna, facilitando así la integración con la red eléctrica convencional.

Este proyecto en Yacila representó un avance significativo en el desarrollo de la energía eólica en Perú, demostrando el potencial de esta tecnología para proporcionar energía limpia y renovable a es remotas. Aunque hasta el momento la historia del desarrollo de generadores eólicos de baja potencia en el país ha sido limitada, iniciativas como esta sientan las bases para futuros avances en este campo y para la expansión de la energía eólica en Perú.

Posteriormente, en julio de 1988, se dio un paso significativo con la instalación de tres generadores eólicos ISEA de 10 kW cada uno, destinados a abastecer al suministro público. Este nuevo conjunto de generadores fue acompañado por un banco de baterías de 630 amperio por hora, dos inversores de 3.5 kilovatios cada uno, un cargador para baterías de 35 kilovatios y un tablero de distribución de 70 kilovatios. Este hito representó un avance importante en la adopción de la energía eólica en Perú, demostrando su viabilidad y promoviendo la exploración de soluciones energéticas renovables en el país.

A finales de los años 80, se lanzaron al mercado peruano los aerogeneradores WAIRA, los cuales eran de fabricación nacional. En el periodo comprendido entre 1989 y 1996, se comercializaron un total de 28 unidades de estos aerogeneradores con potencias que oscilaban entre 500 y 1200 W según los catálogos del fabricante. Sin embargo, en la actualidad, la mayoría de estos aerogeneradores ya no están operativos. Las especificaciones

técnicas de estos aerogeneradores comprendían un rotor fabricado manualmente en dos partes de fibra de vidrio, con un diámetro de 3 metros, a través del enfoque de partición de superficie seguido de la unión, surgieron desafíos de integridad en las palas. La velocidad de rotación nominal del rotor alcanzaba los 300 rpm, y se empleaba un generador diseñado para vehículos automotores, lo que implicaba la necesidad de una transmisión mecánica para elevar la velocidad de rotación del rotor. De acuerdo con el fabricante, el tipo de alternador seleccionado incidía tanto en el voltaje como en la capacidad de generación del aerogenerador., siendo de 12 V y 500 W para el alternador de automóvil, y de 24 V y 1200 W para el alternador de camión. La torre metálica utilizada tenía una altura de 6.3 metros, y la velocidad mínima del viento requerida para su operatividad era de 3.5 m/s.

Últimas décadas del siglo XX, se puso en marcha una nueva iniciativa de desarrollo e investigación en el campo de la energía generada por el viento, centrada en la aplicación directa de imanes permanentes de neodimio al rotor del aerogenerador..<sup>28</sup>

### **2.2.3.3. Recursos de energía eólica.**

El viento como recurso energético.

Podemos decir que la energía generada por el viento se deriva de la energía fotovoltaica, siendo solo un 2% de la radiación solar que alcanza la Tierra convertida en energía eólica. La radiación solar provoca variaciones de temperatura en la atmósfera que rodea nuestro planeta, principalmente debido a su forma redonda. Esto genera zonas con temperaturas más elevadas cerca de la línea ecuatorial en comparación con las áreas cercanas a los polos, dando lugar a regiones de alta y baja presión. Estas fluctuaciones de presión, cuando se combinan con el accionar del desplazamiento de la Tierra, generan los principales patrones de viento.

En América del Sur en la costa occidental, la existencia de la cordillera de los Andes causa una influencia notable en los vientos geostroficados. La extensión de los Andes a lo largo de la costa desempeña una función significativa para la modulación de los vientos de la troposfera baja, lo que a su vez afecta las condiciones climáticas regionales. Cerca de la latitud 40° S hacia el sur, los vientos húmedos del oeste, al intersectar con la cordillera de los Andes, inducen precipitaciones. En contraste, al norte de la latitud 25° S, los vientos alisios del sureste, al alejarse hacia el océano, inhiben la formación de lluvias.

---

<sup>28</sup> Energía Eólica. Recuperado en: <https://gestion.pe/noticias/energia-eolica/>.

A nivel local, las direcciones predominantes de los vientos están notablemente afectadas por diversos factores, como las perturbaciones causadas por tormentas que pueden alterar las direcciones principales, así como elementos naturales como bosques, campos agrícolas, cañadas y depresiones, que alteran el movimiento de las masas de aire en términos de velocidad y dirección. Además, las bajas presiones ciclónicas, a pesar de su capacidad para moverse en múltiples direcciones, en realidad siguen patrones predefinidos que se superponen al sistema generalizado de presión en la atmósfera.

El viento puede ser caracterizado en relación con dos variables fundamentales en términos temporales: la dirección y velocidad. La velocidad desempeña un papel más directo en la eficiencia de un aerogenerador, mientras que la dirección también ejerce influencia. Aunque no con la misma magnitud que la velocidad, la dirección del viento se define por el punto cardinal desde el cual sopla; por ejemplo, se clasifica como viento del Oeste o viento Oeste si tiene su origen en ese punto específico. Este atributo se determina mediante el empleo de una veleta, según lo señala Alvares (2006).

#### **Instrumentos que miden el viento.**<sup>29</sup>

La corriente del viento en la atmósfera tiene su origen en las fluctuaciones de la presión atmosférica. En términos meteorológicos, la mayoría de los desplazamientos de aire relevantes se observan velocidades horizontales cercanas a los 10 m/s, mientras que las velocidades verticales son del orden de 1 cm/s ( $u, v \gg w$ ). En este contexto, cuando nos referimos al viento, generalmente estamos hablando de una corriente horizontal o de la componente horizontal del flujo atmosférico. La medición del aire implica la evaluación de tres aspectos: dirección, velocidad y características adicionales como ráfagas y rachas. Para analizar las variaciones en la superficie, se emplean dispositivos como veletas y anemómetros para realizar mediciones, mientras que en altitudes elevadas se utilizan globos meteorológicos o radiosondeos. En los registros del viento, se detallan tanto la velocidad como la destinación. La dirección se indica en grados sexagesimales mediante un sistema alfabético que representa la orientación geográfica del viento e incluye direcciones intermedias como NE o SSW. Además, se emplea un sistema numérico que describe el ángulo entre la dirección del viento y el Norte, donde se sigue la convención: Norte: 0°; Este: 90°; Sur: 180°; Oeste: 270°

---

<sup>29</sup> Garreaud, R & Meruan, C (2005), *Instrumentos Meteorológicos y humedad Atmosférica*. Consultado en: [http://mct.dgf.chile.cl/AREAS/meteo\\_mod1.pdf](http://mct.dgf.chile.cl/AREAS/meteo_mod1.pdf).

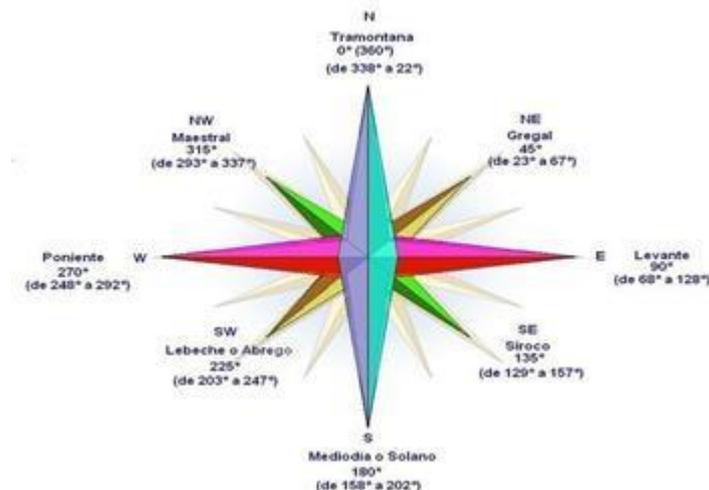
La velocidad se describe en:

- Millas por hora (milla/h)
- Metro por segundo (m/s)
- Nudos (Kt)
- Kilómetros por hora (Km/h)

En centros meteorológicos, la medición del viento se realiza a una altura de 10 metros sobre la superficie, y los sensores deben colocarse en una ubicación que esté adecuadamente expuesta. Es aconsejable que, en presencia de obstáculos que puedan afectar la dirección y velocidad del viento, la distancia entre el punto de medición y dicho obstáculo sea de aproximadamente 20 veces la altura del mismo.

Cuando nos referimos a la dirección del viento, estamos hablando de las coordenadas desde las cuales sopla, no de la dirección hacia la cual se desplaza (consulte la Imagen 3.2). Para identificar estas coordenadas desde las cuales provienen los vientos se debe utilizar la rosa de los vientos.

Este diagrama llamado La rosa de los vientos representa los puntos cardinales, lo que facilita la identificación de las orientaciones de norte, sur, este y oeste. Asimismo, incorpora los cuatro rumbos intermedios: nordeste, sudeste, sudoeste y noroeste. Con frecuencia, se utiliza en mapas para señalar la orientación. Este diagrama indica los rumbos de los vientos, cuyos nombres pueden variar según su dirección y región. Se proporcionarán más detalles en la Imagen siguiente.<sup>30</sup>



**Imagen No19:** Rosa de viento.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> El viento. Consultado en: [http://medcli.es/upload/filer\\_public/61/5b/615bbc53-15a6-42d9-8df2-24d27f0d991a/u3\\_web\\_el\\_viento-compressed.pdf](http://medcli.es/upload/filer_public/61/5b/615bbc53-15a6-42d9-8df2-24d27f0d991a/u3_web_el_viento-compressed.pdf).

<sup>31</sup> Rosa de viento. Consultado en: <http://claptil.blogspot.com/2012/04/orientacion-rosa-de-los-vientos.html>.

### **Instrumentos de medida:**<sup>32</sup>

**Anemómetro de copelas:** Un instrumento empleado para medir la velocidad con la que va el viento mediante un conjunto de semiesferas dispuestas para girar en torno a un eje vertical bajo la influencia del viento. En versiones más modernas, la velocidad de rotación de estas semiesferas se detecta mediante transductores eléctricos, lo que permite una medición precisa de la velocidad del viento. Este dispositivo ha sido ampliamente utilizado en diversos campos, desde la meteorología hasta la ingeniería eólica, debido a su diseño sencillo pero efectivo.



**Imagen No20:** Anemómetro y veleta.<sup>33</sup>

**Anemómetro de compresión:** El dispositivo en cuestión se basa en un principio ingenioso, conocido como el tubo de Pitot, el cual ha sido fundamental en la medición de la velocidad del viento y de otros fluidos en distintos entornos y aplicaciones. Este sistema se compone de dos tubos de pequeño tamaño, cada uno con funciones específicas para capturar distintos aspectos de la presión del flujo de aire. Uno de estos tubos cuenta con dos orificios, uno frontal y otro lateral, diseñados para medir tanto la presión dinámica, que es la resultante del movimiento del aire, como la presión estática, que es la presión del aire en reposo. Por otro lado, el segundo tubo posee únicamente un orificio lateral.

La magia detrás de este dispositivo radica en la diferencia entre las presiones medidas por estos orificios. Al comparar la presión dinámica capturada por el primer tubo con la presión estática obtenida por el mismo, se puede calcular con precisión la velocidad del viento en ese punto específico. Esta información es crucial en una amplia gama de campos, desde la meteorología y la aviación hasta la ingeniería civil y la investigación científica.

<sup>32</sup> El viento. consultado en: [http://medcliv.es/upload/filer\\_public/6/5b/615bbc53-15a6-42d9-8df2-24d27f0d991a/u3\\_web\\_el\\_viento-compressed.pdf](http://medcliv.es/upload/filer_public/6/5b/615bbc53-15a6-42d9-8df2-24d27f0d991a/u3_web_el_viento-compressed.pdf).

<sup>33</sup> Imagen de Anemómetro y veleta. Consultado en: <https://www.campbellsci.es/03002-wind-sentry>.

El tubo de Pitot ha demostrado ser una herramienta invaluable en la comprensión y el estudio de los flujos de fluidos, permitiendo a los investigadores y profesionales obtener mediciones precisas y confiables de la velocidad y la presión del aire en diversas condiciones y entornos. Su versatilidad y eficacia lo convierten en un componente esencial en muchas aplicaciones donde la precisión y la exactitud son fundamentales.

**Anemómetro de hilo caliente:** El anemómetro térmico tradicional utiliza un sensor calentado que está en contacto con el fluido en análisis. Este sensor se mantiene a una temperatura constante gracias a un circuito electrónico de regulación. Al fluir el fluido sobre el sensor, se produce un enfriamiento que altera el voltaje necesario para mantener la temperatura constante, lo que se traduce directamente en la velocidad del fluido. Esta metodología, denominada anemometría por hilo caliente, es adecuada para medir velocidades en fluidos homogéneos, ya sean gaseosos o líquidos, con una temperatura constante. Se caracteriza por su amplio rango dinámico, lo que posibilita la detección precisa de fenómenos turbulentos, incluso a frecuencias elevadas. Aunque invasiva en su colocación de una pequeña sonda en el fluido, esta técnica proporciona una capacidad excepcional para capturar detalles rápidos y finos en el flujo, lo que la hace invaluable en una variedad de campos, desde la meteorología hasta la investigación en fluidos.

**Anemómetro sónico:** Este tipo de anemómetros se fundamenta en un principio interesante: la velocidad del viento influye en la velocidad de propagación del sonido. Su funcionamiento se basa en medir el tiempo que tarda una señal acústica en recorrer una distancia determinada, generalmente de aproximadamente 20 centímetros. Este intervalo de tiempo está directamente asociado con la velocidad del viento a lo largo de la línea entre el emisor y el receptor. Adicionalmente, al efectuar una medición similar en una dirección ortogonal a la anterior, es posible determinar tanto la velocidad total del viento como su dirección. Aunque este instrumento es significativamente más caro que el anemómetro de copas, proporciona una mayor precisión en las mediciones y no requiere mantenimiento mecánico, debido a la ausencia de partes móviles. No obstante, enfrenta dificultades para medir el viento en condiciones de precipitación, como lluvia o nieve, lo que representa un desafío importante en su aplicabilidad en entornos climáticos diversos. Su capacidad para proporcionar mediciones precisas en condiciones óptimas lo convierte en una herramienta valiosa para diversas aplicaciones, desde la meteorología hasta la navegación marítima.

#### **2.2.3.4 Impacto ambiental.**

La influencia en la utilización del suelo por parte de las instalaciones de energía eólicas difiere según la localización: los conjuntos de aerogeneradores en terrenos llanos suelen abarcar una superficie mayor en comparación con aquellos situados en regiones elevadas, colinas o cercanos a áreas escarpadas. Sin embargo, los generadores de energía eólica no ocupan la totalidad del terreno disponible; se necesita un espacio de separación que equivale aproximadamente a 5 a 10 veces el diámetro de sus rotores (incluyendo las palas). Por lo tanto, tanto los generadores de energía eólica como la estructura asociada (como los caminos de acceso y las conexiones a la red eléctrica) ocupan solo una fracción pequeña del área total de un parque eólico. En términos promedio, se estima que una instalación de energía eólica requiere al menos de 4 a 20 hectáreas por cada megavatio (MW) de capacidad, a pesar de que el área ocupada por un solo generador eólico es de apenas 0,43 hectáreas/MW. Es importante destacar que el suelo debajo de los aerogeneradores podría destinarse a otros usos, como la agricultura, pastoreo, vías de comunicación, senderos para caminar, etc. Adicionalmente, podrían ser instalados en entornos industriales, lo que ayudaría a reducir las inquietudes acerca del uso del suelo en áreas de máxima importancia desde la perspectiva natural.

#### **Efectos que produce sobre las aves.<sup>34</sup>**

Causa principalmente cuatro problemas relacionados con las turbinas eólicas son identificados: efecto barrera, colisiones, desplazamientos inducidos por la evitación y alteración del hábitat.

**Colisión:** Las colisiones producidas con las aspas de las turbinas eólicas causan mortalidad y lesiones en aves y murciélagos. Aunque la mayoría de las turbinas operan a velocidades de 10 a 30 revoluciones por minuto, dado que las aspas tienen una longitud de 50-80 metros, sus extremos se mueven a unos 300 kilómetros por hora, lo cual dificulta que estos animales las eviten. Las colisiones no únicamente se producen con las palas, sino también con las estructuras de soporte, góndolas y componentes relacionados, como riendas, conductores de alta tensión y torres de telecomunicaciones. Además, la rotación de los rotores induce áreas de baja presión y perturbaciones que afectan la trayectoria de vuelo de las aves, lo que puede desviarlas y causar impactos o forzarlas a descender. Las aves rapaces en vuelo de planeo o caza han sido afectadas en cantidades relativamente grandes en algunas áreas de Estados Unidos y Europa. En los Estados Unidos, la cifra total de mortalidad atribuida a este factor se estima en alrededor de

---

<sup>34</sup> La energía eólica, las aves y el ambiente, información de: <http://www.avesargentinas.org.ar/noticia/la-energ%C3%ADa-e%C3%Blica-las-aves-y-el-ambiente>.

medio millón de individuos anualmente. No obstante, estos datos muestran una alta variabilidad y están sujetos a factores como la ubicación de las turbinas, sus dimensiones y tipo, así como las condiciones meteorológicas, entre otros. En cuanto a los murciélagos, se han registrado tasas de mortalidad que oscilan entre 6 y 27 individuos por turbina anualmente. Las causas de esta mortalidad comprenden la incapacidad de los murciélagos para detectar el peligro de las palas, la mayor densidad de insectos cerca de la góndola, las alteraciones en sus áreas de alimentación y descanso, y la desorientación inducida por ultrasonidos. Estas perturbaciones son más pronunciadas en regiones boscosas donde estos animales buscan refugio.

**Desplazamiento Y Pérdida De Hábitat:** Reducción en la concentración de aves en las cercanías de parques eólicos. Las aves tienden a alejarse en distancias que oscilan entre 100 y 800 metros de las turbinas, lo que implica una disminución de su densidad en esas zonas de un 20% a un 80%. En el contexto de parques eólicos marinos en Dinamarca, se ha registrado a través de radares que las aves evitan aproximarse a menos de 1 km (durante la noche) o 3 km (durante el día) de las turbinas, alterando de este modo sus patrones de vuelo. Este comportamiento de evitación podría resultar en que las aves abandonen ciertas áreas, con posibles efectos adversos en hábitats propicios, afectando aspectos como la alimentación, la reproducción y las migraciones.

**Efecto Barrera:** Debido a las dimensiones de las turbinas y la extensión de los parques eólicos, las aves se ven obligadas a seguir rutas más extensas para esquivarlas, lo que podría traducirse en un aumento considerable de su consumo energético. Todos los impactos mencionados se amplifican significativamente cuando los parques eólicos están ubicados en o cerca de rutas migratorias, así como en las proximidades de áreas donde se congregan aves o murciélagos.

### **Efecto Visual en el paisaje.**

En contraste con otros efectos ambientales, la valoración visual de un parque eólico en el paisaje es menos objetiva, debido a que está significativamente influenciada por la ubicación geográfica de la instalación. El diseño y la disposición del emplazamiento consideran aspectos tales como la disposición ordenada, la integración armónica con el entorno, la continuidad con los rasgos geográficos circundantes y la elección del color de las turbinas. En áreas de topografía plana, las turbinas eólicas suelen ser dispuestas en una distribución geométrica simple, fácilmente perceptible por los observadores, siguiendo un patrón equidistante a lo largo de una línea recta. En paisajes con terreno accidentado, resulta menos práctico adoptar un patrón simple, siendo más conveniente que las turbinas se guíen por los

contornos de elevación del paisaje, como cercas u otros caracteres topográficos. Cuando las turbinas se disponen en múltiples filas, la percepción de la distribución se vuelve más compleja, siendo necesario situarse al final de una fila para apreciar la disposición ordenada de las turbinas. (Chavez, 2019)



**Imagen No21:** Efecto visual de un parque eólico.<sup>35</sup>

### **Ruido Ocasionado.**<sup>36</sup>

El ruido producido por los aerogeneradores ha sido objeto de investigación en numerosos estudios, y sus efectos se pueden agrupar en tres categorías principales:

1. Impactos subjetivos, tales como sensaciones de incomodidad y descontento.
2. Perturbación de actividades diarias, como la dificultad para mantener conversaciones, conciliar el sueño o realizar actividades académicas.
3. Consecuencias fisiológicas, como ansiedad persistente y deterioro de la capacidad auditiva. En su mayoría, los niveles de ruido asociados al entorno ambiental generan impactos en las dos primeras categorías. Los efectos de la tercera categoría pueden presentarse en situaciones específicas, como en el caso de trabajadores de plantas industriales o personal cercano a aeronaves, si no se toman las precauciones adecuadas.

Las turbinas eólicas de gran potencia suelen estar ubicadas de forma aislada y lejos de zonas urbanas densamente pobladas. No obstante, en el caso de sistemas de baja potencia instalados cerca de usuarios residenciales, los efectos del ruido pueden ser perjudiciales y deben tenerse en cuenta en el diseño de turbinas eólicas de pequeña escala. (Chavez, 2019)

---

<sup>35</sup> Parque eólico. Recuperado de: <http://tiempo26.com/energia-eolica-instalada-por-enel-en-ica/>

<sup>36</sup> Ruido ocasionado por un aerogenerador. Recuperado de: <http://www.parqueeolicochile.com/varios/ruido-hace-un-aerogenerador>

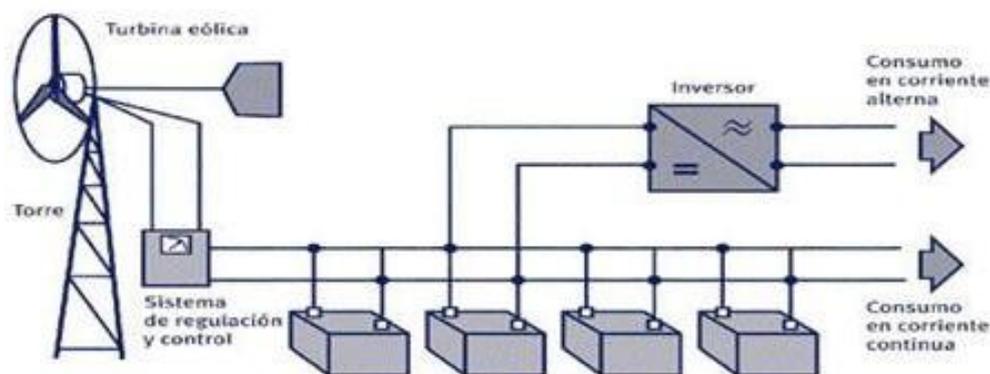
A nivel global, las autoridades públicas utilizan la escala de decibelios (dB) ponderados en frecuencia A para medir y cuantificar los niveles de sonido. Esta escala considera la sensibilidad variable de la percepción del oído humano a diferentes frecuencias sonoras, considerando que el oído humano percibe de manera diferente los tonos de baja, media y alta frecuencia. Por lo general, la audición humana es más sensible a las frecuencias medias, como el rango de las vocales, en comparación con las frecuencias más bajas o más altas.

### **Interferencias con sistemas de telecomunicaciones.**

Las turbinas eólicas tienen el potencial de causar interferencias en las señales de televisión y en las conexiones de microondas. En los principales casos, es posible anticipar los problemas asociados con las conexiones de microondas mediante la reubicación estratégica de las turbinas o de los propios enlaces. Además, a nivel local, pueden implementarse soluciones técnicas como el ajuste de la alineación en serie o la instalación de interruptores elevadores autocontrolados para mitigar los efectos adversos en la recepción de televisión. (Chavez, 2019)

#### ***2.2.3.5. Componentes de un sistema eólico.***

El procedimiento operativo se explica como sigue: el flujo de aire ejerce fuerza sobre las aspas del aerogenerador, lo que ocasiona su movimiento rotatorio. Este movimiento es transmitido al generador mediante un mecanismo de aumento de la velocidad angular. Subsecuentemente, se genera electricidad que es canalizada hacia las líneas de transmisión. Con el fin de asegurar una suministración eléctrica ininterrumpida, se requiere la presencia de sistemas acumuladores.



**Imagen No22: Sistema Eólico.**<sup>37</sup>

### **Componentes.**

#### **Soporte:**

<sup>37</sup> Imagen de sistema eólico. Recuperado de: <https://www.pinterest.com/pin/6860959452308972137/?!p=true>.

Los equipos eólicos requieren ser instalados sobre un soporte capaz de aguantar la totalidad de la fuerza del viento transmitida por el sistema de captura y posibles vibraciones. Adicionalmente, la altitud de la construcción debe ser adecuada para contrarrestar las turbulencias generadas por el suelo y para superar eventuales obstrucciones próximas que pudieran perturbar el flujo del viento. Dentro de esta categoría de dispositivos, se pueden discernir entre estructuras autoportantes y estructuras atirantadas. Las estructuras autoportantes pueden estar compuestas de una armazón metálica (similar a aquellas empleadas en la instalación de líneas de transmisión eléctrica), sobre la cual se erige una plataforma de mantenimiento para facilitar las labores de reparación y mantenimiento del dispositivo. Por contraste, las estructuras de hormigón provocan una menor cantidad de turbulencias en comparación con aquellas de estructura metálica. Las torres tubulares autoportantes son adecuadas cuando el peso de la máquina es inferior a 1,000 kg y no es posible utilizar un soporte atirantado debido al relieve del terreno. Cuando las condiciones del terreno lo permiten, se recomienda el uso de un soporte atirantado basculante para máquinas pequeñas, Esto facilita el mantenimiento en el suelo de manera más cómoda y segura tanto para la turbina eólica como para su estructura de soporte. El sistema de atirantamiento debe instalarse con cuatro puntos de anclaje, y la conexión de los cables al suelo se realiza mediante tensores que permiten ajustar la tensión del cable.

### **La góndola:**

Se trata de una región que alberga los elementos fundamentales de un aerogenerador, tales como el multiplicador o el generador eléctrico, y su acceso es posible desde la estructura principal de la torre de la turbina.

### **Rotor:**

El propósito del rotor es transformar la energía cinética del aire en energía mecánica por medio de un movimiento rotativo alrededor de su eje. De manera más simplificada, su función radica en extraer y aprovechar la energía del viento mediante la exposición de un cuerpo a la corriente de aire, empleando tanto las fuerzas de sustentación (perpendiculares al flujo de aire) como las fuerzas de arrastre (paralelas al flujo de aire)

### **El multiplicador:**

Con el eje de baja velocidad ubicado en la posición izquierda y el eje de alta velocidad en la posición derecha, el multiplicador permite que el segundo eje gire a una velocidad 50 veces mayor que la del primero.

### **El eje de baja velocidad:**

El eje principal es un componente esencial que conecta el buje del rotor con el multiplicador en las turbinas eólicas. Su función principal es transmitir el torque generado por las fuerzas del viento para producir electricidad de manera eficiente. Este eje contiene conductos internos que forman parte del sistema hidráulico de la turbina, los cuales se utilizan para controlar los frenos aerodinámicos. Estos frenos ajustan el ángulo de las palas para regular la velocidad de rotación del rotor y proteger la turbina en condiciones climáticas adversas. Además de su función estructural y hidráulica, el eje principal puede integrar dispositivos de monitoreo para proporcionar información en tiempo real sobre el rendimiento de la turbina.

### **El eje de alta velocidad:**

Cuando el rotor gira a una velocidad adecuada para el eje principal, se habilita el funcionamiento del generador eléctrico, alcanzando típicamente alrededor de 1500 revoluciones por minuto (rpm). Esta velocidad óptima es crucial para garantizar una generación de electricidad eficiente y consistente. Además, el eje principal está equipado con un freno de disco mecánico como medida de seguridad adicional para situaciones de emergencia. Este freno se activa automáticamente en caso de que falle el freno aerodinámico, proporcionando una forma efectiva de detener la rotación del rotor y prevenir posibles daños a la turbina o al sistema en su conjunto. La incorporación de este mecanismo de frenado de respaldo es fundamental para garantizar la operación segura y confiable de la turbina eólica, incluso en circunstancias imprevistas o adversas.

### **El generador eléctrico:**

Diversos dispositivos con la funcionalidad de conservar una incongruencia de voltaje entre sus terminales o bornes se considera un generador eléctrico. Este logro se alcanza mediante la interacción con un campo magnético, lo que permite al generador transformar la energía cinética en energía eléctrica. En el caso de los aerogeneradores, comúnmente se emplean generadores asíncronos o de inducción para este propósito.

### **Las palas del rotor:**

Son elementos fundamentales encargados de captar y aprovechar la energía del viento, convirtiéndola en energía mecánica que luego se transfiere al buje de la turbina. Estas palas, que actúan como las alas de un avión, están diseñadas para aprovechar eficientemente la fuerza del viento y convertirla en movimiento rotacional. Su tamaño y diseño pueden variar significativamente dependiendo de varios factores, como la velocidad y la dirección del viento en la ubicación de la turbina, así como la cantidad de energía que se pretende generar.

El diseño de las palas es el resultado de una cuidadosa ingeniería, que tiene en cuenta aspectos como la aerodinámica, la resistencia estructural y la eficiencia energética. Por lo tanto, las palas pueden presentar diferentes formas, perfiles y materiales de construcción para optimizar su rendimiento en condiciones variables de viento. Algunas palas son más largas y delgadas, lo que les permite capturar eficientemente la energía del viento en áreas con velocidades del viento más bajas, mientras que otras pueden ser más cortas y robustas para resistir vientos más fuertes.

El desarrollo tecnológico en el diseño de las palas ha llevado a mejoras significativas en la eficiencia y la capacidad de generación de las turbinas eólicas modernas. Las palas más avanzadas pueden ajustarse automáticamente para optimizar su ángulo de ataque en respuesta a cambios en las condiciones del viento, lo que aumenta aún más su rendimiento y su capacidad para generar energía de manera consistente.

### **La unidad de refrigeración:**

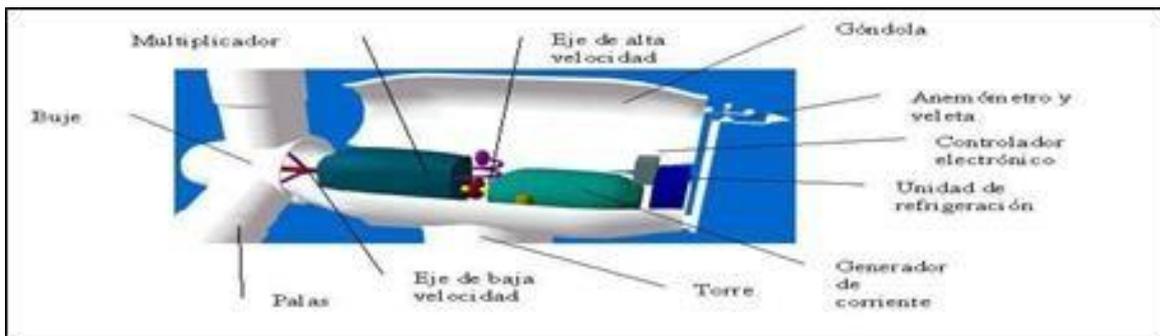
Las palas de una turbina eólica son esenciales para capturar la energía del viento y transferirla al buje de la turbina. Su función principal es aprovechar la fuerza del viento y convertirla en energía mecánica, que luego se transfiere al generador para producir electricidad. Estas palas pueden variar en tamaño y diseño, y su forma está influenciada principalmente por la cantidad de energía que se pretende generar. En áreas con vientos más suaves, las palas suelen ser más largas y delgadas para capturar eficientemente la energía del viento, mientras que en zonas con vientos más fuertes, las palas tienden a ser más cortas y robustas para resistir las cargas aerodinámicas. El diseño de las palas es resultado de un proceso de ingeniería cuidadoso que considera la aerodinámica, la resistencia estructural y la eficiencia energética.

### **El controlador eléctrico:**

El sistema informático mencionado se constituye como una infraestructura vital en el funcionamiento eficiente y seguro de los generadores eólicos. Su labor consiste en llevar a cabo una supervisión continua y minuciosa de las condiciones operativas del generador, mientras que simultáneamente administra el sistema de orientación. Este sistema de orientación, que utiliza una veleta para determinar la dirección del viento, garantiza que las palas del aerogenerador estén alineadas de manera óptima para captar la máxima cantidad de energía eólica disponible. Sin embargo, su función no se limita únicamente a la orientación del sistema; también desempeña un papel crucial en la detección temprana de posibles problemas y anomalías en el generador.

Cuando el sistema informático detecta cualquier irregularidad, como un aumento inesperado de la temperatura en el multiplicador, activa de manera automática un protocolo de seguridad. Este protocolo implica la detención inmediata del funcionamiento del aerogenerador para evitar posibles daños mayores o situaciones de riesgo. Además, el sistema informático está diseñado para notificar al operador responsable de la turbina de manera instantánea y precisa a través de un módem. Esta notificación permite al operador tomar medidas correctivas de manera oportuna, como realizar diagnósticos, llevar a cabo mantenimiento preventivo o coordinar acciones para resolver la situación de manera eficiente.

En resumen, el sistema informático desempeña un papel importante en la gestión y el monitoreo de los generadores eólicos, garantizando su operación óptima y segura. Su capacidad para detectar y responder rápidamente a las anomalías contribuye significativamente a la fiabilidad y la eficiencia del sistema de generación de energía eólica en su conjunto.<sup>38</sup>



**Imagen No23:** Partes De Un Aerogenerador.<sup>39</sup>

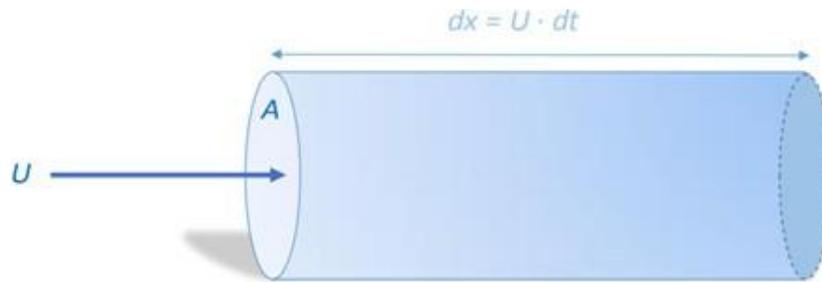
### 2.2.3.6. Ley de Betz.<sup>40</sup>

Los generadores de energía eólica capturan la energía cinética contenida en el aire para convertirla en energía mecánica, la cual es posteriormente transformada en electricidad a través de un generador. Es factible calcular directamente la potencia de un flujo de viento constante para una superficie dada A. Este cálculo se lleva a cabo al considerar un conducto

<sup>39</sup> Partes de un aerogenerador, información de: <http://centraleolica.wordpress.com/partes-de-un-aerogenerador>.

<sup>40</sup> Atlas eólico del Perú (2016), SBCC-05/PROSEME-MINEM Estudio para aprovechamiento eólico con fines energéticos y actualización del atlas eólico del Perú.

de flujo con una sección transversal A, que forma parte del campo fluido de un viento uniforme con velocidad V. (Chavez, 2019)(ver Imagen siguiente).



**Imagen No24:** Flujo a través de un disco.<sup>41</sup>

La parte A permanece estacionaria en el espacio mientras el fluido la atraviesa. La tasa de flujo que cruza el disco por unidad de tiempo, según la ecuación de continuidad, se expresa como:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho \cdot V)}{dt} = \rho \cdot A \cdot \frac{dx}{dt} = \rho \cdot a \cdot U$$

Donde  $\rho$  representa la densidad del aire, la cual se considera constante en el tiempo. Además, la energía cinética del aire que atraviesa el conducto es igual a:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot U^2$$

y la potencia será igual a

$$P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} \cdot m \cdot U^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot U^2 \cdot \frac{dm}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot U^3$$

Esta fórmula indica que el nivel de energía que se puede obtener del viento está directamente relacionado con el área del rotor del generador eólico, la densidad del aire y la velocidad del viento elevada al cubo. Sin embargo, no todo el aire que pasa por el área del rotor puede ser aprovechado debido a una limitación física conocida como el límite de Betz, que establece la cantidad máxima de energía que un aerogenerador puede extraer.

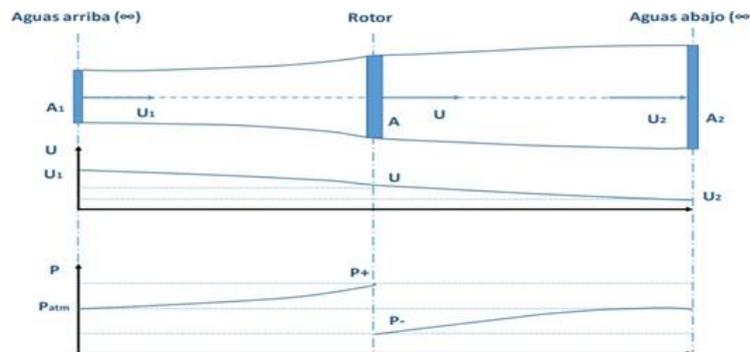
Cuando se busca extraer energía del viento mediante un aerogenerador, se observa una disminución en la velocidad del viento al atravesar la máquina. Esto ocurre porque el rotor del aerogenerador debe ralentizar el viento para convertir su energía cinética en energía rotacional. Dado que la cantidad de aire que atraviesa el área barrida por el rotor en un

---

<sup>41</sup> Flujo a través de un disco. Recuperado de: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf>.

periodo de tiempo debe ser equivalente a la que sale del área del rotor por el otro lado, el viento tomará una sección perpendicular (diámetro) mayor detrás del plano del rotor.. (Chavez, 2019)

**Imagen No25: Límite De Betz.**



Procedencia: Mapa eólico del Perú<sup>42</sup>

Es posible verificar teóricamente, y utilizando la ecuación de Bernoulli, la ecuación de continuidad y la ley de conservación de la masa, se puede concluir que en el plano del rotor, la velocidad del viento (V) es igual a la media aritmética de la velocidad incidente en el flujo de aire infinito aguas arriba (U1) y la velocidad final en el flujo de aire infinito aguas abajo (U2)

$$U = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

Y, en consecuencia, la cantidad de masa que cruza el rotor por unidad de tiempo puede expresarse como:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho \cdot V)}{dt} = \rho \cdot A \cdot \frac{dx}{dt} = \rho \cdot A \cdot \frac{U_1 + U_2}{2}$$

La potencia extraída por el rotor.

$$P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} \cdot m \cdot U^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot (U_1^2 - U_2^2) \cdot \frac{dm}{dt}$$

Que substituyendo en la expresión anterior:

$$P = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot A \cdot (U_1^2 - U_2^2) \cdot (U_1 + U_2)$$

La potencia del viento incidente sobre el rotor sería:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot U_1^3$$

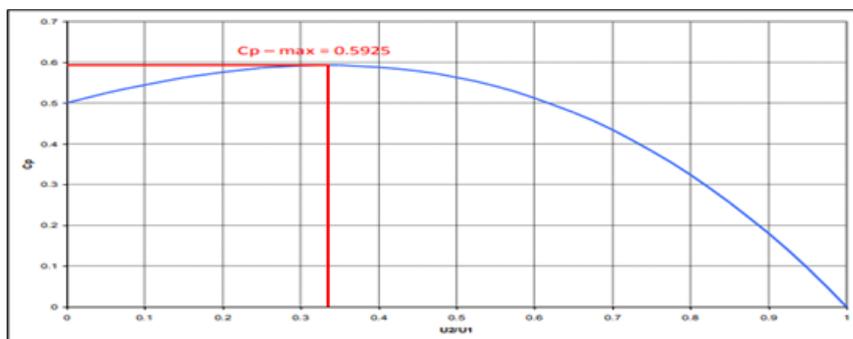
Comparando ambos valores se obtiene la siguiente expresión:

<sup>42</sup> Límite de Betz, Recuperado de: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf>.

$$C_p = \frac{P}{P_r} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2\right) \cdot \left(1 + \frac{U_2}{U_1}\right)$$

El coeficiente de potencia ( $C_p$ ), un parámetro crítico para la eficiencia de un aerogenerador, indica la fracción de la potencia total del viento incidente que el rotor del aerogenerador es capaz de capturar. Este valor es variable y fluctúa según las condiciones operativas del aerogenerador. La siguiente Imagen representa la relación entre  $C_p$  y el cociente de velocidad ( $U_2/U_1$ ). Se observa que esta función alcanza su valor máximo en  $16/27$  (aproximadamente 0.59).

En la siguiente imagen podemos representar lo expresado anteriormente.



**Imagen No26:** Curva del límite de Betz.

### Distribución de Weibull.<sup>43</sup>

Entender la probabilidad relacionada con las distintas velocidades del viento resulta esencial para una evaluación precisa del potencial eólico de una determinada área y para adquirir los parámetros energéticos fundamentales requeridos en proyectos de energía renovable. En el ámbito de la investigación en energía eólica, la distribución de Weibull emerge como una herramienta prevalente y ampliamente aceptada para modelar esta probabilidad. Esta distribución se caracteriza por su función de densidad de probabilidad, cuyo formato general se representa mediante la siguiente ecuación:

$$P(U) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right]$$

En la fórmula mencionada, la variable ( $P(U)$ ) representa la probabilidad estadística relacionada con la ocurrencia de una velocidad de viento particular, ( $U$ ). El parámetro ( $c$ ), conocido como factor de escala, se expresa en unidades de velocidad, mientras que ( $k$ ) representa el factor de forma y es una medida adimensional. A través de estos parámetros, la distribución de Weibull proporciona un medio para

<sup>43</sup> Atlas eólico del Perú (2016), SBCC-05/PROSEMER-MINEM Estudio para aprovechamiento eólico con fines energéticos y actualización del atlas eólico del Perú.

analizar varias características importantes asociadas con el comportamiento del viento. Por ejemplo, es posible emplear esta distribución para calcular la probabilidad de que las velocidades del viento superen un valor dado. Esto brinda a los investigadores y diseñadores de proyectos eólicos una herramienta valiosa para comprender y modelar la variabilidad del viento, lo que a su vez permite una planificación más precisa y eficaz de la generación de energía eólica

$$.P(U \geq U_x) = \exp\left[-\left(\frac{U_x}{c}\right)^k\right]$$

Las expresiones permiten calcular tanto la velocidad media como la desviación estándar de la distribución.

$$U = c \cdot r \left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

$$\sigma^2 = c^2 \cdot \left[ r^2 \left(1 + \frac{2}{k}\right) - r^2 \left(1 + \frac{1}{k}\right)^2 \right]$$

Donde  $\sigma$  es la función Gamma de Euler.

#### 2.2.4. Sistema híbrido eólico – solar.<sup>44</sup>

Los Sistemas de Energía Híbridos Renovables (HRES) combinan dos o más fuentes de generación de energía y se utilizan comúnmente en áreas no conectadas a la red eléctrica convencional. Estos sistemas suelen incorporar un generador tradicional que funciona con diésel junto con un generador que utiliza una fuente renovable, como la energía solar, eólica o una combinación de ambas. A pesar de que los costos iniciales de los sistemas basados en energía solar o eólica suelen ser más elevados que los de los generadores diésel, los costos operativos y de mantenimiento disminuyen significativamente para los sistemas de energía renovable. Estos sistemas híbridos deben satisfacer criterios de modularidad, robustez y simplicidad, y requieren un mantenimiento mínimo. Integran fuentes de energía alternativas con baterías para el almacenamiento de energía, que almacenan la electricidad, y equipos de acondicionamiento de potencia que garantizan la calidad de la energía eléctrica. La implementación de HRES se beneficia al aprovechar las condiciones específicas de los lugares donde se instalan. En muchos países en desarrollo, existen recursos eólicos, hidráulicos, solares y de biomasa que pueden ser aprovechados. Los HRES ofrecen la ventaja de un suministro de energía a largo plazo, reduciendo la dependencia de la importación de combustibles al integrar tanto las energías convencionales como las renovables, los HRES han sido objeto de investigaciones que buscan diseñar alternativas más eficientes en la

---

<sup>44</sup> Ponce, A & García, L (2014), Diseño de un sistema Híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a

zona rural en el estado de Chihuahua.

producción de electricidad. Este proyecto se centra en el análisis de un sistema que incluye componentes fotovoltaicos, eólicos y de baterías.



**Imagen No27:** Diagrama de conexión sistema híbrido.<sup>45</sup>

#### 2.2.4.1. Ventajas<sup>46</sup>

La combinación de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica en sistemas híbridos representa una estrategia efectiva para abordar las limitaciones individuales de cada tecnología y optimizar la utilización de recursos renovables. La interacción entre ambas fuentes de energía permite mitigar los desafíos relacionados con la variabilidad climática y la disponibilidad de recursos, ya que mientras que la energía solar alcanza su punto máximo durante el día, la energía eólica puede ser más constante y disponible durante la noche o en condiciones climáticas adversas.

Al integrar la energía fotovoltaica y la energía eólica en un sistema híbrido, se logra una mayor estabilidad en la generación de electricidad, lo que contribuye a una mayor seguridad energética y a una reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Además, la inclusión de baterías y sistemas de almacenamiento permite aprovechar el exceso de energía generada para su uso posterior, lo que mejora la eficiencia del sistema y garantiza un suministro energético más confiable.

Además de los beneficios en términos de confiabilidad y seguridad energética, los sistemas híbridos también ofrecen ventajas económicas significativas. Al optimizar el uso de los recursos disponibles y maximizar la vida útil de los componentes del sistema, se reduce el costo total de propiedad a largo plazo y se mejora la rentabilidad de la inversión. Esta

<sup>45</sup> Diagrama sistema híbrido. Recuperado en: <http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-616113337-sistema-eolico-sol-hibrido-400w-200w-12v- JM>.

<sup>46</sup> Ventajas sistema híbrido, Recuperado en: <http://www.inyanteh.com/info/what-are-the-advantages-of-wind-and-solar-hybr-37640497.html>.

combinación de tecnologías también ofrece flexibilidad en la adaptación a diferentes condiciones geográficas y climáticas.

### **2.2.5. Definición conceptual de terminología empleada.**

**Amperio – hora.** La capacidad de una batería almacenadora de energía se mide en amperio por hora (Ah), que indica la corriente eléctrica que la batería es capaz de entregar durante un tiempo específico. Esta medida es crucial para evaluar la autonomía y el rendimiento de la batería, ya que determina su capacidad de almacenamiento de energía y su capacidad para alimentar dispositivos eléctricos de manera continua.

**Caja de conexión.** Esta caja es un componente esencial en sistemas eléctricos, ya que proporciona un espacio seguro y organizado para reunir los cables y realizar las conexiones necesarias. Además de su función básica de contener los cables, la caja de conexiones también ofrece protección contra daños mecánicos, protección contra contactos accidentales y ayuda a prevenir riesgos de incendio al contener cualquier chispa eléctrica.

**Carga.** Cualquier dispositivo o equipo que requiere energía, cuya demanda varía según el funcionamiento específico de cada dispositivo y fluctúa a lo largo del día.

**Central eólica.** Es un sitio diseñado para producir electricidad aprovechando la fuerza del viento. En estas instalaciones, se ubican aerogeneradores que convierten la energía cinética de las corrientes de viento en energía mecánica, la cual se convierte en electricidad a través de generadores eléctricos. Esta electricidad se distribuye luego a través de una red para su uso. Las centrales eólicas pueden variar en tamaño y capacidad, desde pequeñas instalaciones hasta grandes parques eólicos, y representan una forma importante de energía renovable y sostenible.

**Combustible fósil.** Son recursos energéticos formados a partir de la descomposición de organismos vegetales o animales a lo largo de millones de años. Cuando estos materiales, como el gas natural, el carbón, el petróleo y sus derivados, reaccionan con el oxígeno, liberan energía térmica. Aunque estos sistemas son comúnmente utilizados en aplicaciones industriales y domésticas, presentan desafíos ambientales notables debido a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, se está trabajando intensamente en el desarrollo de fuentes de energía más sostenibles para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar su impacto adverso en el medio ambiente.

**Conductor eléctrico.** Se refiere a la habilidad de un elemento para la conducción de corriente eléctrica a través de él, una propiedad esencial en la transmisión de energía eléctrica. Esta propiedad se evidencia en los conductores, generalmente elaborados de cobre o aluminio, los cuales se encargan de transportar la corriente eléctrica a lo largo del circuito.

Estos conductores, conocidos como "hilos", facilitan el flujo de electricidad de manera eficiente y segura gracias a las propiedades conductoras de los materiales que los componen.

**Conexión en paralelo.** La conexión en paralelo es un método utilizado en sistemas fotovoltaicos que implica la interconexión de paneles solares de tal manera que las terminales positivas se conectan entre sí y las terminales negativas se conectan entre sí. Este enfoque permite que los paneles operen individualmente para generar electricidad. Al conectar los paneles en paralelo, el voltaje total del sistema se mantiene constante, ya que cada panel contribuye con el mismo voltaje.

**Conexión en serie.** La conexión en serie es una estrategia clave en la interconexión de módulos solares, donde se establece una secuencia de paneles fotovoltaicos en la que el terminal positivo de un panel se conecta al terminal negativo del siguiente. Este método tiene como resultado un aumento significativo en el voltaje total del sistema, ya que cada panel contribuye de manera acumulativa a la elevación del voltaje. Al unir los paneles de esta manera, los terminales negativos de la primera placa y los positivos de la última quedan disponibles para futuras conexiones adicionales, lo que permite la expansión o la integración de más paneles en el sistema. Esta configuración en serie es especialmente útil cuando se necesita aumentar el voltaje de salida para satisfacer los requisitos de un inversor o para abastecer cargas que demandan un mayor voltaje. Además, al optimizar el voltaje sin afectar significativamente la corriente, esta disposición en serie facilita la transmisión eficiente de la energía generada hacia los componentes del sistema, contribuyendo así a maximizar la eficiencia y el rendimiento global del sistema fotovoltaico.

**Constante solar:** Constante solar es un aspecto esencial al estudiar la luz solar que aterriza sobre la Tierra. Esta medida representa la energía solar que incide sobre un metro cuadrado de la atmósfera superior por segundo, a una distancia media del planeta tierra Tierra y el Sol. Este valor, alrededor de 1361 vatios por metro cuadrado, es fundamental para comprender la disponibilidad y la intensidad de la luz solar en nuestra atmósfera. Es crucial destacar que esta constante no tiene en cuenta la absorción ni la dispersión de la radiación solar por la atmósfera, lo que implica que la cantidad de energía solar que efectivamente alcanza la superficie terrestre puede variar debido a factores como las horas diarias, las estaciones anuales (verano, invierno, primavera y otoño) y las condiciones climáticas de la ubicación. La constante solar se utiliza como base para calcular la energía total que sistemas de energía solar, como paneles fotovoltaicos o colectores solares, pueden capturar, y es un aspecto crucial en la planificación y el diseño de proyectos relacionados con la energía solar.

**Consumo eléctrico.** Cantidad de energía necesaria para alimentar un dispositivo eléctrico durante un intervalo de tiempo específico, expresada en vatios-hora (W-h) o kilovatios-hora (kW-h). Este valor depende de la potencia del dispositivo y de la duración de su funcionamiento.

**Contaminación.** abarca una amplia variedad de cambios físicos, químicos y biológicos que afectan de manera negativa al aire, la tierra y el agua, teniendo consecuencias dañinas para los seres vivos y los ecosistemas en su conjunto. Estas alteraciones se manifiestan de diversas maneras, que van desde la liberación de gases y partículas nocivas en la atmósfera hasta la acumulación de residuos plásticos en los océanos, e incluyen también la contaminación del suelo con sustancias químicas peligrosas. La contaminación ambiental surge principalmente como resultado de las actividades humanas, como la industria, la agricultura, el transporte y el uso de recursos naturales, y puede provocar impactos graves en la salud de las personas, la diversidad biológica y el equilibrio de los ecosistemas. Por tanto, abordar la contaminación y fomentar prácticas sostenibles se ha vuelto una prioridad urgente y esencial para conservar nuestro planeta y asegurar un futuro saludable para las generaciones futuras.

**Corriente alterna (AC).** Se refiere a un tipo de electricidad en el cual la polaridad experimenta cambios regulares en intervalos de tiempo específicos. Este tipo de corriente es preferido en las redes de transmisión eléctrica debido a su capacidad para ajustar el voltaje de manera sencilla. Esto se logra mediante el uso de transformadores que permiten modificar eficazmente el voltaje de la corriente eléctrica. La electricidad alterna es ampliamente utilizada en una diversidad de aparatos electrodomésticos, siendo una forma común de electricidad en aplicaciones tanto domésticas como industriales.

**Corriente de cortocircuito (I<sub>cc</sub>).** Es una medida esencial en la evaluación del desempeño de una célula solar. Se trata de la corriente que atraviesa la célula cuando se produce un cortocircuito en sus terminales, bajo una iluminación constante y específica. Esta medida proporciona información importante sobre la capacidad de la célula para generar energía en condiciones ideales de carga máxima. La cantidad de corriente de cortocircuito generada está directamente relacionada con la radiación solar recibida y el área total de la célula, lo que la convierte en un indicador clave del rendimiento real de la célula en condiciones reales de uso.

**Corriente directa (DC).** Su sistema hace que la electricidad distribuya la corriente que fluye en una única dirección, típicamente a baja tensión, pero con corrientes altas. La corriente alterna cambia su dirección en lapsos de tiempos diferentes, la corriente directa mantiene un flujo constante en una dirección determinada. En aplicaciones residenciales o comerciales que emplean corriente alterna, como la mayoría de las redes eléctricas convencionales, es

necesario convertir la corriente directa en corriente alterna mediante un dispositivo llamado inversor de energía. Este proceso permite la utilización de la energía en dispositivos y electrodomésticos que requieren corriente alterna para su funcionamiento. La corriente directa es ampliamente utilizada en diversas aplicaciones, desde sistemas de energía renovable hasta electrónica de consumo.

**Corriente óptima ( $I_m$ ).** Se refiere a la cantidad máxima de corriente que puede fluir a través de una célula solar cuando se conecta a una carga con un valor ideal ( $R_m$ ) en su punto de operación óptimo. La elección de esta carga se realiza de manera que la capacidad eléctrica resultante sea la más alta posible. Este parámetro es esencial para garantizar la máxima eficiencia en la conversión de energía solar en energía eléctrica, y su determinación precisa es fundamental para optimizar el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos.

**Curva de potencia.** Es una graficación que ilustra cómo varía la capacidad eléctrica producida por un aerogenerador en relación con diferentes velocidades del viento. Esta representación visual es esencial para entender cómo cambia la cantidad de energía generada a medida que la velocidad del viento fluctúa. La curva muestra el inicio de la generación de energía eléctrica a velocidades mínimas de viento, alcanzando su punto máximo de potencia en velocidades óptimas del viento y, a partir de ahí, la potencia puede disminuir gradualmente a medida que aumenta la velocidad del viento. Comprender esta curva es vital para planificar, operar y optimizar eficientemente la generación de energía eólica.

**Disponibilidad.** Es tiempo en el que el aerogenerador está generando energía en relación con el total de horas en las cuales las velocidades del viento permiten su funcionamiento. Este indicador es esencial para evaluar la eficiencia y rendimiento de un parque eólico, ya que muestra cuánto tiempo el aerogenerador realmente está produciendo energía en condiciones óptimas. Una alta disponibilidad indica un funcionamiento fiable y eficiente del aerogenerador, mientras que una baja disponibilidad puede señalar problemas de mantenimiento o diseño. Por lo tanto, mejorar la disponibilidad es fundamental para optimizar la producción de energía eólica.

**Eficiencia de la celda.** Se refiere a su capacidad para convertir la luz solar en electricidad utilizable. Se calcula comparando la potencia eléctrica generada por la célula cuando está expuesta a la luz solar directa con la potencia total de la luz solar incidente sobre la célula. Esta eficiencia depende de factores como el tipo de material utilizado y las condiciones ambientales. Mejorar la eficiencia de las células solares es importante para aumentar la producción de energía y hacer que la energía solar sea más competitiva.

**El viento.** Es el movimiento amplio de gases en la atmósfera terrestre, específicamente caracterizado por el desplazamiento masivo del aire en una dirección horizontal. Según la definición de Günter D. Roth,. Estas variaciones de presión se generan debido al calentamiento diferente de la tierra por los rayos solares, lo que provoca que el aire caliente ascienda y el aire frío descienda, creando áreas de alta y baja presión respectivamente. Este gradiente de presión resultante impulsa el movimiento del aire, dando lugar al viento. Además de su importancia en la meteorología y el clima, el viento también es una fuente de energía renovable cada vez más utilizada

**Energía cinética.** Surge del movimiento de un objeto y se define como la cantidad de trabajo necesaria para acelerar ese objeto con una masa específica desde su estado de reposo hasta una velocidad determinada. En resumen, mientras más rápido se mueva un objeto o más pesado sea, mayor será su energía cinética. Esta forma de energía es esencial en una variedad de contextos naturales y tecnológicos, desde el movimiento de los automóviles hasta la generación de energía mediante tecnologías como la hidroeléctrica y la eólica.

**Fotovoltaico.** Se trata de la conversión directa de los rayos solares en electricidad, también reconocida como energía solar fotovoltaica.

**Gases invernadero.** Son elementos presentes en la atmósfera que tienen la capacidad de absorber y emitir radiación térmica. Esta característica permite que la radiación solar penetre en la atmósfera, pero dificulta la salida de la radiación infrarroja emitida por la Tierra, creando así un efecto similar al de un invernadero.. Este fenómeno, conocido como calentamiento global, ha provocado cambios climáticos significativos y tiene repercusiones graves en el medio ambiente y la sociedad. Por lo tanto, comprender y gestionar los gases de efecto invernadero es crucial para abordar el cambio climático y sus impactos.

**Generador fotovoltaico.** Es un sistema que convierte la energía solar en electricidad utilizando paneles solares. En este sistema, los paneles solares están dispuestos en series de paneles conectados entre sí y luego estas series se conectan en paralelo. Esta configuración permite aumentar tanto la corriente como la tensión del generador, lo que resulta en una mayor producción de energía eléctrica.

**Hertzio (Hz).** Se emplea para cuantificar la frecuencia de una onda, representando la cantidad de ciclos completos que ocurren en un segundo. Esta medida resulta esencial en diversos campos del conocimiento y la tecnología, ya que permite describir la rapidez con la que se produce un fenómeno oscilatorio o vibratorio en un determinado intervalo de tiempo. Por ejemplo, en la física, el hertzio se utiliza para caracterizar la frecuencia de oscilación de sistemas como los circuitos eléctricos o los osciladores mecánicos. En el ámbito de las

telecomunicaciones, esta medida es fundamental para indicar la frecuencia de transmisión de señales de radio, televisión o telefonía móvil. Además, en la música, el hertzio se relaciona directamente con la altura tonal de los sonidos, siendo crucial para definir la afinación de instrumentos musicales y la percepción auditiva de las notas musicales. Así pues, el concepto de hertzio juega un papel central en el entendimiento y la manipulación de fenómenos ondulatorios en una amplia variedad de disciplinas científicas y tecnológicas.

**Instalación eléctrica.** Se refiere a un conjunto complejo de dispositivos y circuitos interconectados diseñados con el propósito específico de llevar a cabo diversas funciones relacionadas con la energía eléctrica. Estas funciones pueden incluir desde la generación y transmisión de electricidad hasta su distribución, conversión, transformación y uso en diferentes contextos. Por ejemplo, una instalación eléctrica puede comprender generadores para producir electricidad, sistemas de distribución para transportarla, transformadores para ajustar su voltaje, y dispositivos de control y protección para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente. Estos están en una variedad de lugares, desde hogares y edificios comerciales hasta instalaciones industriales y redes de distribución eléctrica a gran escala.

**Instalación fotovoltaica.** Se refiere a un sistema en el que se disponen células solares para transformar directamente la radiación en electricidad, sin necesidad de utilizar procesos adicionales. La disposición de los paneles puede variar según el proyecto, pudiendo ser instalados en techos, terrenos abiertos o estructuras elevadas. Además de los paneles, la instalación incluye otros componentes como inversores y sistemas de montaje, entre otros, estas instalaciones son una forma sostenible de generar electricidad y tienen aplicaciones en diversos sectores, haciendo que disminuya la expulsión de gases que provocan el efecto invernadero y al aprovechamiento de la energía solar como fuente renovable.

**Intensidad eléctrica.** Es la electricidad que fluye por de una parte específica de un conductor de electricidad en un determinado lapso de tiempo, usualmente medido en segundos. Se expresa en Amperios (A) y es esencial para comprender el flujo de electricidad en un circuito. Una mayor intensidad indica un mayor flujo de carga eléctrica en el conductor en ese período de tiempo. Podemos comparar la intensidad eléctrica con el flujo de agua en una tubería: cuanto más agua fluya a través de la tubería en un segundo, mayor será la intensidad del flujo. La intensidad eléctrica se ve afectada por la resistencia del conductor y la diferencia de potencial aplicada. Entender y controlar la intensidad eléctrica es crucial para diseñar y operar de manera segura circuitos eléctricos en una variedad de aplicaciones.

**Irradiación.** Se define como la energía que llega y se deposita sobre una superficie durante un período de tiempo específico. Normalmente, se utiliza para describir la energía solar que

alcanza la Tierra. Debemos entender que el porcentaje de radiación solar cumple con un papel importante para el diseño y la eficiencia de sistemas solares, así como para aplicaciones en agricultura y meteorología.

**Irradiancia.** Es la potencia de los rayos solares que inciden en un área durante un lapso de tiempo específico y por unidad de superficie. Este se representa normalmente como kilovatios por metro cuadrado (kW/m<sup>2</sup>). Este concepto es esencial para entender cuánta energía solar llega a una determinada superficie en un momento dado. La irradiancia puede variar según la localización, las horas diarias y el clima.

**Máxima potencia.** Representa la más alta cantidad de electricidad que se puede generar cuando alcanza los valores más altos de tensión y corriente, bajo una carga óptima ( $R_m$ ). Este valor se expresa en vatios (W) y sirve como indicador clave de la capacidad de producción de energía de la celda en condiciones ideales. Se alcanza cuando la celda solar opera en MPP o según su significado punto de máxima potencia, donde la curvatura de potencia-voltaje alcanza su valor máximo. La máxima potencia puede variar según la magnitud de la radiación, la resistencia de carga y las temperaturas. Por tanto, es esencial para la evaluación eficiente de sistemas fotovoltaicos.

**Potencia instalada fotovoltaica o potencia nominal.** Representa la capacidad máxima teórica de generación de energía de un sistema fotovoltaico bajo condiciones óptimas. Se calcula sumando las potencias nominales de los inversores participantes en las tres fases del sistema, según las especificaciones del fabricante. Esta medida es esencial para determinar el tamaño adecuado de un sistema fotovoltaico y su capacidad de producción de energía eléctrica. Es importante considerar que la producción real de energía puede variar debido a diversos factores, como ubicación geográfica, orientación de los paneles solares y condiciones climáticas. Por lo tanto, la potencia instalada fotovoltaica proporciona una referencia importante para el diseño y la planificación de sistemas solares, pero la producción efectiva puede diferir en la práctica.

**Potencia nominal del generador.** Se define como la suma total de las potencias máximas de los paneles solares dentro del sistema fotovoltaico. Representa la capacidad teórica máxima de generación de energía que el conjunto de paneles solares puede ofrecer bajo condiciones óptimas. Se calcula sumando las potencias nominales máximas de todos los paneles instalados en el generador. Esta medida, expresada generalmente en vatios pico (Wp), es crucial para determinar y evaluar la capacidad de producción de energía del sistema fotovoltaico.

**Rama o serie fotovoltaica.** Este es un grupo de sistemas solares conectados, ya sea en secuencia o en configuraciones combinadas de serie y paralelo, con el fin de generar un nivel específico de voltaje equivalente a la tensión nominal del generador. En esta disposición, los paneles solares se conectan uno tras otro para formar una cadena continua, lo que asegura que la tensión producida por la rama coincida con los requisitos de voltaje del sistema. Esta organización es esencial para garantizar la compatibilidad y el rendimiento óptimo del sistema fotovoltaico en su conjunto.

**Red eléctrica.** Es un sistema complejo formado por una infraestructura extensa que incluye líneas de transmisión, subestaciones eléctricas y una variedad de estructuras interconectadas. Su principal papel es hacer más fácil el transporte de electricidad desde los puntos de generación, como centrales eléctricas, hasta los puntos de consumo, como hogares, industrias y comercios. Las subestaciones eléctricas son instalaciones clave en este sistema, donde la electricidad puede ser controlada, transformada y distribuida según las necesidades de la demanda.

**Rendimiento ( $\eta$ ).** Es una medida esencial que indica la eficacia con la que una célula solar puede convertir la energía solar en energía aprovechable. Por lo general, se expresa en forma de porcentaje y puede variar según la tecnología específica empleada en la fabricación de la célula. En términos generales, el rendimiento de las células solares se sitúa alrededor del 18%, aunque este valor puede cambiar dependiendo del diseño de la célula, el material semiconductor utilizado y las condiciones ambientales. Un rendimiento más alto indica una célula solar más eficiente, capaz de aprovechar una mayor cantidad de energía lumínica para producir electricidad, lo que es fundamental para optimizar la generación de energía en sistemas fotovoltaicos.

**Sistema hidráulico.** Es esencial para activar los frenos aerodinámicos del aerogenerador, lo que resulta fundamental para su funcionamiento y seguridad. Este sistema emplea fluidos hidráulicos y cilindros para ejercer presión sobre los frenos, deteniendo así la rotación de las palas cuando es necesario. Además de su función principal de frenado, el sistema hidráulico puede tener otros usos, como ajustar la orientación de las palas para optimizar la captura de viento o amortiguar vibraciones para asegurar un funcionamiento suave en diversas condiciones climáticas. En conclusión, el sistema hidráulico garantiza un funcionamiento eficiente y seguro del aerogenerador en todo momento.

**Tensión óptima ( $V_m$ ).** Es la tensión generada en una célula solar cuando se aplica la corriente óptima a una carga de resistencia óptima ( $R_m$ ), seleccionada para maximizar la potencia eléctrica. Este valor es esencial en el diseño y la optimización de sistemas

fotovoltaicos, ya que determina el punto en el que la célula puede generar la máxima potencia eléctrica posible.

**Vida de las baterías.** Se refiere al periodo durante el cual una celda o batería puede mantener su eficiencia esperada. Este período se denomina vida útil de la batería y puede ser evaluado en términos de ciclos de descarga o en años, según el uso específico o el servicio para el que las baterías hayan sido diseñadas. En el contexto de las aplicaciones solares, se prefieren las baterías de ciclo profundo debido a su capacidad para resistir descargas profundas repetidas sin sufrir daños, lo que las hace idóneas para almacenar energía solar y asegurar un suministro constante incluso en condiciones variables.

**Voltaje.** Se refiere a la medida de la fuerza eléctrica presente entre dos puntos específicos, representada en voltios. Ejemplos habituales de voltajes incluyen la tensión típica de una batería de 12 voltios en corriente continua ( $V_{cc}$ ) y el voltaje proporcionado en nuestras viviendas de 220 voltios en corriente alterna ( $V_{ca}$ ). Este parámetro esencial en los circuitos eléctricos y electrónicos determina la cantidad de electricidad transferida y la intensidad de la electricidad que se desplaza en un circuito. Controlar y regular el voltaje son aspectos vitales para el diseño y la operación segura de sistemas eléctricos y electrónicos.

**Voltio.** Es una medida esencial en el ámbito eléctrico que representa la fuerza eléctrica capaz de generar el flujo de corriente de un amperio a través de una resistencia de un ohmio. Esta unidad de medida proporciona una referencia fundamental para entender la electricidad, ya que indica la presión eléctrica presente en un circuito. En resumen, el voltio es utilizado para cuantificar la variación de potencial de dos puntos en un mismo circuito, determinando así la cantidad de energía que puede ser transferida entre ellos. Esta medida se aplica en una amplia gama de dispositivos y sistemas eléctricos, desde componentes electrónicos pequeños hasta sistemas de transmisión de energía a gran escala.

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación.

El diseño y la metodología del estudio para la integración de fuentes de energía sostenible, específicamente energía generada por el viento y por el sol, con el propósito de suministrar electricidad a la sociedad ecológica Majanumia en la provincia de Jaén, se ha desarrollado cuidadosamente con el fin de abordar de manera integral los desafíos energéticos presentes en la región. En primer lugar, se realizó un análisis del potencial solar y eólico disponible en la zona, utilizando datos climáticos históricos y mediciones in situ para determinar la viabilidad y la capacidad de generación de energía de cada fuente, luego se llevara a cabo un estudio detallado de las necesidades energéticas de la , considerando tanto el consumo actual como las proyecciones de crecimiento futuro. Con base en esta información, se procedió al diseño de una red energética híbrida que combine la energía generada por el viento y energía generada por radiación solar de manera óptima, maximizando así la producción de energía y garantizando un suministro eléctrico estable y confiable para Majanumia. Además, se desarrollaron modelos de simulación y análisis financiero para evaluar el rendimiento y la rentabilidad del sistema a lo largo del tiempo. Este enfoque integral y multidisciplinario asegura que el despliegue de fuentes productoras de energía renovable en Majanumia sea eficiente, sostenible y beneficiosa tanto desde el punto de vista técnico como económico y medioambiental., se presenta a continuación.

**Investigación aplicada:** Considerando la aplicación de los conocimientos, investigaciones y principios teóricos de la ingeniería para abordar un problema concreto de la vida diaria, que implica la suministración de energía eléctrica a la mencionada comunidad.

**Investigación descriptiva:** Con el propósito de comprender la situación actual, se llevará a cabo un análisis que abarcará tanto aspectos sociales, como las costumbres y actividades diarias de la comunidad y sus habitantes, como también variables específicas de estudio que reflejen la realidad. Este enfoque integral permitirá obtener una visión completa de la situación existente, proporcionando así una base sólida para la investigación.

### 3.2. Población y muestra.

**Población:** En este contexto, el término "población" abarca no solo a los residentes individuales de la ecológica Majanumia, sino también a todas las viviendas y cargas específicas que componen su infraestructura eléctrica y sus necesidades energéticas. Esto incluye no solo los hogares habitados por los residentes, sino también las instalaciones

comunitarias, como escuelas, centros comunitarios y áreas públicas. Además, abarca todas las cargas eléctricas asociadas con estas estructuras, como iluminación, electrodomésticos, equipos electrónicos y sistemas de calefacción o refrigeración.

**Muestra:** En este contexto, se define como una representación significativa de todas las viviendas y cargas espaciales presentes en la ecológica Majanumia. En lugar de abordar cada vivienda o estructura individualmente, la muestra se selecciona estratégicamente para capturar la diversidad y las características representativas de la población en su conjunto. Esto implica identificar una selección representativa de viviendas y espacios dentro de la que reflejen adecuadamente las distintas necesidades energéticas y patrones de consumo presentes en Majanumia.

### 3.3. Hipótesis.

Utilizando suministros que produzcan energía limpia y renovable como la eólica, la solar o combinaciones híbridas, será posible proporcionar electricidad a la ecológica Majanumia perteneciente a la provincia de Jaén.

### 3.4. Operacionalización de variables.

**Variable Independiente:** Energías renovables eólica y solar.

**Variable Dependiente:** Energía eléctrica.

### Cuadro de operacionalización.

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES |
|-----------|-----------------------|------------------------|-------------|
|-----------|-----------------------|------------------------|-------------|

**Variables independentes:**

Energía renovable solar y eólica

Se genera energía eólica al capturar la fuerza del aire, convirtiendo el movimiento del aire en energía mecánica transformándola en electricidad mediante aerogeneradores.

La energía solar, por su parte, proviene de la luz solar emitida por el sol.

Puede ser capturada y convertida en electricidad mediante células fotovoltaicas, o utilizada directamente para generar calor en sistemas de calefacción solar. Ambas fuentes son esenciales en el panorama de las energías renovables.

Investigación sobre un sistema generador de electricidad mediante el uso de fuentes sostenibles, en particular la energía eólica y solar.

- a) La rapidez del viento.
- b) Elección de la categoría del generador eólico (kW).
- c) Energía proveniente del sol.
- d) Determinación de la capacidad del generador eólico (kW).
- e) Capacidad y medidas de los paneles fotovoltaicos.
- f) Dispositivos de control (A).
- g) Almacenamiento de energía en baterías (Ah).
- h) Dispositivos que convierten la corriente continua en alterna (P).
- i) Componentes de seguridad y resguardo.

**Variable**

**dependiente:**

Energía eléctrica

**La electricidad** se genera cuando hay una disparidad de potencial entre dos puntos, lo que posibilita la creación de una corriente eléctrica al conectarlos mediante un conductor. Esta corriente eléctrica puede utilizarse para realizar trabajos específicos.

Determinar la energía diaria estimada y la demanda máxima proyectada.

- a) Energía promedio diaria. (W.h).
- b) Tensión de suministro (V).
- c) Potencia (W).

### **3.5. Métodos y técnicas de investigación.**

#### **Método:**

En este estudio, seguimos un enfoque deductivo que se apoya en las teorías como en leyes y regulaciones establecidas por el Ministerio que rige Energía y Minas. Este método nos permite llevar a cabo un análisis y ordenado al aplicar los principios y normativas existentes en el ámbito de la energía renovable. Al utilizar esta perspectiva, podemos realizar cálculos precisos y seleccionar los equipos necesarios para llevar a cabo eficientemente este proyecto. Nos respaldamos en la sólida base teórica proporcionada por las leyes y regulaciones gubernamentales para asegurar que nuestras decisiones estén respaldadas por un marco normativo coherente y sólido. Esto nos capacita para abordar de manera efectiva los desafíos técnicos y logísticos, garantizando así la viabilidad y el éxito de la introducción de fuentes suministradoras de energía renovable en la sociedad ecológica de Majanumia.

#### **Técnica:**

##### **a) Observación directa.**

Se trata de una metodología que implica una cuidadosa observación de un fenómeno, evento o situación, ya sea en el ámbito social, económico u otro, junto con sus diversas necesidades. Posteriormente, esta información se registra para un análisis más detenido. A través de esta técnica, se recopilará información sobre las problemáticas existentes en la comunidad.

##### **b) Análisis documental.**

Se empleará esta metodología para documentar la información proveniente de diversas fuentes bibliográficas acerca de sistemas de producción de electricidad mediante energías renovables, abarcando tanto la eólica como la solar.

##### **c) La Entrevista.**

El propósito de esta entrevista es recolectar información pertinente sobre un tema particular mediante las respuestas verbales ofrecidas por el participante. En este caso, el objetivo es adquirir información detallada sobre las estimaciones de las demandas de energía eléctrica para cada hogar en caso de suministro de electricidad.

### **3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.**

En la elaboración de la presente tesis, se emplearon los siguientes instrumentos:

- a) En la técnica de la observación:** Se empleó un cuaderno de apuntes como herramienta fundamental. Este cuaderno se convertirá en un registro donde se registraran observaciones detalladas sobre cada aspecto relevante de la sociedad, desde el número de viviendas y sus características hasta las diferentes cargas eléctricas que cada una

requería. Además de servir como un archivo organizado de datos, el cuaderno de apuntes también facilitará la identificación de patrones y tendencias en el consumo de energía, lo que resultó crucial para la planificación y diseño efectivo del sistema energético renovable para la sociedad.

- b) En la técnica del análisis documental:** Se llevaron a cabo investigaciones en una variedad de fuentes bibliográficas. Estas incluyeron libros especializados, revistas científicas y tesis académicas, que proporcionaron una amplia gama de información sobre los principios fundamentales, los últimos avances tecnológicos y las mejores prácticas en el ámbito de energías limpias y renovables. Exploramos textos que abordaban desde los fundamentos teóricos de la conversión de energía hasta los métodos prácticos de diseño e implementación de sistemas renovables.
- c) En la técnica de la entrevista:** Se emplearán un cuaderno de apuntes y un lápiz. Estos instrumentos serán herramientas esenciales para registrar de manera sistemática y organizada todos los detalles sobre las cargas eléctricas presentes en la sociedad. Cada carga eléctrica será descrita, incluyendo su tipo, potencia, horarios de funcionamiento y cualquier otra información relevante. La recopilación de estos datos será fundamental para llevar a cabo cálculos precisos sobre la demanda de energía eléctrica en la comunidad. Además, este registro detallado permitirá identificar patrones de consumo, evaluar la eficiencia energética y diseñar un sistema eléctrico renovable que satisfaga de manera eficiente todas las necesidades de los residentes de la sociedad.

### **3.7. Análisis estadístico e interpretación de datos.**

Después de completar la recopilación de datos sobre la población, el número de hogares y las cargas especiales, así como calcular la demanda promedio de electricidad para cada vivienda, se procederá a realizar una evaluación de las fuentes de energía sostenible y renovable disponibles, centrándose principalmente en la energía eólica y solar fotovoltaica. Esta evaluación analizará factores como la disponibilidad de recursos naturales, la viabilidad técnica y económica, así como los impactos ambientales asociados con cada tipo de energía. En función de los análisis realizados, se tomará una decisión fundamentada sobre el tipo de sistema de generación eléctrica que se ajuste de manera óptima a las necesidades de la comunidad. Una vez seleccionado el tipo de sistema de generación eléctrica, se procederá con el dimensionamiento de la red de distribución secundaria para garantizar una distribución eficiente y confiable de la energía a todos los hogares. Este proceso implicará determinar la capacidad y la disposición óptima de los cables, transformadores y otros equipos necesarios para llevar la electricidad desde las fuentes de generación hasta los puntos de consumo.

Finalmente, se elaborarán los planos detallados utilizando el software AUTOCAD, que proporcionará una representación visual precisa de toda la infraestructura eléctrica, incluyendo la disposición de los paneles solares, aerogeneradores, cables y otros componentes del sistema. Estos planos servirán como guía para la estructuración y utilización de la red eléctrica renovable en la comunidad.

Para llevar a cabo este procedimiento de manera efectiva, se empleará la estadística descriptiva como herramienta de análisis. Específicamente, para evaluar la velocidad del viento y otros datos relevantes, se utilizará la distribución de Weibull, una técnica estadística adecuada para modelar la distribución de la velocidad con la que va el viento y pronosticar su modo de actuar en la ubicación específica del proyecto.

## CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Descripción del sistema propuesto

Esta investigación se dirige hacia una evaluación de las fuentes de energía renovable: eólica, solar, o una combinación híbrida de ambas. Este análisis diseñado específicamente para atender los desafíos energéticos actuales de la sociedad ecológica Majanumia, busca mejorar el suministro eléctrico y optimizar la calidad de vida brindando comodidades sus habitantes. Se llevará a cabo un análisis que tomará en cuenta variables fundamentales como la disponibilidad de energía solar local, la velocidad con la que sopla el viento en el área, y los patrones del consumo energético que realizan los habitantes. Estos datos se examinarán para determinar la viabilidad y eficacia de cada fuente de energía renovable, incluyendo la posibilidad de implementar un sistema híbrido.

El objetivo principal de este análisis es identificar la solución más adecuada y eficiente para cumplir las expectativas energéticas a largo plazo de la sociedad Majanumia. Se busca garantizar un suministro eléctrico confiable y sostenible, así como mejorar la calidad de vida de los residentes mediante el acceso a una energía limpia y renovable.

Al considerar las características específicas del entorno local y la rutina normal de uso de energía de la sociedad, se elaborará un plan energético completo que aproveche al máximo los recursos renovables disponibles y promueva el desarrollo sostenible en la región. Este enfoque integral asegurará que la sociedad esté preparada para afrontar los desafíos energéticos venideros y prosperar en armonía con su entorno.

Los materiales que se considerarán para la investigación de las energías renovables son los siguientes:

**Aerogenerador.** Aerogeneradores ENAIR 70 PRO, destacado por su capacidad para convertir la energía eólica en electricidad de forma eficiente. Con una elevación de dieciocho metros y una potencia de 5,5 kW, este aerogenerador puede generar una cantidad significativa de energía eléctrica. Su diseño compacto y eficiente, junto con su capacidad para operar en diversas condiciones de viento, lo convierten en una opción atractiva para Majanumia. La instalación de este aerogenerador presenta una oportunidad emocionante para reducir la utilización de suministros energéticos no renovables, reducir la expulsión de gases que produce el efecto invernadero y promover un futuro más sostenible y autosuficiente para la comunidad.

**Generador fotovoltaico.** La implementación de un generador fotovoltaico utilizando paneles solares de la marca YINKO Solar. Estos paneles serán instalados en una ubicación estratégica dentro de la comunidad, cuidadosamente seleccionada para optimizar la captación de la

energía solar disponible. Además, se implementarán señalizaciones específicas alrededor de esta área para mejorar la seguridad y reducir cualquier riesgo potencial asociado con la instalación solar, cada panel solar tendrá una capacidad de potencia de 330 Wp, lo que garantizará que se satisfagan las necesidades energéticas de la sociedad de manera efectiva y sostenible.

**Regulador de Carga.** Se instalarán 2 reguladores de carga Must Solar MPPT LCD, fundamentales para optimizar el flujo de energía solar hacia las baterías con eficacia. Con una capacidad de 80 A y una versatilidad que permite adaptarse a tensiones de 12/24/48V, estos dispositivos se ajustarán a las necesidades energéticas específicas del área. Para su protección y fácil acceso, serán instalados en un tablero metálico diseñado especialmente. Esta medida no solo salvaguardará los reguladores de daños potenciales, sino que también facilitará su mantenimiento y supervisión.

**Banco de Baterías.** Está compuesta por 32 unidades de la marca RITAR, cada una con una capacidad de 12 voltios y 260 amperios-hora (Ah), trabajando en un sistema de 48 voltios en corriente continua (DC). Este banco de baterías se dimensionará considerando una autonomía de al menos dos días, lo que garantizará un suministro continuo de energía incluso en condiciones climáticas adversas. La elección de las baterías RITAR se basa en su reputación por ofrecer rendimiento confiable y durabilidad a largo plazo, lo que las hace ideales para aplicaciones de almacenamiento de energía solar.

**El inversor.** Un inversor de onda pura de 1 kW, el cual desempeñará un papel crucial al transformar la corriente eléctrica de continua (DC) a alterna (AC), facilitando así la alimentación de la carga con una tensión de 220 Voltios y una frecuencia de 60 Hertz. Este inversor, al garantizar una conversión eficiente y estable de la energía, asegurará un suministro eléctrico consistente y confiable para todas las aplicaciones y dispositivos conectados al sistema. Su capacidad de generar una onda sinusoidal pura contribuirá a mantener la integridad y el funcionamiento óptimo de los equipos electrónicos, garantizando un rendimiento de alto nivel y una vida útil prolongada.

**Red de Distribución en 220Voltios.** Dado el potencial disponible de radiación solar, la viabilidad de implementar un sistema eléctrico impulsado por paneles solares fotovoltaicos en Majanumia. Sin embargo, la extensión de este sistema para cubrir todas las viviendas plantea la necesidad imperiosa de diseñar una red de distribución secundaria de 220V, ya que implica la creación de una infraestructura eléctrica sólida y confiable que pueda satisfacer las demandas energéticas de toda la sociedad de manera efectiva.

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

### 5.1. Población actual y proyectada en la sociedad ecológica Majanumia

La sociedad ecológica Majanumia, localizada en la provincia de Jaén, se compone de 20 parcelas, las cuales albergan 18 viviendas, una casa comunal y una escuela. Se estima que, en promedio, habrá cuatro personas por hogar. Para determinar la cantidad precisa de energía requerida para abastecer las necesidades de esta sociedad, es importante proyectar su población a lo largo de los próximos 20 años. Este aproximado de tiempo coincide con la vida útil estimada de los aerogeneradores y paneles solares, la importante de este cálculo para una planificación energética efectiva y sostenible a largo plazo.

Por consiguiente, resulta crítico establecer la tasa de crecimiento poblacional, ya que proporcionará una visión clara de cómo evolucionará la exigencia de energía en el tiempos futuros. Esta proyección de la población tomará en consideración no solo el crecimiento demográfico previsto, sino también otros factores significativos como las tendencias migratorias y las políticas de desarrollo urbano, se generará una Cuadro que contendrá información detallada sobre la población actual y proyectada, así como la tasa de crecimiento anual anticipada. Esta recopilación de datos permitirá estimar con precisión las necesidades energéticas futuras de la sociedad ecológica Majanumia, facilitando así la planificación y el adecuado dimensionamiento de los recursos energéticos renovables requeridos para satisfacer estas demandas en el largo plazo.

| DEPARTAMENTOS | 1995-2000 | 2000-2005 | 2005-2010 | 2010-2015 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PERU          | 1.7       | 1.6       | 1.5       | 1.3       |
| COSTA         |           |           |           |           |
| Callao        | 2.6       | 2.3       | 2.1       | 1.8       |
| Ica           | 1.7       | 1.5       | 1.3       | 1.2       |
| La Libertad   | 1.8       | 1.7       | 1.5       | 1.3       |
| Lambayeque    | 2.0       | 1.9       | 1.7       | 1.5       |
| Lima          | 1.9       | 1.7       | 1.5       | 1.3       |
| Moquegua      | 1.7       | 1.6       | 1.4       | 1.3       |
| Piura         | 1.3       | 1.2       | 1.1       | 0.9       |
| Tacna         | 3.0       | 2.7       | 2.4       | 2.1       |
| Tumbes        | 2.8       | 2.6       | 2.3       | 2.0       |
| SIERRA        |           |           |           |           |
| Ancash        | 1.0       | 0.9       | 0.8       | 0.7       |
| Apurímac      | 0.9       | 1.0       | 1.0       | 1.0       |
| Arequipa      | 1.8       | 1.7       | 1.5       | 1.3       |
| Ayacucho      | 0.1       | 0.3       | 0.4       | 0.4       |
| Cajamarca     | 1.2       | 1.2       | 1.1       | 0.9       |
| Cusco         | 1.2       | 1.2       | 1.1       | 1.0       |
| Huancavelica  | 0.9       | 1.0       | 0.9       | 0.9       |
| Huánuco       | 2.0       | 1.8       | 1.7       | 1.6       |
| Junín         | 1.2       | 1.2       | 1.0       | 0.9       |
| Pasco         | 0.4       | 0.6       | 0.5       | 0.4       |
| Puno          | 1.2       | 1.2       | 1.1       | 1.0       |
| SELVA         |           |           |           |           |
| Amazonas      | 1.9       | 1.8       | 1.7       | 1.5       |
| Loreto        | 2.5       | 2.2       | 2.0       | 1.9       |
| Madre de Dios | 3.3       | 2.9       | 2.6       | 2.3       |
| San Martín    | 3.7       | 3.3       | 2.9       | 2.6       |
| Ucayali       | 3.7       | 3.3       | 2.9       | 2.5       |

**Imagen No28:** Tasa de crecimiento poblacional por departamento.<sup>47</sup>

Dada la vida útil discutida anteriormente para los aerogeneradores y paneles fotovoltaicos, es necesario proyectar el consumo de electricidad a lo largo de esos años. Para este propósito, nos basamos en la tasa de crecimiento poblacional del departamento de Cajamarca, la cual se presentará en detalle en la siguiente Cuadro.

**Cuadro No8:** tasa de crecimiento poblacional departamento de Cajamarca

| Departamento | 1995 – 2000 | 2000 - 2005 | 2005 – 2010 | 2010 – 2015 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Cajamarca    | 1.2         | 1.2         | 1.1         | 0.9         |

Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos de INEI.

El promedio de la tasa de crecimiento que tomaré en cuenta para calcular nuestro consumo en los próximos 20 años es del 1.1%. Para determinar la población proyectada, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$p_n = p_0(1 + i)^{20}$$
$$p_{20} = 72(1 + 0.011)^{20}$$
$$p_{20} = 24 \text{ Viviendas}$$

Donde:

La población actual se denota como P<sub>0</sub>, mientras que P<sub>n</sub> representa la población proyectada durante el período deseado de años. La variable “i” representa la tasa de crecimiento poblacional, y “n” indica el número de años proyectados. Para obtener una estimación de la población a 20 años con una tasa de crecimiento del 1.1%, el cálculo se realiza de la siguiente manera:

## 5.2. Demanda de energía eléctrica.

### 5.2.1. Alumbrado público.

El cálculo del número de puntos de iluminación (PI) sigue las pautas establecidas por la norma DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales", la cual examinaremos en detalle. Esto nos permitirá determinar el consumo mensual de energía para el alumbrado público

$$CMAP = KxKALPxUN$$

Donde:

---

<sup>47</sup> Crecimiento poblacional por departamento, Recuperado de: [http://ww3.inei.gob.pe/media/MenRecursivo/publicaciones\\_digital/Est/Lib0015/cap-52.htm.sSS](http://ww3.inei.gob.pe/media/MenRecursivo/publicaciones_digital/Est/Lib0015/cap-52.htm.sSS)

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kw.h

UN: Número de usuarios de la localidad.

KALP: Factor de AP en KW-h / usuario – mes.

K: 1

El factor KALP corresponde al sector típico 4 zona rural urbano:  $KALP = 7.4CMAP =$

$$1x7.4x18$$

$$CMAP = 133.2KW. h$$

Cantidad de puntos de alimentación

$$PI = \frac{CAMPx1000}{NHMAPxPPL}$$

Donde:

PI: Puntos de Iluminación.

CMAP: Consumo mensual de energía de alumbrado público en kW.h.

PPL: Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en W.

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes).

El número de horas diarias de alumbrado público considerado debe estar comprendido entre 8 y 12 horas; mayormente 12 horas. ( $NHMAP = 12 \times 30 = 360$ )

$$PI = \frac{133.2x1000}{360x60}$$

$$PI \cong 6$$

Así que emplearemos 6 luminarias con una potencia de 70 W cada una; en consecuencia, la energía necesaria para la iluminación pública durante 12 horas de uso es:

$$E_{AP} = (0.42kw)x(12 h) = 5.040 kw. h$$

### 5.2.2. Consumo de energía eléctrica promedio.

Para determinar el consumo eléctrico en los hogares de la comunidad, se están evaluando las demandas específicas de las viviendas comunes. Además, se realizará un análisis detallado que incluirá el colegio, el centro comunitario y la electrificación del parque en esa zona particular.

A continuación, se examinarán estos aspectos junto con sus respectivas Cuadros.

**Cuadro No9:** uso de las lámparas en una vivienda

| <b>Primer piso</b>   |                       |          |                   |                              |                    |
|----------------------|-----------------------|----------|-------------------|------------------------------|--------------------|
| Ambiente             | Potencia unitaria (w) | Cantidad | Horas diarias (h) | Consumo diario promedio (Wh) | Potencia total (W) |
| Cocina               | 10                    | 1        | 2                 | 20                           | 10                 |
| Comedor              | 6                     | 1        | 2                 | 12                           | 6                  |
| Sala                 | 7                     | 1        | 1                 | 7                            | 7                  |
| Baño                 | 6                     | 1        | 0.5               | 3                            | 6                  |
| Pasadizo             | 6                     | 1        | 1                 | 6                            | 6                  |
| Hall entrada         | 6                     | 1        | 0.3               | 1.8                          | 6                  |
| Zona de hamacas      | 7                     | 1        | 0.3               | 2.1                          | 7                  |
| <b>Segundo piso</b>  |                       |          |                   |                              |                    |
| Dormitorio principal | 7                     | 1        | 2                 | 14                           | 7                  |
| Dormitorio 1 y 2     | 6                     | 2        | 1                 | 12                           | 12                 |
| Baño 1               | 5                     | 1        | 0.5               | 2.5                          | 5                  |
| Baño 2               | 6                     | 1        | 0.5               | 3                            | 6                  |
| Llegada escaleras    | 6                     | 1        | 1                 | 6                            | 6                  |
| Terraza              | 7                     | 1        | 1.5               | 10.5                         | 7                  |
| Zona de hamacas      | 5                     | 1        | 1                 | 5                            | 5                  |
| total                |                       |          |                   | <b>104.9</b>                 | <b>96</b>          |

Fuente: Elaboración del propio autor.

**Cuadro No10:** uso promedio de energía eléctrica diaria en una vivienda

| Consumo promedio de energía eléctrica diaria en una vivienda. |                       |          |                   |                               |                    |
|---|-----------------------|----------|-------------------|-------------------------------|--------------------|
| Carga   | Potencia unitaria (w) | Cantidad | Horas diarias (h) | Consumo diario promedio (w.h) | Potencia total (w) |
| Televisor   | 65                    | 1        | 3                 | 195                           | 65                 |
| Dvd   | 10                    | 1        | 2                 | 20                            | 10                 |
| Radio   | 12                    | 1        | 4                 | 48                            | 12                 |
| Equipo de sonido  | 80                    | 1        | 2                 | 160                           | 80                 |
| Cargador de celular   | 5                     | 3        | 2                 | 30                            | 15                 |
| Total   |                       |          |                   | <b>453</b>                    | <b>182</b>         |

Fuente: Elaboración del propio autor.

**Cuadro No12:** uso promedio de energía eléctrica en un local comunal

| Carga               | Potencia unitaria (w) | Cantidad | Horas diarias (h) | Consumo diario promedio (w.h) | Potencia total (w) |
|---------------------|-----------------------|----------|-------------------|-------------------------------|--------------------|
| Lampara             | 12                    | 4        | 2                 | 96                            | 48                 |
| Equipo de sonido    | 80                    | 1        | 2                 | 160                           | 80                 |
| Cargador de celular | 5                     | 3        | 2                 | 30                            | 15                 |
| Total               |                       |          |                   | <b>286</b>                    | <b>143</b>         |

**Cuadro No13:** uso promedio de energía eléctrica en el parque

| Carga             | Potencia unitaria (w) | Cantidad | Horas diarias (h) | Consumo diario promedio (w.h) | Potencia total (w) |
|-------------------|-----------------------|----------|-------------------|-------------------------------|--------------------|
| Lampara de parque | 32                    | 12       | 12                | <b>4608</b>                   | <b>384</b>         |

Fuente: Elaboración del propio autor.

### 5.2.3. Consumo total de energía eléctrica en la sociedad ecológica Majanumia.

Al anticipar la energía eléctrica total requerida para atender las necesidades de la sociedad ecológica Majanumia a lo largo de las próximas 20 años, se ha adoptado un enfoque holístico y prospectivo. Esto implica una evaluación tanto de las demandas energéticas actuales como de las previstas para el futuro, considerando el desarrollo planificado y la expansión de la sociedad durante este extenso período de tiempo.

Dentro de este marco, se ha visto la asignación completa de energía para una variedad de propósitos, abarcando desde la iluminación pública hasta todas las áreas proyectadas. Estas áreas comprenden una diversidad de infraestructuras, que incluyen no solo residencias convencionales, sino también una escuela, un centro comunitario y un parque. Estas instalaciones son esenciales para la vida diaria y el bienestar de los habitantes de la sociedad.

Se prevé que la sociedad ecológica Majanumia albergará un total de 24 hogares, una institución educativa que servirá como centro de enseñanza para los residentes, un espacio comunitario destinado a reuniones y actividades sociales, y un parque que ofrecerá áreas verdes y espacios recreativos para el disfrute de todos.

### 5.3. Evaluación y dimensionamiento de la energía solar.

**Cuadro No14:** uso total en la sociedad ecológica Majanumia

| Carga             | Cantidad | Consumo diario promedio (wh) | Potencia total (w) |
|-------------------|----------|------------------------------|--------------------|
| Viviendas         | 24       | 13389.6                      | 6672               |
| Escuela           | 1        | 669                          | 231                |
| Local comunal     | 1        | 286                          | 143                |
| Alumbrado público | 6        | 5040                         | 420                |
| Alumbrado parque  | 12       | 4608                         | 384                |
| <b>Total</b>      |          | <b>23992,6</b>               | <b>7850</b>        |

Fuente: Elaboración del propio autor.

### 5.3.1. Evaluación de la energía solar disponible.

Para lograr una evaluación más precisa de la radiación solar en la sociedad ecológica Majanumia, se han considerado las siguientes fuentes

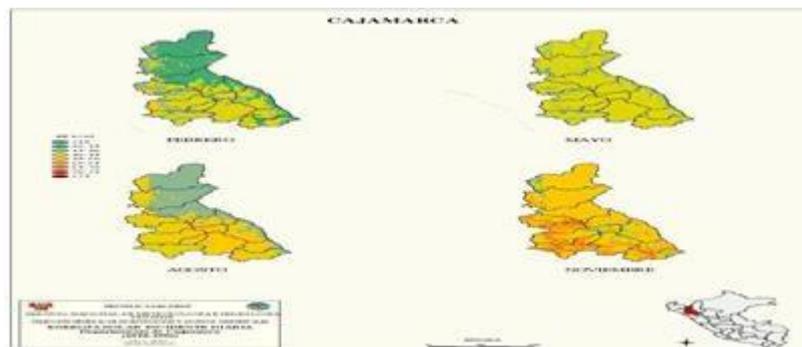
#### Atlas de energía solar del Perú.

A partir del análisis realizado, podemos ver tanto los picos máximos como los mínimos de radiación solar en la región de Cajamarca. Se ha constatado que los niveles de radiación solar menos favorables o más reducidos se presentan durante los meses de febrero, oscilando en un rango que va desde los 4.0 kWh/m<sup>2</sup>/día hasta los 4.5 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Esto resalta la importancia de considerar estos meses con menor radiación solar al desarrollar y dimensionar sistemas de energía solar. Estos periodos son críticos en términos de generación de energía y deben ser abordados con especial atención durante la planificación.

Con el fin de garantizar un enfoque sólido en el diseño del sistema, se ha establecido un valor promedio conservador de 4.25 kWh/m<sup>2</sup>/día para representar la radiación solar durante estos meses menos favorables. Esta medida cautelosa asegura que el sistema fotovoltaico esté dimensionado adecuadamente, incluso durante los periodos de menor irradiación solar.

Al considerar este valor promedio conservador, se puede estar seguro de que el sistema tendrá la capacidad necesaria para satisfacer las demandas energéticas de la sociedad de Cajamarca en todo momento, incluso cuando las condiciones climáticas sean menos favorables.



**Imagen No29:** Radiación solar en el departamento de Cajamarca.<sup>48</sup>

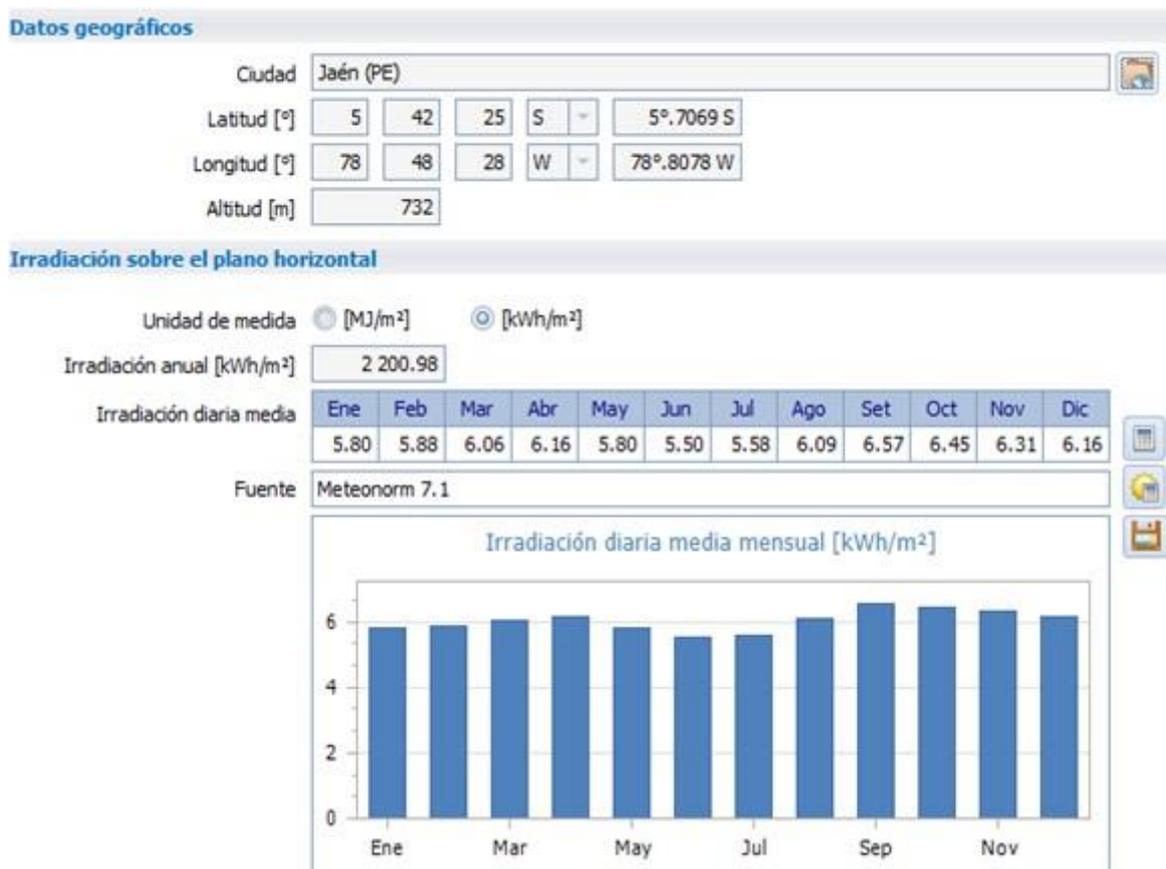
#### Software SOLARIUS PLUS.

A través del software Solarius Plus, se ha realizado un análisis de los datos recopilados, presentados detalladamente en la Cuadro No15. Estos datos revelan la disponibilidad de radiación solar: durante el mes de junio, se registra el nivel más bajo de radiación solar, con un promedio de 5.50 kWh/m<sup>2</sup>/día.

<sup>48</sup> Mapa de radiación solar de Cajamarca, <https://deltavolt.pe/phocdownload/Cajamarca.jpeg>.

La identificación de junio como el mes con la menor radiación solar destaca la importancia de considerar estrategias adicionales para asegurar un suministro continuo y fiable de energía durante este período crítico.

Al reconocer este punto crítico en la disponibilidad de radiación solar, se pueden tomar medidas proactivas para mitigar su impacto en el rendimiento del sistema fotovoltaico. Estas acciones podrían implicar ajustes en la orientación y el ángulo de las células solares, la implementación de tecnologías de almacenamiento de energía o la adopción de prácticas de eficiencia energética en la sociedad.



**Cuadro No15:** Radiación solar de Jaén con el software Solarius Plus.<sup>49</sup>

**Administración Nacional de Aeronáutica y Del Espacio (NASA abreviatura en ingles).**

Como parte de la planificación detallada para el sistema fotovoltaico en la sociedad ecológica Majanumia, se han utilizado datos proporcionados por la NASA a través de su herramienta POWER Data Access Viewer. Estos datos, específicamente adaptados para la ubicación de Majanumia, ofrecen una visión detallada de la irradiación solar en una superficie horizontal a lo largo del año.

<sup>49</sup> Software .SOLARIUSPLUS.

Después de un análisis de estos datos, se han calculado los promedios mensuales de irradiación solar para cada mes del año este proceso permite entender mejor las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad de energía solar y determinar los meses más desafiantes en términos de generación de energía.

La Cuadro basada en los datos de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio, destaca que febrero es el mes más crítico en cuanto a irradiación solar, con un promedio de 3.93 kWh/m<sup>2</sup>/día., Además, se ha calculado un promedio de los meses más críticos de acuerdo con tres fuentes de información diferentes, lo que ha arrojado un valor medio de irradiación solar de 4.85 kWh/m<sup>2</sup>/día. Este promedio se utilizará como punto de referencia crucial en los cálculos para dimensionar adecuadamente la instalación fotovoltaica.

**Cuadro No16:** irradiación de un plano horizontal

| Mes            | Irradiación global horizontal<br>kwh/m2/día | Temperatura (c°) |
|----------------|---|------------------|
| Enero          | 4.16  | 27.4             |
| <b>Febrero</b> | <b>3.93</b>                                 | <b>27.4</b>      |
| Marzo          | 4.25  | 27.9             |
| Abril          | 4.24  | 27.8             |
| Mayo           | 4.31  | 26.9             |
| Junio          | 4.22  | 26.4             |
| Julio          | 4.31  | 26.1             |
| Agosto         | 4.62  | 27.5             |
| Septiembre     | 4.95  | 26.9             |
| Octubre        | 4.49  | 27.3             |
| Noviembre      | 5.15  | 27.3             |
| Diciembre      | 4.63  | 27.2             |

Fuente: Datos de la NASA.

### 5.3.2. Dimensionamiento de la planta fotovoltaica.

Con base en la información recabada de diversas fuentes para la obtención de la radiación solar, se ha calculado un promedio considerando el mes más desafiante entre todas las fuentes consultadas, que corresponde a febrero con una radiación de 4.85 kw.h/m2

#### 5.3.2.1. Estimación de la energía máxima del sistema.

En una fase inicial, resulta crucial comprender el consumo de energía en la sociedad, habiéndose detallado previamente el consumo máximo en la sección **Se utiliza la siguiente ecuación.**

$$E_{m\acute{a}x} = \sum \text{ todos los consumos}$$

$$E_{M\acute{a}x} = 23992.6 \text{ Wh/dia}$$

### 5.3.2.2. Estimaci3n del consumo m\acute{a}ximo de la corriente.

La cantidad de energ\ia utilizada depender\ de la tensi3n empleada; a medida que la tensi3n aumenta, la corriente tiene a bajar, pero, en sentido contrario, se requiere un mayor n\mero de bater\as. En primer lugar, calculamos la corriente m\acute{a}xima del sistema, la cual est\ determinada por la potencia m\acute{a}xima y la tensi3n del banco de bater\as.

$$I_{instalacion\ max} = \frac{E_{max}}{V_{bat}}$$

$$I_{instalacion\ max} = \frac{23992.6}{48}$$

$$I_{instalacion\ max} = 499.85 \text{ Ah/d\ia}$$

A este valor que se ha calculado hay que aumentarlo para mantener aceptable el consumo de la instalaci3n generadora, pero primero se encontrar\ las p\rdidas del sistema.

$$K_T = [1 - (K_B + K_R + K_X)] * [1 - \frac{(K_A * D_{aut})}{P_d}]$$

DONDE:

$K_A$  = perdida debido a la autodescarga diaria de la bateria = 0.005

$K_B$  = perdidas debido al rendimiento de la bateria = 0.05

$K_R$  = perdidas del regulador = 0.1

$K_X$  = otras perdidas = 0.1

$D_{aut}$  = dias de autonomia = 2

$P_d$  = profundidad de descarga de la bateria = 0.7

$$K_T = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1)] * [1 - \frac{(0.005 * 2)}{0.6}]$$

$$K_T = 0.74$$

Ahora obteniendo este valor ya se podr\ encontrar el consumo m\acute{a}ximo de la corriente.

$$C_{m\acute{a}x\ I} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{K_T}$$

$$C_{m\acute{a}x\ I} = \frac{499.85}{0.74}$$

$$C_{m\acute{a}x\ I} = 675.47 \text{ Ah/d\ia}$$

### 5.3.2.3. Energía Máxima.

La máxima cantidad de energía requerida se calculará dividiendo la demanda máxima entre el factor de pérdidas, obteniendo así el siguiente resultado.

$$E_{M\acute{a}x} = \frac{23992.6}{0.74}$$

$$E_{M\acute{a}x} = 32422.43 \text{ Wh/dia}$$

### 5.3.2.4. Estimación de paneles solares.

Una vez calculada la corriente que consumirá la instalación y considerando las características del panel fotovoltaico, será posible determinar el número de módulos fotovoltaicos necesarios

#### Cuadro No 17: Selección del panel solar

| Selección de paneles solares |               |                     |
|------------------------------|---------------|---------------------|
| Marca                        | Potencia (Wp) | Costo unitario (s/) |
| AE SOLAR                     | 330           | 1200                |
| <b>JINKO</b>                 | <b>330</b>    | <b>907.43</b>       |
| YI SOLAR                     | 300           | 828                 |
| PAIMAR ITALIAN               | 330           | 871.44              |
| RENE PV                      | 270           | 830                 |
| ERA SOLAR                    | 320           | 917                 |

Fuente: Elaboración del propio autor.

Usaremos el Panel: POLICRISTALINO JINKO 330 Wp/24V

Se hará uso de las coordenadas de donde se ubicará nuestro proyecto.

- Latitud: - 5.68840219.
- Longitud: - 78.82440888.

#### 5.3.2.4.1. Estimación del ángulo óptimo de inclinación.

Utilizaremos para esta estimación el método de la Inclinación óptima anual.<sup>50</sup>

$$\beta_{\acute{o}ptimo} = 3.7 + (0.69 \times |\phi|)$$

Donde

$\beta_{\acute{o}ptimo}$ : Angulo Optimo de inclinación.

$\Phi$ : Latitud del lugar = - 5.6884

$$\beta_{\acute{o}ptimo} = 3.7 + (0.69 \times |-5.6884|)$$

$$\beta_{\acute{o}ptimo} = 7.6$$

<sup>50</sup> Angulo óptimo de inclinación, Recuperado de:  
<http://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/09/inclinacion-optima-de-placas-fotovoltaicas/>.

De acuerdo con el principio técnico de evitar la acumulación de polvo y suciedad, así como prevenir la retención de agua, se recomienda utilizar un ángulo dentro del rango de 10 a 15 grados. Con el fin de optimizar nuestro sistema y seleccionar el valor más adecuado, hemos elegido un ángulo de 10 grados.

#### **5.3.2.4.2. Radiación y horas solares pico.**

Antes de poder calcular la potencia pico y determinar la cantidad adecuada de paneles solares necesarios para el proyecto en la sociedad ecológica Majanumia, es esencial realizar una serie de cálculos para determinar la radiación solar incidente en la zona.

Este proceso implica la consideración de varios factores, incluyendo la declinación solar, el ángulo de salida del sol, el factor de excentricidad y otros parámetros relacionados. Estos valores son fundamentales para obtener una comprensión precisa de la radiación solar total, que se compone de la radiación directa, difusa y reflejada (albedo).

La declinación solar, por ejemplo, es un factor clave que describe la inclinación del eje de rotación de la Tierra y su relación con el plano de la órbita terrestre alrededor del sol. Este parámetro varía a lo largo del año y afecta la cantidad de radiación solar recibida en una ubicación específica en la superficie terrestre.

Además, el ángulo de salida del sol y el factor de excentricidad son otros elementos cruciales que influyen en la cantidad y distribución de la radiación solar incidente. Estos factores, junto con otros datos climáticos locales, se utilizan para calcular la potencia pico, que representa la máxima potencia generada por un panel solar bajo condiciones óptimas.

Una vez que se haya calculado la potencia pico, se podrá determinar el número necesario de paneles solares para satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad Majanumia. Este proceso garantizará que el sistema fotovoltaico diseñado sea capaz de capturar y aprovechar eficientemente la energía solar disponible en la zona, proporcionando así un suministro de energía confiable y sostenible para los residentes (Chavez, 2019)

#### **Declinación solar. ( $\delta$ )**

$$\delta = 23.45 \text{ sen}\left(360 \times \frac{284 + Dn}{365}\right)$$

Hacemos uso de la información correspondiente al mes más desfavorable, específicamente la mitad de ese mes; en este caso, nos referimos al mes de febrero.

| Datos de la $\Sigma$ hasta el mes más crítico (Dn) |         |
|--|---------|
| Enero  | Febrero |
| 31   | 14      |
| $Dn = 45$  |         |

$$\delta = 23.45 \operatorname{sen}\left(360 \times \frac{284 + 45}{365}\right)$$

$$\delta = -13.62$$

**Ángulo de salida del sol (Ws).**

$$Ws = -\operatorname{arcos}(-\operatorname{tg}(\delta) \cdot \operatorname{tg}(\emptyset))$$

Donde:  $\delta = -13.62$        $\emptyset = -5.6884$

$$Ws = -\operatorname{arcos}(-\operatorname{tg}(-13.62) \cdot \operatorname{tg}(-5.6884))$$

$$Ws = -91.38$$

**Ángulo de salida del sol sobre un plano inclinado (Wss).**

$$Wss = \max\{Ws, -\operatorname{arcos}(-\operatorname{tg}(\delta) \cdot \operatorname{tg}(\emptyset - \beta))\}$$

Donde:  $\delta = -13.62^\circ$        $\emptyset = -5.6884^\circ$        $Ws = -91.38^\circ$        $\beta = 10^\circ$

$$Wss = \max\{-91.38^\circ, -\operatorname{arcos}(-\operatorname{tg}(-13.62^\circ) \cdot \operatorname{tg}(-5.6884^\circ - 10^\circ))\}$$

$$Wss = \max\{-91.38^\circ, -93.9^\circ\}$$

$$Wss = -91.38^\circ$$

**Factor de excentricidad:  $\epsilon$**

$$\epsilon = 1 + 0.033 \cdot \cos\left(2\pi \frac{Dn}{625}\right)$$

$$\epsilon = 1 + 0.033 \cdot \cos\left(2\pi \frac{45}{625}\right)$$

$$\epsilon = 1.03296$$

**Radiación sobre el plano horizontal (Hdm).**

$$Hdm = \left(\frac{T}{\pi}\right) I_0 \cdot \epsilon \cdot \left(-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot (W_{ss} \cdot \text{sen}(\varnothing) \cdot \text{sen}(\delta)) - (\cos(\varnothing) \cdot \cos(\delta) \cdot \text{sen}(W_{ss}))\right)$$

Donde:  $\delta = -13.62^\circ$      $\varnothing = -5.6885^\circ$      $W_s = -91.38^\circ$      $W_{ss} = -91.38^\circ$

$T = 24$      $I_0 = 1367 \text{ Wm}^2$      $\epsilon = 1.03296$

$$Hdm = 10820.8 \text{ Wh/m}^2$$

**Índice de claridad: (Ktm).**

$$Ktm = \frac{Gdm}{Hdm}$$

Donde:  $Gdm = \text{Radiación solar valor mínimo } 4.85 \text{ KWh/m}^2$ .

$$Ktm = \frac{4850}{10820.8}$$

$$Ktm = 0.4$$

**Factor difusa de la radiación (Fdm).**

$$Fdm = 1 - 1.13 (Ktm)$$

$$Fdm = 1 - 1.13 (0.4)$$

$$Fdm = 0.548$$

### Radiación difusa (Ddm).

$$Ddm = Gdm \cdot Fdm$$

$$Ddm = 4850 \cdot 0.548$$

$$Ddm = 2657.8 \text{ wh/m}^2$$

### Radiación que llega al plano inclinado (H).

$$H = GdM - Ddm$$

$$H = 4850 - 2657.8$$

$$H = 2192.2 \text{ Wh/m}^2$$

### Factor de corrección (K)

$$K = \left( \frac{\omega_{ss} \left( \frac{\pi}{180} \right) \sin(\delta) \sin(\phi - \beta) + (\cos(\delta) \cos(\phi - \beta) \sin(\omega_{ss}))}{\omega_s \left( \frac{\pi}{180} \right) \sin(\delta) \sin(\phi) + (\cos(\delta) \cos(\phi) \sin \omega_s)} \right)$$

Donde:  $\delta = -13.62^\circ$      $\phi = -5.6885^\circ$      $\omega_s = -91.38^\circ$      $\beta = 10^\circ$

$\omega_{ss} = -91.38^\circ$

$$= \left( \frac{-91.38 \left( \frac{\pi}{180} \right) \sin(-13.62) \sin(-5.6885 - 10) + (\cos(-13.62) \cos(-5.6885 - 10) \sin(-91.38))}{-91.38 \left( \frac{\pi}{180} \right) \sin(-13.62) \sin(-5.6885) + (\cos(-13.62) \cos(-5.6885) \sin(-91.38))} \right)$$

$$K = \left( \frac{-1.0369}{-1.004} \right)$$

$$K = (1.032)$$

### Radiación directa en el plano inclinado ( $H_{\beta\alpha}$ ).

$$H_{\beta\alpha} = H * K$$

$$H_{\beta\alpha} = 2192.2 * 1.032$$

$$H_{\beta\alpha} = 2264.16 \text{ Wh/m}^2$$

### Radiación difusa sobre el plano inclinado ( $D_{\beta\alpha}$ ).

$$D_{\beta\alpha} = Ddm \left( \frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

$$D_{\beta\alpha} = 2657.8 \left( \frac{1 + \cos(10)}{2} \right)$$

$$D_{\beta\alpha} = 2637.6 \text{ Wh/m}^2$$

### Radiación albedo sobre el plano inclinado ( $AL_{\beta\alpha}$ ).

$$AL_{\beta\alpha} = \frac{\rho Gdm(1 - \cos(\beta))}{2}$$

$$AL_{\beta\alpha} = \frac{0.2 * 4850(1 - \cos(10))}{2}$$

$$AL_{\beta\alpha} = 7.3682 \text{ Wh/m}^2$$

### Radiación total sobre el plano inclinado ( $G_{\beta\alpha}$ ).

$$G_{\beta\alpha} = H_{\beta\alpha} + D_{\beta\alpha} + AL_{\beta\alpha}$$

$$G_{\beta\alpha} = 2264.16 + 2637.6 + 7.3682$$

$$G_{\beta\alpha} = 4909.12 \text{ Wh/m}^2$$

### Horas solar pico (HSP)

$$HSP = \frac{4909.12 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HPS = 4.909 \text{ h}$$

### **Potencia pico (Pp).**

$$Pp = \frac{E_{necesaria}}{HPS}$$

$$Pp = \frac{32422.43}{4.85}$$

$$Pp = 6604.69W$$

### **5.3.2.4.3. Número de paneles. (NP)**

El rendimiento del panel varía en un intervalo que oscila entre el 85% y el 95%. En este contexto, se ha establecido una convención general de rendimiento del 90%, que se expresa numéricamente como 0.9 al multiplicarlo.

$$NP = \frac{Pp}{0.9 (p_{paneles})} S$$

$$NP = \frac{6604.69}{0.9 (330)}$$

$$NP = 22 \text{ Paneles}$$

Donde:

Rendimiento del panel: 90% = 0.9

El número de paneles que requiere la instalación es = 22 paneles. (Ver Anexo N°2)

### **5.3.2.5. Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie.**

$$M_s = \frac{V_{Trabajo}}{V_{Modulo\ Fotovoltaico}}$$

Donde:

Ms: Número de paneles solares conectados en serie.

VTrabajo: Voltaje de Trabajo

VMódulo Fotovoltaico: Voltaje del Módulo Fotovoltaico

$$M_s = \frac{48}{24}$$

$$M_s = 2 \text{ Paneles}$$

### 5.3.2.6. Número de módulos fotovoltaicos conectados en paralelo.

$$M_p = \frac{N_{\text{Paneles}}}{M_s}$$

$$M_p = \frac{22}{2}$$

$$M_p = 11 \text{ Paneles}$$

### 5.3.2.7. Distancia mínima entre filas de los paneles solares fotovoltaicos.

La documentación técnica especifica que la longitud (L) del módulo fotovoltaico es de 1956 mm. Según los cálculos efectuados, se ha determinado que el ángulo óptimo de inclinación de los paneles es de 10°. Además, al considerar la ubicación geográfica de los módulos fotovoltaicos, se ha identificado que la latitud es de -5.6885°.

$$d = \frac{h}{\tan \tan (61 - \text{latitud})}$$

Donde  $h = 1.956 \cdot \sin(10) = 339.6 \text{ mm}$

$$d = \frac{339.656}{\tan \tan (61^\circ - (-5.6885^\circ))}$$

$$d = 146.36 \text{ mm}$$

Así es, según los resultados de los cálculos, se ha determinado que se necesitan 22 paneles solares de la marca Jinko Solar, cada uno con una capacidad de 330 Wp. Estos paneles estarán configurados con 2 de ellos conectados en serie y 11 en paralelo. Además, se ha establecido que la distancia entre los paneles debe ser de 146.35 mm, y se recomienda un ángulo de inclinación de 10° para los paneles.

### 5.3.2.8. Estimación de la capacidad de las baterías (acumulador).

Para realizar el cálculo de la capacidad de la batería, es esencial considerar el consumo máximo durante períodos de baja o nula radiación solar. En este contexto, se tomarán en cuenta tanto los días de autonomía deseados para el suministro como la profundidad de descarga de las baterías.

#### **La cantidad de baterías que deben conectarse en serie. ( $N_{S \text{ bat}}$ )**

$$N_{S \text{ bat}} = \frac{V_T}{V_{\text{bat}}}$$

Donde

$N_{S \text{ bat}}$  : Número de baterías que deben conectarse en serie.

$V_T$  : Tensión del trabajo del sistema fotovoltaico (V)

$V_{bat}$ : Tensión nominal de la batería (V)

$$N_{S\ bat} = \frac{48}{12}$$

$$N_{S\ bat} = 4$$

**La cantidad de baterías que deben conectarse en paralelo. ( $N_{P\ bat}$ )**

$$N_{P\ bat} = \frac{C_T}{C_{bat}}$$

Donde:

$N_{P\ bat}$  = Número de baterías que deben conectarse en paralelo.

$C_T$  = Capacidad total del banco de baterías (Ah)

$C_{bat}$  = Capacidad individual de una batería (Ah)

$$N_{P\ bat} = \frac{1929.9}{260}$$

$$N_{P\ bat} = 8$$

Se utilizará 32 baterías de la marca RITAR con capacidad de 260 Ah. (Ver Anexo No4)

### 5.3.2.9. Estimación y selección del regulador de carga.

Para calcular la corriente que debe soportar el regulador (I campo fotov.), se multiplicará la corriente en cortocircuito de cada módulo por el número de paneles solares conectados en paralelo, y luego por el porcentaje de seguridad, según se indica a continuación.

$$I_{Regulador} = \%Seguridad * N_{PP} * I_{CC}$$

Donde:

Factor de seguridad del 25% = 1.25

$N_{PP}$  : Número de paneles conectados en Paralelo = 11

$I_{CC}$  : corriente en corto circuito = 9.14

$$I_{Regulador} = 1.25 \times 11 \times 9.14$$

$$I_{Regulador} = 125.7\ A$$

Basándonos en este resultado, seleccionamos el tipo de inversor que se utilizará consultando los catálogos disponibles.

También determinamos el número de reguladores necesarios para el sistema, los cuales serán instalados en paralelo.

$$N_{reg} = \frac{I_{regulador}}{I_{reg\ catalago}} = \frac{125.7}{80} = 1.57 \cong 2\ Reguladores$$

- 2 Reguladores MPPT LCD 80A 12/24/48V Must Solar (Ver Anexo N°3)

Regulador N°1: MPPT LCD12/24/48V 80A, Con 6 Paneles en Paralelo

$$I_{Regulador} = \% \text{ De seguridad} \times N_{PP} \times I_{CC}$$

$$I_{Regulador} = 1.25 \times 6 \times 9.14$$

$$I_{Regulador} = 68.55 \text{ A}$$

- Regulador N°2: MPPT LCD12/24/48V 80A, Con 5 Paneles en Paralelo

$$I_{Regulador} = \% \text{ De seguridad} \times N_{PP} \times I_{CC}$$

$$I_{Regulador} = 1.25 \times 5 \times 9.14$$

$$I_{Regulador} = 57.125 \text{ A}$$

### 5.3.2.10. Dimensionamiento del inversor.

Para calcular la potencia requerida del inversor para la instalación fotovoltaica, se utilizará la siguiente fórmula.

$$P_{\text{Entrada del inversor}} = \frac{\text{máxima demandada}}{\text{Rendimeinto del inversor}}$$

$$P_{\text{Entrada del inversor}} = \frac{7850}{0.9}$$

$$P_{\text{Entrada del inversor}} = 8.722 \text{ KW}$$

Se Utilizará un inversor de marca MUST SOLAR de 10 KW (Ver Anexo No5)

### 5.3.2.11. Dimensionamiento de los conductores eléctricos.

En el diseño de los conductores eléctricos, se considerarán las caídas de tensión recomendadas.

**Cuadros No18:** Porcentaje de caída de tensión en un sistema fotovoltaico 56

| Caídas de tensión sistema fotovoltaico. |                          |             |
|---|--------------------------|-------------|
| Subsistema                              | Caídas de Tensión Máximo | Recomendada |
| Panel - Regulador                       | 3%                       | 1%          |
| Regulador - Baterías                    | 1%                       | 0.5%        |
| Baterías – Inversor                     | 1%                       | 1%          |

### Cálculo del conductor eléctrico de los paneles solares fotovoltaicos a los reguladores.

Primero, se realiza el cálculo del tramo desde el regulador de los paneles solares fotovoltaicos hasta el regulador de carga utilizando las siguientes fórmulas:

$$I_{\text{mínima del regulador}} = 1.25 * I_{cc} * N_{PP}$$

$$I_{\text{mínima del regulador}} = 1.25 * 9.14 * 11$$

$$I_{\text{mínima del regulador}} = 125.675 \text{ A}$$

Ahora procederemos a determinar el calibre del conductor en milímetros cuadrados considerando una pérdida de voltaje máxima del 3%, mediante la siguiente fórmula.

$$S_{\text{Conductor}} = \frac{2 * L * I}{56 * \Delta V}$$

Donde:

L = Longitud del tramo (m).

I = Corriente por cada tramo de la instalación (I).

$\Delta V$  = Caída máxima permitida para cada tramo (V).

$$S_{\text{Conductor}} = \frac{2 * L * I}{56 * \Delta V}$$

$$S_{\text{Conductor}} = \frac{2 * 6 * 125.675}{56 * 1.44}$$

$$S_{\text{Conductor}} = 18.70 \text{ mm}^2$$

El conductor seleccionado para estas conexiones es 2 x 1 x 25 mm<sup>2</sup> NYY DUPLEX INDECO (ver Anexo No8)

### **Estimación del conductor eléctrico del banco de baterías al inversor.**

Ahora se calculará la intensidad de corriente para el tramo del banco de baterías al inversor.

$$I_{\text{MÁXcontrolador-inversor}} = 1.25 * \frac{\text{Máxima demanda}}{V_T * \eta_{\text{Inversor}}}$$

$$I_{\text{MÁXcontrolador-inversor}} = 1.25 * \frac{7850}{48 * 0.98}$$

$$I_{\text{MÁXcontrolador-inversor}} = 208.599 \text{ A}$$

Para el seleccionamiento del conductor eléctrico se tomará como caída de tensión máxima el 1% donde se utilizará la siguiente ecuación:

$$S_{\text{Conductor}} = \frac{2 * L * I}{56 * \Delta V}$$

$$S_{\text{Conductor}} = \frac{2 * 3 * 208.599}{56 * 0.48}$$

$$S_{\text{Conductor}} = 46.56 \text{ mm}^2$$

Se utilizará el conductor de la marca INDECO del tipo FREETOX NHX-90 de 50 mm<sup>2</sup> (Ver Anexo No8)

### **5.3.2.12. Fusible de protección.**

Es crucial proteger el sistema solar fotovoltaico contra posibles sobrecargas o cortocircuitos mediante un adecuado dimensionamiento. Se procederá al cálculo del fusible de protección de los paneles solares fotovoltaicos con respecto al regulador.

#### **Estimación del fusible de protección de los paneles solares fotovoltaicos al regulador.**

Para realizar el cálculo de los fusibles de protección, emplearemos la siguiente expresión.

$$I_b \leq I_n \leq 0.9 \times L_{adm}$$

Donde:

$I_b$  = Intensidad de corriente que recorre la línea.

$I_n$  = Intensidad nominal del fusible asignado a la línea.

·  $L_{adm}$  = Intensidad admisible del cable conductor de la línea.

$$125.675 \leq I_n \leq 0.9 \times 170$$

$$125.675 \leq I_n \leq 153$$

Entonces escogeremos un fusible de capacidad 150 A de la marca BUSSMANN PV-150 NH1 (Ver Anexo N°7).

#### **Estimación del fusible de protección del banco de baterías al inversor.**

Para realizar el cálculo de los fusibles de protección, nos basaremos en la siguiente expresión

$$I_b \leq I_n \leq 0.9 \times L_{adm}$$

$$194.89 \leq I_n \leq 0.9 \times 230$$

$$208.599 \leq I_n \leq 207.1$$

En este caso, optaremos por un fusible con una capacidad de 200 A de la marca BUSSMANN PV-200 NH1 (consultar Anexo N°7).

#### **Interruptor termomagnético del inversor.**

Para seleccionar el interruptor termomagnético que protegerá al inversor, es necesario utilizar la siguiente ecuación.

$$I_{M\acute{A}X \text{ Carga}} = \frac{\text{Máxima demanda}}{Vd}$$

$I_{M\acute{A}X \text{ Carga}}$  = Corriente máxima de la carga.

$Vd$  = tensión de distribución del sistema.

$$I_{M\acute{A}X \text{ Carga}} = \frac{7334}{220}$$

$$I_{M\acute{A}X \text{ Carga}} = 33.34 \text{ A}$$

Se empleará un interruptor termomagnético Tornillo de 40 A de la marca Bticino (consultar Anexo No8).

### **Estimación del área de la planta fotovoltaica.**

Para calcular el área donde se instalará la planta fotovoltaica, se han considerado los siguientes factores:

- ✓ Dimensiones del panel fotovoltaico a utilizar: 992 mm.
- ✓ Distancia entre columnas: 100 mm.
- ✓ Espacio destinado para el mantenimiento de cada 2 paneles solares: 500 mm.
- ✓ Distancia entre filas de los paneles fotovoltaicos: 142 mm.

En el caso de las baterías, los reguladores y el inversor, se habilitará un espacio apropiado que brinde protección contra las lluvias y garantice una ventilación adecuada. Considerando las dimensiones especificadas en la ficha técnica de la batería, se ha determinado que se requerirá un área de 60 m<sup>2</sup> para este propósito.

$$l = 0.992(11) + 0.1(5) + 0.5(5) + 3 = 16.912m^2$$

$$a = 1.956(2) + 0.142 + 7 + 5,54 = 16.594m^2$$

$$A = 16.912 \times 16.594$$

$$A = 280.62m^2$$

La acumulación de todos estos elementos conlleva a una superficie total de 280.62 metros cuadrados, designada para la instalación de la planta fotovoltaica en la sociedad ecológica Majanumia, situada en la provincia de Jaén.

### 5.3.3. Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico.

#### 5.3.3.1. Costo del sistema fotovoltaico.

**Cuadro No19:** Valor referencial de materiales del sistema fotovoltaico

| <b>Valor referencial de materiales del sistema fotovoltaico.</b> |  |                      |                   |
|--|--|----------------------|-------------------|
| #  | Descripción                                      | Costo unitario (S/.) | Costo total (S/.) |
| 22   | Panel solar JINKO 330WP                          | 907.43               | 19963.46          |
| 32   | Baterías solar GEL RITAR 12V 260Ah               | 1590                 | 50880             |
| 2  | Regulador MPPT LCD 80A 12/24/48V MUST Solar      | 1803.04              | 3606.08           |
| 1  | Inversor MUST Salar de 10kw                      | 6 751.05             | 6 751.05          |
| 22   | Estructura para 22 paneles solares               | 9830.50              | 9830.50           |
| 1  | Caseta para baterías, controladores e inversores | 4950                 | 4950              |
|  | Cerco metálico para central de generación.       | 15860                | 15860             |
|  | Accesorios                                       | 1680                 | 1680              |
| Total  |  |                      | 103690.59         |

Fuente: Elaboración del propio autor.

**Cuadro No20:** Costo directo del sistema de dimensionamiento

| <b>RESUMEN GENERAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA</b> |                           |                  |
|---|---------------------------|------------------|
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN               | TOTAL (S/.)      |
| <b>A</b>  | SUMINISTRO DE MATERIALES. | 103690.59        |
| <b>B</b>  | MONTAJE ELECTROMECAÁNICO. | 15570.50         |
| <b>C</b>  | TRANSPORTE DE MATERIALES  | 7580.59          |
| <b>D</b>  | TOTAL COSTO DIRECTO       | <b>126841.68</b> |

Fuente: Elaboración del propio autor.

### 5.4. Evaluación y Dimensionamiento para el sistema Eólico.

#### 5.4.1. Estudio del sistema eólico.

Para evaluar el potencial eólico, se han considerado los datos de la velocidad promedio mensual del aire recopilados durante un año. Se destaca que marzo se identifica como uno de los meses más críticos, con una velocidad mensual promedio de viento relativamente baja. La información sobre las velocidades del viento ha sido obtenida de la estación meteorológica

más cercana, AEMA Jaén, proporcionada por SENAMHI, y se ha registrado a una altura de 2 metros en intervalos de 1 hora. Estos datos son procesados para generar la distribución de frecuencias, que indica la cantidad de veces que ocurre cada velocidad del viento, y la distribución acumulada, que muestra el número total acumulado de veces que la velocidad del viento es inferior a un valor específico durante el año. El conjunto de datos consta de 735 observaciones, y para ajustar las mediciones a la altura de 18 metros, se aplica la ley exponencial de Hellman (véase ANEXO No1). A continuación, se presenta el Cuadro de frecuencias obtenida.

**Cuadro No21:** Frecuencias de la velocidad del viento.

| Velocidad del viento (m/s) | Frecuencia absoluta de velocidad (fi) | Frecuencia absoluta acumulada (Fi) | Frecuencia Relativa (hi) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) |
|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 0                          | 0                                     | 0                                  | 0                        | 0                                  |
| 1                          | 169                                   | 169                                | 0.229931973              | 0.229931973                        |
| 2                          | 231                                   | 400                                | 0.314285714              | 0.544217687                        |
| 3                          | 151                                   | 551                                | 0.205442177              | 0.749659864                        |
| 4                          | 89                                    | 640                                | 0.121088435              | 0.870748299                        |
| 5                          | 49                                    | 689                                | 0.066666667              | 0.937414966                        |
| 6                          | 25                                    | 714                                | 0.034013605              | 0.971428571                        |
| 7                          | 11                                    | 725                                | 0.014965986              | 0.986394558                        |
| 8                          | 4                                     | 729                                | 0.005442177              | 0.991836735                        |
| 9                          | 3                                     | 732                                | 0.004081633              | 0.995918367                        |
| 10                         | 3                                     | 735                                | 0.004081633              | 1.000000000                        |
| total                      | 735                                   |                                    | 1                        |                                    |

Fuente: Elaboración del propio autor.

A continuación, se muestra cómo se han establecido los intervalos definidos por la columna de velocidad del viento.

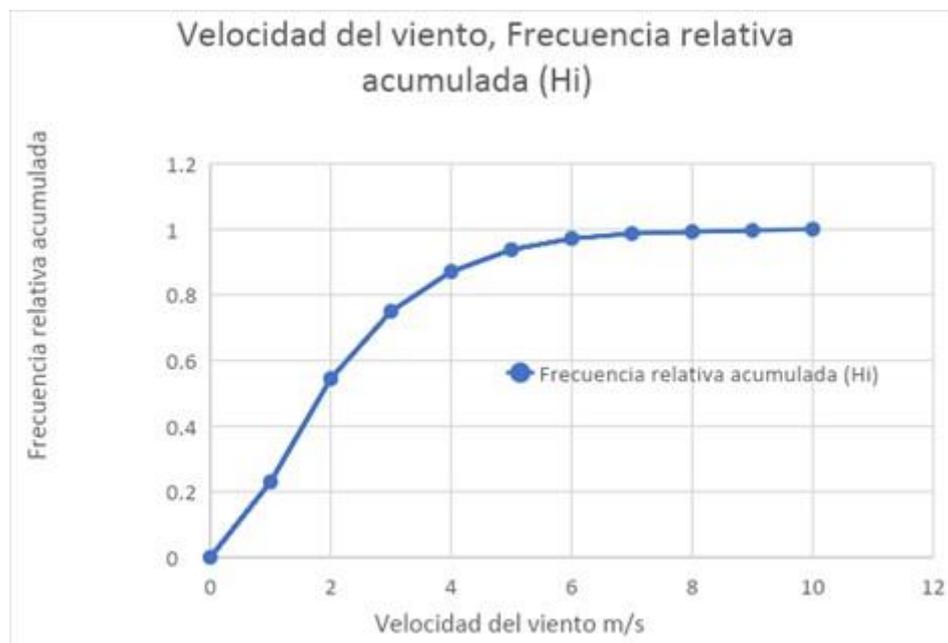
- 1: Velocidad mayor a 0 m/s y menor a 1 m/s.
- 2: Velocidad mayor a 1 m/s y menor a 2 m/s y así sucesivamente, que en Microsoft Excel utilizando el comando "CONTAR.SI.CONJUNTO" mostrará la frecuencia se da una velocidad en determinado intervalo.

**Cuadro No22:** Frecuencia relativa acumulada.

| Velocidad del viento (m/s) | Frecuencia relativa acumulada (Hi) |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1                          | 0.229931973                        |
| 2                          | 0.544217687                        |
| 3                          | 0.749659864                        |
| 4                          | 0.870748299                        |
| 5                          | 0.937414966                        |
| 6                          | 0.971428571                        |
| 7                          | 0.986394558                        |
| 8                          | 0.991836735                        |
| 9                          | 0.995918367                        |
| 10                         | 1.000000000                        |

Procedencia: Elaboración del propio autor.

**Imagen No30:** Velocidad del viento vs Frecuencia relativa acumulada.



Procedencia: Elaboración del propio autor.

**5.4.1.1. Ecuación de Weibull.**

A continuación, se analizarán los valores de las frecuencias y se realizará el ajuste para expresarlos en una recta, utilizando la siguiente ecuación

$$Y = \ln \left( \ln \ln \left( \frac{1}{1 - F(V)} \right) \right) = K \cdot \ln \ln (v) - K \cdot \ln (c)$$

Tiene forma de una recta  $y = k \cdot x + b$

$$Y = \ln \left( \ln \ln \left( \frac{1}{1 - F(V)} \right) \right)$$

$$x = \ln (v)$$

$$b = -K \cdot \ln (c)$$

Donde:

K = Parámetro de forma.

c = Parámetro de escala.

A continuación, será necesario llevar a cabo un análisis de regresión lineal utilizando los datos obtenidos para determinar los parámetros de la ecuación de Weibull.

**Cuadro No23:** Datos de la regresión lineal

| V | ln(v)       | ln(ln(1/(1-F(v)))) |
|---|-------------|--------------------|
| 1 | 0           | -1.342176347       |
| 2 | 0.69314718  | -0.241129371       |
| 3 | 1.098612289 | 0.32565302         |
| 4 | 1.386294361 | 0.715883542        |
| 5 | 1.609437912 | 1.019290941        |
| 6 | 1.791759469 | 1.268984917        |
| 7 | 1.945910149 | 1.457983525        |
| 8 | 2.079441542 | 1.570304298        |
| 9 | 2.197224577 | 1.704976816        |

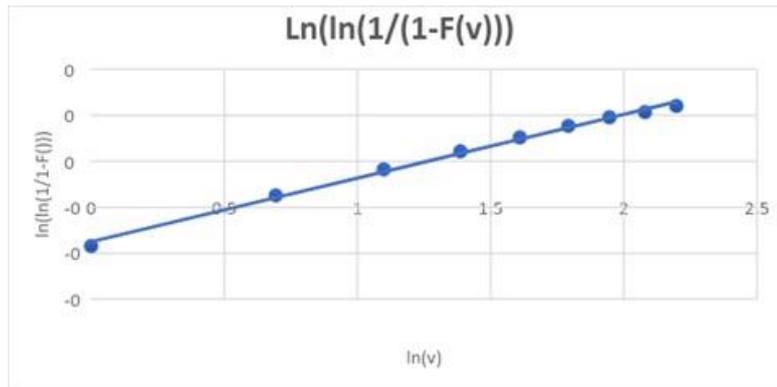
Fuente: Elaboración del propio autor.

Donde:

F(v): Frecuencia relativa acumulada (Hi)

Utilizando Microsoft Excel, representamos gráficamente los datos del Cuadro No21 y llevamos a cabo un ajuste lineal que presenta la ecuación de la recta, permitiéndonos así determinar los parámetros k y b.

**Imagen No31:** Reajuste lineal de la ecuación de Weibuul.



Procedencia: Elaboración del propio autor.

De la siguiente figura se ha obtenido la siguiente ecuación de una recta.

$$Y = 1.3842x - 1.249$$

Comparando con la siguiente ecuación.

$$Y = kx + b$$

$$k = 1.3842 \quad ; \quad b = -1.249$$

Remplazando en:

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

$$c = 2.4653$$

#### 5.4.1.2. Ecuación particular de Weibull.

Los factores de escala y forma han sido calculados y serán sustituidos en la ecuación de Weibull, obteniendo así la ecuación de Weibull específica para la estación meteorológica automática EMA Jaén.

$$f(v) = \frac{1.3842}{2.4653} \left( \frac{v}{2.4653} \right)^{0.3842} * e^{-\left( \frac{v}{2.4653} \right)^{1.3842}}$$

Utilizando esta ecuación de probabilidad, se calcularán las horas del día en las cuales se pueda aprovechar la velocidad del viento.

**Cuadro No24:** Probabilidad de horas de velocidad del viento en un periodo de tiempo de los datos de mes más crítico.

| Velocidad (m/s) | F(v)         | Horas        |
|-----------------|--------------|--------------|
| 0               | 0            | 0            |
| 1               | 0.2980015763 | 219.03115857 |
| 2               | 0.2450802275 | 180.13396722 |
| 3               | 0.1630027095 | 119.80699148 |
| 4               | 0.0958147148 | 70.423815375 |
| 5               | 0.0514688228 | 37.829584745 |
| 6               | 0.0257143903 | 18.900076842 |
| 7               | 0.0120804104 | 8.879101626  |
| 8               | 0.0052962047 | 3.8927104202 |
| 9               | 0.0022798942 | 1.6757222405 |

Fuente: Elaboración del propio autor.

**Imagen No32:** Distribución de Weibull.



Procedencia: Elaboración del propio autor.

Dado que se examinaron 735 horas durante el mes de marzo de 2018, que fue señalado como el período más crítico en cuanto a la velocidad del viento, podemos deducir el número de días correspondientes empleando esta proporción.

$$\text{Periodo de tiempo (días)} = 735 \left( \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \right) \cong 30 \text{ días}$$

#### 5.4.2. Dimensionamiento del sistema Eólico.

Se ha seleccionado el aerogenerador ENAIR E70 PRO de 5 kW de manera deliberada, optando por esta marca y modelo debido a su reputación y, especialmente, a su velocidad de arranque de 2 m/s, que es un factor crucial.

**Imagen No33:** Aerogenerador ENAIR E70 PRO<sup>51</sup>.

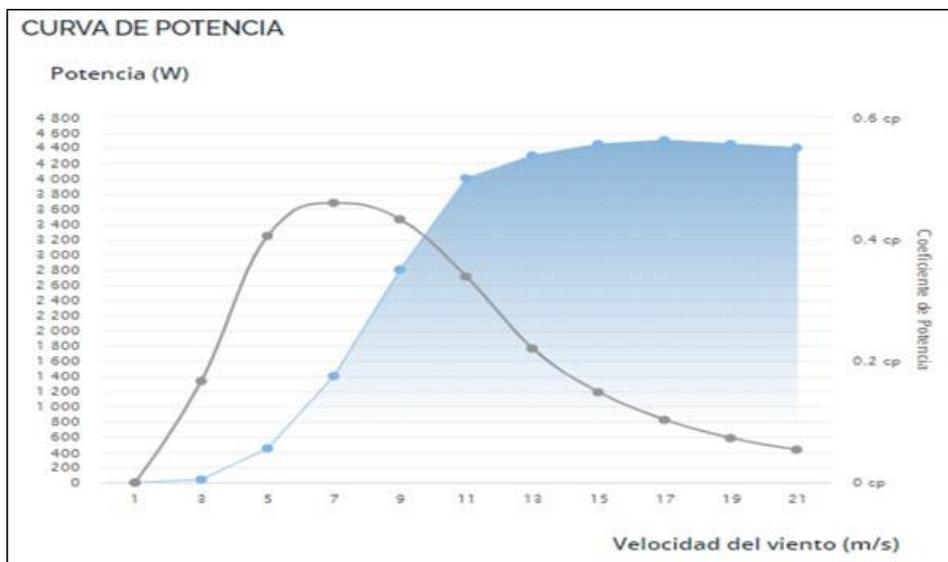
<sup>51</sup> Aerogenerador ENAIR E70 PRO, Consultado en: 115

<https://www.sialsohome.com/producto/aerogenerador-enair-5500-w-48-v-con-regulador/>.



Procedencia: Catálogo de Aerogenerador ENAIR E70 PRO

**Imagen No34:** Curva de potencias de Aerogenerador



Procedencia: Catálogo del fabricante *ENAIR E70 PRO*<sup>52</sup>.

**Cuadro No25:** Energía entregada por el aerogenerador a una altura de 18 m.

<sup>52</sup> Curva de potencias de Aerogenerador ENAIR E70 PRO, Recuperado de: <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e70pro>.

| Velocidad (m/s) | F(v)      | Horas     | Potencia | Energía    | Energía /día |
|-----------------|-----------|-----------|----------|------------|--------------|
| 1               | 0.2980016 | 219.03116 | 0        | 0          | 0            |
| 2               | 0.2450802 | 180.13397 | 10       | 1801.33967 | 60.0446557   |
| 3               | 0.1630027 | 119.80699 | 40       | 4792.27966 | 159.742655   |
| 4               | 0.0958147 | 70.423815 | 245      | 17253.8348 | 575.127826   |
| 5               | 0.0514688 | 37.829585 | 450      | 17023.3131 | 567.443771   |
| 6               | 0.0257144 | 18.900077 | 925      | 17482.5711 | 582.752369   |
| 7               | 0.0120804 | 8.8791016 | 1400     | 12430.7423 | 414.358076   |
| 8               | 0.0052962 | 3.8927104 | 2100     | 8174.69188 | 272.489729   |
| 9               | 0.0022799 | 1.6757222 | 2800     | 4692.02227 | 156.400742   |
| Total           |           |           |          | 83650.7947 | 2788.35982   |

Fuente: Elaboración del propio autor.

Si el generador produce una energía total de 83,650.7947 Wh durante el período bajo análisis, para calcular la energía promedio suministrada en un día, dividimos este valor entre 30.

$$\text{Energía promedio diaria} = \frac{83650.7947}{30} = 2788.3598Wh$$

#### 5.4.2.2. Número de aerogeneradores.

A partir del cálculo de la energía diaria que proporciona un aerogenerador, ya se puede calcular el número de aerogeneradores que se utilizará en la comunidad ecológica Majanumia, para abastecer la demanda diaria.

Como ya se conoce la demanda diaria de la comunidad, he incluido las posibles pérdidas en el sistema, estamos haciendo mención a 32422.43 Wh/día, entonces se puede decir.

$$N_{\text{aerogeneradores}} = \frac{32422.43}{2788.359} \cong 12 \text{ Aerogeneradores}$$

El número de aerogeneradores que se va a utilizar para generar 32422.42 Wh/día, es de 12 aerogeneradores.

#### Baterías.

En relación con las baterías, se utilizará la misma cantidad de unidades que en el caso de una planta fotovoltaica, debido a que la demanda es equivalente. En este escenario, se emplearán 32 baterías de la marca RITAR, con una capacidad de 260 Ah cada una, organizadas en 4 conjuntos en serie y 8 conjuntos en paralelo.

**Inversor.** Para calcular la potencia necesaria del inversor para la planta eólica, se empleará la misma ecuación utilizada en el análisis anterior, lo que nos llevará a la misma conclusión.

$$P_{\text{Entrada del inversor}} = \frac{\text{máxima demandada}}{\text{Rendimiento del inversor}}$$

$$P_{\text{Entrada del inversor}} = \frac{7850}{0.9}$$

$$P_{\text{Entrada del inversor}} = 8.722KW$$

Se Utilizará un inversor de marca MUST SOLAR de 10 KW

### 5.4.3. Presupuesto referencial del sistema eólico.

#### 5.4.3.1. Costo del sistema eólico.

**Cuadro No26:** Valor referencial de materiales del sistema eólico.

| <b>Valor referencial de materiales del sistema eólico.</b> |  |                      |                   |
|--|--|----------------------|-------------------|
| #  | Descripción                                | Costo unitario (S/.) | Costo total (S/.) |
| 12   | Aerogenerador ENAIR E70 PRO                | 29470.59             | 353647.08         |
| 12   | Torre de 18 m, más accesorios.             | 13650                | 163800            |
| 32   | Baterías solar GEL RITAR 12V 260Ah         | 1590                 | 50880             |
| 1  | Inversor MUST Solar de 10kw                | 6 751.05             | 6 751.05          |
| 1  | Caseta para baterías e inversores          | 3950                 | 3950              |
|  | Cerco metálico para central de generación. | 15860                | 15860             |
|  | Accesorios                                 | 1680                 | 1680              |
| Total  |  |                      | 596568.13         |

Fuente: Elaboración del propio autor.

**Cuadro No27:** Costo directo del sistema de dimensionamiento

| <b>RESUMEN GENERAL DEL SISTEMA EÓLICO, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA</b> |                           |                  |
|---|---------------------------|------------------|
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN               | TOTAL (S/.)      |
| A   | SUMINISTRO DE MATERIALES. | 596568.13        |
| B   | MONTAJE ELECTROMECAÁNICO. | 15570.50         |
| C   | TRANSPORTE DE MATERIALES  | 10580.59         |
| D   | TOTAL COSTO DIRECTO       | <b>622719.22</b> |

Fuente: Elaboración del propio autor.

## 5.5. Dimensionamiento de una planta híbrida.

### 5.5.1. Dimensionamiento del sistema eólico.

El aerogenerador ENAIR E70 PRO de 5 kW ha sido elegido como la opción preferida, con especial consideración a esta marca y modelo debido a su reconocida calidad y su velocidad de arranque de 2 m/s. Este aerogenerador fue previamente analizado en la sección anterior, donde se determinó, mediante cálculos, que tiene la capacidad de generar 2,788.359 Wh.

### 5.5.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

#### 5.5.2.1. Balance de energía.

La cantidad de energía que la combinación del aerogenerador y el generador fotovoltaico debe proporcionar es de 32,422.43 Wh. Este valor se obtiene al dividir la energía total proyectada para un período de 20 años entre el factor de pérdida de 0.74, el cual fue previamente calculado en la sección anterior para una planta fotovoltaica. Si consideramos que el aerogenerador aportará 2,788.359 Wh, entonces el generador fotovoltaico debe proporcionar al menos 29,634.071 W.

**Cuadro No28:** balance de energía

| <b>Balance energético</b> |            |                |
|---------------------------|------------|----------------|
| Energía suministrada por  | Energía Wh | Porcentaje (%) |
| Aerogenerador             | 2788.359   | 8.600092       |
| Paneles fotovoltaicos     | 29634.071  | 91.399974      |
| total                     | 32422.43   | 100            |

Fuente: Elaboración del propio autor.

#### 5.5.2.2. Energía Máxima.

La cantidad máxima de energía que se necesitará se identifica en el Cuadro anterior al realizar el balance energético.

$$E_{M\acute{a}x} = 34680.56Wh$$

#### Potencia pico (Pp).

$$Pp = \frac{E_{necesaria}}{HPH}$$
$$Pp = \frac{29634.071}{4.909}$$

$$P_p = 6036.68 \text{ W}$$

### 5.5.2.3. Número de paneles. (NP)

El rendimiento del panel se da entre los valores de 85 y 95% se escoge como norma general de rendimiento del 90% que multiplicándola da un valor de 0,9

$$NP = \frac{P_p}{0.9 (p_{\text{paneles}})}$$

$$NP = \frac{6036.68}{0.9 (330)}$$

$$NP = 20 \text{ Paneles}$$

Donde:

Rendimiento del panel: 90% = 0.9

El número de paneles que requiere la instalación es = 20 paneles.

### Número de módulos fotovoltaicos conectados en serie.

$$M_s = \frac{V_{\text{Trabajo}}}{V_{\text{Modulo Fotovoltaico}}}$$

Donde:

Ms: Número de paneles solares conectados en serie.

VTrabajo: Voltaje de Trabajo

VMódulo Fotovoltaico: Voltaje del Módulo Fotovoltaico

$$M_s = \frac{48}{24}$$

$$M_s = 2 \text{ Paneles}$$

### Número de módulos fotovoltaicos conectados en paralelo.

$$M_p = \frac{N_{\text{paneles}}}{M_s}$$

$$M_p = \frac{20}{2}$$

$$M_p = 10 \text{ Paneles}$$

#### 5.5.2.4. Estimación y selección del regulador de carga.

Para determinar el regulador de carga, se sigue el procedimiento detallado en la sección anterior (5.3.2.6).

$$I_{Regulador} = \%Seguridad * N_{PP} * I_{CC}$$

Donde:

Factor de seguridad del 25% = 1.25

$N_{PP}$  : Número de paneles conectados en Paralelo = 12

$I_{CC}$  : corriente en corto circuito = 9.14

$$I_{Regulador} = 1.25 \times 12 \times 9.14$$

$$I_{Regulador} = 114.25 \text{ A}$$

Con este resultado se elige en los catálogos el tipo de inversor que se va utilizar.

A continuación, se encontrará el número de reguladores para el sistema que serán instalados en paralelo.

$$N_{reg} = \frac{I_{regulador}}{I_{reg\ catalago}} = \frac{114.25}{60} = 1.9 \cong 2 \text{ Reguladores}$$

2 Reguladores PWM LCD 60A 48V Must Solar

Regulador N°1: MPPT LCD12/24/48V 60A, Con 5 Paneles en Paralelo

$$I_{Regulador} = \% De\ seguridad \times N_{pp} \times I_{CC}$$

$$I_{Regulador} = 1.25 \times 5 \times 9.14$$

$$I_{Regulador} = 57.125 \text{ A}$$

Se utilizará 2 reguladores MPPT LCD 80A 48V, que trabajará a una corriente de 57.125A cada uno.

#### 5.5.3. Baterías.

De manera similar al caso anterior, se planea utilizar un total de 32 baterías para este proyecto específico, con el propósito de maximizar la capacidad de almacenamiento y la eficiencia operativa del sistema.

Estas baterías se organizarán en grupos de 4 conectadas en serie, lo que permitirá aumentar la tensión del sistema sin comprometer la capacidad de corriente. Asimismo, cada grupo de baterías en serie se conectará en paralelo con otros grupos, formando conjuntos de 8 baterías.

Esta disposición en paralelo garantizará una mayor capacidad de corriente y redundancia, contribuyendo a una carga equilibrada y una mayor confiabilidad del sistema.

Todas las baterías seleccionadas serán de la marca RITAR, reconocida por su calidad y desempeño en aplicaciones de almacenamiento de energía. Cada una de estas baterías tendrá una capacidad nominal de 260 Ah, proporcionando una capacidad total de almacenamiento adecuada para satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad ecológica Majanumia.

#### **5.5.4. Inversor.**

Para completar el sistema de energía en la sociedad ecológica Majanumia, se ha elegido un inversor de la marca MUST solar con una capacidad de 10 kW. Este inversor será esencial para convertir la energía solar generada por los paneles fotovoltaicos y almacenada en las baterías en electricidad utilizable para los residentes.

El inversor desempeñará un papel central al transformar la corriente continua (DC) de las baterías y los paneles solares en corriente alterna (AC) compatible con los dispositivos eléctricos comunes garantiza un suministro estable de electricidad durante todo el día, independientemente de las variaciones en la generación solar. El inversor MUST solar de 10 kW ofrecerá características avanzadas, como protección contra sobretensiones y cortocircuitos, asegurando la seguridad del sistema y de los equipos conectados. Su diseño confiable y resistente lo convierte en una opción idónea para aplicaciones residenciales y comerciales, como la sociedad Majanumia.

#### **5.5.5. Presupuesto referencial del sistema híbrido, eólico – solar.**

##### ***5.5.5.1. Costo del sistema híbrido, eólico – solar.***

**Cuadro No29:** Valor referencial de materiales del sistema híbrido, eólico - solar

| <b>Valor referencial de materiales del sistema Híbrido, eólico – solar.</b> |  |                             |                          |
|---|--|-----------------------------|--------------------------|
| <b>#</b>  | <b>Descripción</b>                               | <b>Costo unitario (S/.)</b> | <b>Costo total (S/.)</b> |
| 1   | Aerogenerador ENAIR E70 PRO                      | 29470.50                    | 29470.50                 |
| 1   | Torre de 18 m, más accesorios.                   | 13650                       | 13650                    |
| 20  | Panel solar JINKO 330WP                          | 907.43                      | 18148.6                  |
| 32  | Baterías solar GEL RITAR 12V 260Ah               | 1590                        | 50880                    |
| 2   | Controlador PWM LCD 60A 48V Must Solar           | 484.27                      | 968.54                   |
| 1   | Inversor MUST Salar de 10kw                      | 6 751.05                    | 6 751.05                 |
| 20  | Estructura para 20 paneles solares               | 8936.818                    | 8936.818                 |
| 1   | Caseta para baterías, controladores e inversores | 4950                        | 4950                     |
|   | Cerco metálico para central de generación.       | 15860                       | 15860                    |
|   | Accesorios                                       | 1680                        | 1680                     |
| <b>Total</b>  |  |                             | <b>151295.508</b>        |

Fuente: Elaboración del propio autor.

Cuadro No30: Costo directo del sistema de dimensionamiento

| <b>RESUMEN GENERAL DEL SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA</b> |                             |                    |
|---|-----------------------------|--------------------|
| <b>ÍTEM</b>   | <b>DESCRIPCIÓN</b>          | <b>TOTAL (S/.)</b> |
| <b>A</b>  | SUMINISTRO DE MATERIALES.   | 151295.508         |
| <b>B</b>  | MONTAJE ELECTROMECAÁNICO.   | 14570.50           |
| <b>C</b>  | TRANSPORTE DE MATERIALES    | 10580.59           |
| <b>D</b>  | <b>TOTAL, COSTO DIRECTO</b> | <b>176446.598</b>  |

Fuente: Elaboración del propio autor.

### **5.6. Comparación entre los tres sistemas solar, eólico e híbrido eólico – solar.**

Tras examinar de manera independiente los tres sistemas, se llevará a cabo la creación de un Cuadro que compare los costos relacionados con la instalación de cada uno de ellos.

| <b>TABLA DE COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE INSTALACIÓN DE LOS TRES SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA</b> |                                       |                     |
|---|---------------------------------------|---------------------|
| <b>NÚMERO</b>   | <b>SISTEMA</b>                        | <b>PRECIO (S/.)</b> |
| <b>1</b>  | <b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>           | <b>126841.68</b>    |
| <b>2</b>  | <b>SISTEMA EÓLICO</b>                 | <b>622719.22</b>    |
| <b>3</b>  | <b>SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR</b> | <b>176446.598</b>   |

Tras un análisis del Cuadro comparativa, se observa que la opción más favorable para la implementación de un sistema de generación eléctrica en la sociedad ecológica Majanumia sería la adopción de un sistema fotovoltaico. Esta elección se fundamenta en una serie de factores que abarcan desde consideraciones financieras hasta aspectos prácticos y ambientales. Al revisar las cifras presentadas en el Cuadro, se observa que el sistema fotovoltaico es más económico que las otras 2 opciones.

### **5.7. Dimensionamiento de la red de distribución en 220V.**

El sistema de distribución de energía solar fotovoltaica en la sociedad ecológica Majanumia representa un paso importante hacia la adopción de fuentes de energía sostenibles y renovables. Su principal objetivo es proporcionar electricidad a la tensión requerida por los suscriptores, cubriendo tanto las necesidades domésticas como el alumbrado público.

El diseño y dimensionamiento de este sistema se basan en las directrices establecidas por la normativa D.G.E. "Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural". Estas pautas ofrecen un marco estructurado para garantizar una implementación eficiente y segura del sistema, especialmente adaptada a las características y requerimientos de las áreas rurales.

Al cumplir con estas normativas, el sistema de energía solar fotovoltaica no solo asegura un suministro confiable de electricidad, sino que también promueve la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.

#### **5.7.1. Distancia mínima de seguridad.**

Las regulaciones del Código Nacional de Electricidad establecen distancias mínimas de seguridad con el objetivo primordial de definir tensiones y desviaciones en diversas situaciones de funcionamiento del sistema eléctrico. Estas normativas están diseñadas para proteger contra posibles riesgos eléctricos y garantizar un funcionamiento seguro del sistema.

El Cuadro No31 detalla las distancias mínimas del conductor a la superficie del terreno. Estas medidas son esenciales para salvaguardar la seguridad de los trabajadores y del público en general al reducir los riesgos asociados con el contacto accidental con líneas eléctricas.

**Cuadro No31:** Distancias mínimas del conductor a la superficie del terreno

| Distancias mínimas del conductor la superficie |                      |                  |                                     |                                   |
|--|----------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Disposición                                    | Carretera y avenidas | Calles y caminos | Áreas no transitables por vehículos | Calles y caminos en zonas rurales |
| Al cruce (m)                                   | 6.5                  | 5.5              | 4                                   | 5.5                               |
| A lo largo (m)                                 | 5.5                  | 5                | 4                                   | 4.5                               |

Fuente: Código nacional de electricidad.

### 5.7.2. Estimación de caída de tensión.

La normativa técnica establece que la pérdida de voltaje desde el sistema fotovoltaico hasta el abonado más alejado no debe exceder el 7,0% de la tensión nominal.

**Cuadro No32:** Parámetros de formación y capacidad de corriente de conductores autoportantes

| Formación  | Factor de caída de tensión |               |             | Capacidad de corriente a 40°C |            |
|------------|----------------------------|---------------|-------------|-------------------------------|------------|
|            | K (380-220 V)              | K (440-220 V) | K (220 VAP) | Cond. Fase                    | Cond. A.P. |
| 2x16+16/25 | 3,538                      | 3,765         | 3,272       | 64                            | 64         |
| 2x16/25    | -                          | 3,765         | 3,272       | 64                            | -          |
| 1x16/25    | -                          | -             | 3,272       | 64                            | -          |

Fuente: Ministerio de energía y minas.

### Por capacidad de corriente.

Se considera la potencia del inversor.

$$I_{Carga} = \frac{10000}{220}$$

$$I_{Carga} = 45.45 \text{ A}$$

Se evidencia que la corriente de carga es inferior a la capacidad máxima de corriente que puede soportar el conductor, por lo tanto, se puede afirmar que satisface los requisitos necesarios.

### Máxima caída de tensión permisible.

El cálculo de la caída de tensión se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta V = KxLxLx10^{-3}$$

Donde.

I = corriente eléctrica que recorre el circuito (A).

L = Longitud de tramo (m).

K = Factor de caída de tensión.

Los factores K se puede observar en la tabla N°:32

**Cuadro No33:** Estimación de caída de tensión.

| Punto  | Servicio Particular |                   |                    |               |              | Long.<br>[ m ] | Tipo y Sección de<br>Cond.<br>[ mm <sup>2</sup> ] | F.C.T.<br>[ V/A-km ] | Δ V<br>S.P.<br>[ V ] | Σ Δ V<br>Total<br>[ V ] | %<br>de<br>Δ V |
|--------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------|--------------|----------------|---|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------|
|        | N° Lotes            | Carga<br>Especial | CORRIENTE<br>[ A ] | POT.<br>[ W ] | Σ I<br>[ A ] |                |   |                      |                      |                         |                |
| [E4/S] | 0                   |                   | 0.00               | 0.0           | 24.01        | 0.0            | 1x16+N25  | 3.272                | 0.000                | 0.000                   | 0.000%         |
| A1     | 0                   |                   | 0.00               | 0.0           | 24.01        | 0.0            | 1x16+N26  | 3.272                | 0.000                | 0.000                   | 0.000%         |
| A2     | 0                   |                   | 0.00               | 0.0           | 24.01        | 15.0           | 1x16+N27  | 3.272                | 1.178                | 1.178                   | 0.536%         |
| A3     | 0                   |                   | 0.00               | 0.0           | 24.01        | 23.0           | 1x16+N28  | 3.272                | 1.807                | 1.807                   | 0.821%         |
| A4     | 2                   |                   | 2.53               | 556.0         | 24.01        | 23.0           | 1x16+N29  | 3.272                | 1.807                | 1.807                   | 0.821%         |
| A4.1   | 0                   |                   | 0.00               | 0.0           | 21.48        | 39.0           | 1x16+N30  | 3.272                | 2.741                | 2.741                   | 1.246%         |
| A4.2   | 0                   | 2                 | 0.00               | 0.0           | 21.48        | 36.0           | 1x16+N31  | 3.272                | 2.530                | 2.530                   | 1.150%         |
| A4.3   | 0                   |                   | 0.00               | 0.0           | 21.48        | 28.0           | 1x16+N32  | 3.272                | 1.968                | 1.968                   | 0.895%         |
| A5     | 2                   |                   | 2.53               | 556.0         | 21.48        | 34.0           | 1x16+N33  | 3.272                | 2.390                | 2.390                   | 1.086%         |
| A6     | 4                   |                   | 5.05               | 1112.0        | 18.95        | 32.0           | 1x16+N34  | 3.272                | 1.985                | 1.985                   | 0.902%         |
| A7     | 2                   |                   | 2.53               | 556.0         | 13.90        | 27.0           | 1x16+N35  | 3.272                | 1.228                | 1.228                   | 0.558%         |
| A8     | 2                   |                   | 2.53               | 556.0         | 11.37        | 28.0           | 1x16+N36  | 3.272                | 1.042                | 1.042                   | 0.474%         |
| A9     | 2                   |                   | 2.53               | 556.0         | 7.58         | 22.0           | 1x16+N45  | 3.272                | 0.546                | 0.546                   | 0.248%         |
| A9.1   | 2                   |                   | 2.53               | 556.0         | 5.05         | 26.0           | 1x16+N46  | 3.272                | 0.430                | 0.430                   | 0.195%         |
| A9.2   | 2                   |                   | 2.53               | 556.0         | 2.53         | 15.0           | 1x16+N47  | 3.272                | 0.124                | 0.124                   | 0.056%         |

Procedencia: Elaboración del propio autor.

Al examinar los Cuadros, se nota que la caída de tensión se mantiene por debajo del 7%, que es el límite recomendado. Por consiguiente, podemos concluir que el conductor elegido es adecuado.

### 5.7.3. Estimación mecánica de conductores autoportantes.

El objetivo de realizar cálculos mecánicos en conductores autoportantes es evaluar las tensiones y deformaciones en diversas situaciones de funcionamiento.

**Imagen No35:** características de los cables autoportantes.

| COEFICIEN.<br>FORMACIÓN | SECCION DEL                                 | DIAM.EXTERIOR |                 | MASA   | MODULO DE                      |
|-------------------------|---|---------------|-----------------|--|--------------------------------|
|                         | CONDUCTOR<br>PORTANTE<br>(mm <sup>2</sup> ) | TOTAL<br>(mm) | TOTAL<br>(kg/m) | ELAST DEL<br>PORTANTE<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | DE DILAT.<br>TÉRMICA<br>(1/°C) |
| 3x35+16/25              | 25  | 20,0          | 0,481           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 3x25+16/25              | 25  | 18,5          | 0,397           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 3x16+16/25              | 25  | 16,5          | 0,310           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 3x35/25                 | 25  | 20,0          | 0,419           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 3x25/25                 | 25  | 18,5          | 0,336           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 3x16/25                 | 25  | 16,5          | 0,249           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 2x35+16/25              | 25  | 20,0          | 0,362           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 2x25+16/25              | 25  | 18,5          | 0,307           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 2x16+16/25              | 25  | 16,5          | 0,249           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 2x16/25                 | 25  | 16,5          | 0,187           | 60,82  | 21x10-6                        |
| 1x16/25                 | 25  | 16,5          | 0,125           | 60,82  | 21x10-6                        |

Procedencia: Ministerio de energía y minas.

#### Hipótesis de estado.

Las hipótesis de estado se definen teniendo en cuenta los factores meteorológicos en el lugar donde se llevan a cabo los cálculos mecánicos del conductor.

|   |   |
|---|---|
| <b>HIPÓTESIS N°1</b><br><b>Condición de máximo esfuerzo</b> | Temperatura: 15 °C<br>Velocidad de viento: 19,40 Km/h |
| <b>HIPÓTESIS N°2</b><br><b>Condición de mayor duración</b>  | Temperatura: 22 °C<br>Velocidad de viento: Nula       |
| <b>HIPÓTESIS N°3</b><br><b>Condición de flecha máxima.</b>  | Temperatura: 35 °C<br>Velocidad de viento: Nula       |

#### Vano Básico.

Debido a que los espacios entre los soportes a lo largo del circuito presentan longitudes variables, se determinará la distancia básica entre ellos mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

$$V^{Básico} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

Consideramos los puntos en el plano de distribución de la red eléctrica.

$$V_{Básico} = \sqrt{\frac{15^3 + 23^3 + 23^3 + 34^3 + 32^3 + 27^3 + 28^3 + 22^3 + 26^3}{15 + 23 + 23 + 34 + 32 + 27 + 28 + 22 + 26}}$$

$$V_{Básico} = 27.158 \text{ m}$$

**Cuadro No34:** Tensiones mecánicas en el conductor de la red de distribución secundaria.

| <b>ESFUERZO MECÁNICOS EN EL CONDUCTOR DE LA RED SECUNDARIA - RS</b> |                       |      |       |      |      |      |
|---|-----------------------|------|-------|------|------|------|
| VANO  | Parametros            | 25   | 27.17 | 30   | 35   | 40   |
| HIP. I  | $\sigma_{01}$ (kg/mm) | 7.58 | 7.94  | 8.04 | 8.48 | 8.82 |
|   | f (m)                 | 0.26 | 0.28  | 0.32 | 0.43 | 0.63 |
| HIP. II   | $\sigma_{01}$ (kg/mm) | 4.95 | 4.97  | 4.95 | 4.95 | 4.95 |
|   | f (m)                 | 0.18 | 0.23  | 0.27 | 0.38 | 0.46 |
| HIP. III  | $\sigma_{01}$ (kg/mm) | 3.38 | 3.46  | 3.51 | 3.58 | 3.67 |
|   | f (m)                 | 0.24 | 0.27  | 0.31 | 0.41 | 0.6  |

Procedencia: Elaboración del propio autor.

Según los datos presentados en el Cuadro, se destaca que la máxima tensión registrada en la sección que estás analizando es de 8.28 kg/mm<sup>2</sup>. Esta cifra se encuentra significativamente por debajo del límite máximo permitido según las regulaciones, el cual está establecido en 17.33 kg/mm<sup>2</sup>. Este hallazgo indica que, en términos de tensión, el análisis realizado está bien dentro de los parámetros aceptables y no plantea preocupaciones respecto a la superación de los límites establecidos por la normativa.

#### **Estimación de altura de poste.**

La distancia mínima desde el conductor eléctrico hasta el suelo se establece en 5,50 metros, mientras que la distancia desde el punto más alto del poste hasta el inicio del gancho de suspensión será de 0,30 metros. La curvatura del cable se determina teniendo en cuenta los espacios entre los soportes y el tipo de conductores empleados.

$$H = \frac{H}{10} + 0.2 + D_{min} + F_{Máx} + Hc$$

Donde:

H = Altura del poste en metros.

Dm = Distancia mínima al terreno en metros.

Fm = Fecha máxima en metros.

Hc = Distancia de la punta del poste al conductor más bajo en metros.

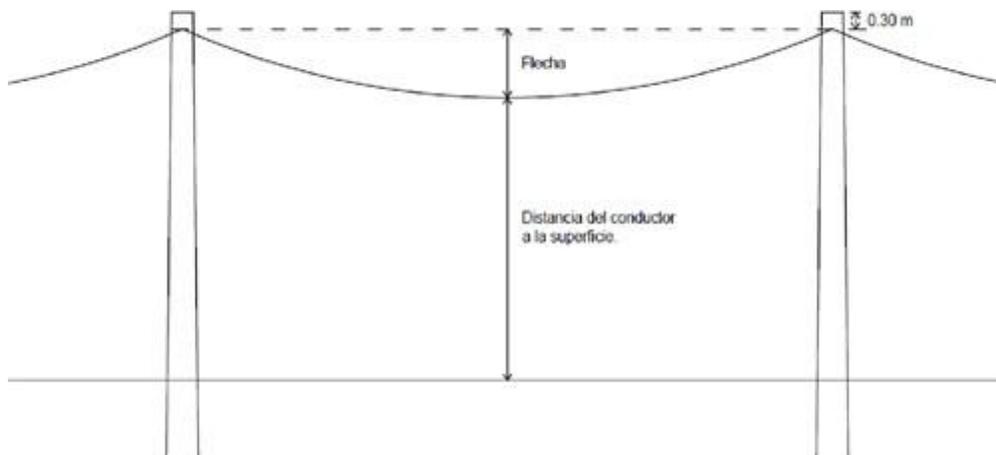
Remplazando los valores tenemos

$$H = \frac{H}{10} + 0.2 + 5.5 + 0.58 + 0.30$$

$$H = 7.32 \text{ m}$$

Entonces se emplearán postes de concreto con una altura de 8 metros.

Imagen No36: Flecha y distancia del conductor a la superficie.



**5.8. Metrados y presupuesto del sistema de distribución.**

**Cuadro No35:** Suministro de materiales de redes secundarias

**METRADO BASE  
REDES SECUNDARIAS 220V**

**SUMINISTRO DE MATERIALES DE REDES SECUNDARIAS**

PROYECTO "Evaluación de las energías renovables eólica y solar, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad ecológica Majanumá de la provincia de Jaén departamento Cajamarca"

PROPIETARIO :  
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA  
PROVINCIA : JAÉN  
DISTRITO : JAÉN  
COMUNIDAD : COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMÁ

| ITEM   | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | METRADO | TOTAL  | PRECIO UNITARIO | PRECIO PARCIAL | SUB TOTAL        |
|--|---|--------|---------|--------|-----------------|----------------|------------------|
| <b>01.00</b>                                   | <b>POSTES Y ACCESORIOS DE CONCRETO</b>  |        |         |        |                 |                | <b>5,220.00</b>  |
| 01.01  | POSTES DE OAC DE 8m /200/120/2-40   | UND    | 14.00   | 14.00  | 370.00          | 4620.00        |                  |
| 01.02  | POSTES DE OAC DE 8m /300/120/2-40   | UND    | 0.00    | 0.00   | 370.00          | 0.00           |                  |
| 01.03  | PERILLA DE CONCRETO PARA POSTE DE 8m  | UND    | 14.00   | 14.00  | 4.00            | 56.00          |                  |
| 01.04  | BLOQUES DE CONCRETO ARMADO DE 1.0'X1.0'X0.40'X0.15 BT RETENIDA  | UND    | 11.00   | 11.00  | 34.00           | 374.00         |                  |
| 01.05  | CAJA DE REGISTRO PARA POZA A TIERRA CON TAPA  | UND    | 5.00    | 5.00   | 34.00           | 170.00         |                  |
| <b>02.00</b>                                   | <b>RETENIDAS</b>  |        |         |        |                 |                | <b>1,944.25</b>  |
| 02.01  | PERNO ANILLAR A 1/2" DE 15 mm x 25.4mm CON TUERCA   | UND    | 11.00   | 11.00  | 8.15            | 89.65          |                  |
| 02.02  | PERNO ANILLAR A 1/2" DE 15 mm x 35mm CON TUERCA   | UND    | 0.00    | 0.00   | 11.36           | 0.00           |                  |
| 02.03  | CABLE ACERO TIPO SIEMENS DE 3/8" Ø, 7 HILOS   | UND    | 165.00  | 165.00 | 3.91            | 646.15         |                  |
| 02.04  | ORNAMETA GUARDACABLE DE P 6", DE 2.4m DE LONG. CON PERNO Y TUERCA   | M      | 11.00   | 11.00  | 31.04           | 341.44         |                  |
| 02.05  | VARILLA DE ANCL. CON GUARDACABLE Aço 16mm Øx1.2m TUERCA Y ARANDELA  | UND    | 11.00   | 11.00  | 28.32           | 311.52         |                  |
| 02.06  | ALISADORES DE PORCELANA DE TRACCION, CLASE ANSI 1, 5# 1 PARA BT. RETENIDA   | UND    | 11.00   | 11.00  | 11.32           | 124.52         |                  |
| 02.07  | AMARRE PREFORMADO Aço PARA CABLE DE 3/8" Ø  | UND    | 44.00   | 44.00  | 7.48            | 329.12         |                  |
| 02.08  | ARANDELA CUADRADA Aço 4 1/4" x 1 1/4", HUECO 1 1/8" Ø   | UND    | 11.00   | 11.00  | 4.17            | 45.87          |                  |
| 02.09  | ARANDELA CUADRADA CURVA Aço 5/8" x 5 mm DE 18mm Ø   | UND    | 22.00   | 22.00  | 1.29            | 28.38          |                  |
| 02.10  | ALAMBRE GALVANIZADO NRO 12  | UND    | 65.00   | 65.00  | 0.44            | 28.60          |                  |
| 02.11  | CONTRAPLATA DE Aço DE Ø 50mm L 80m  | UND    | 0.00    | 0.00   | 65.94           | 0.00           |                  |
| <b>03.00</b>                                   | <b>PUESTA A TIERRA</b>  |        |         |        |                 |                | <b>2,462.43</b>  |
| 03.01  | VARILLA COPPERWELD 16mm Øx2.40m   | UND    | 8.00    | 8.00   | 57.06           | 456.48         |                  |
| 03.02  | CONECTOR DE BRONCE VARILLA 16 mm Ø (5/8" Ø)- CABLE (35mm²) AS   | UND    | 8.00    | 8.00   | 5.26            | 42.08          |                  |
| 03.03  | CONECTOR BIMETALICO AL-CU DE 25 mm² PARA LINEA A TIERRA CONDUCTOR T   | UND    | 8.00    | 8.00   | 7.48            | 59.84          |                  |
| 03.04  | DOSES BENTONITA SODICA SACO DE 35 KG  | UND    | 16.00   | 16.00  | 18.02           | 288.32         |                  |
| 03.05  | CONDUCTOR DE CU DESNUDO DE TEMPLE BLANDO 25 MM² (m)   | m      | 76.00   | 76.00  | 9.50            | 722.00         |                  |
| 03.06  | TIERRA DE CHACRA CULTIVO (m³)   | m³     | 25.00   | 25.00  | 32.67           | 816.83         |                  |
| 03.07  | TUBO DE PVC SAP. INSTALACIONES ELECTRICAS. De 1"x3m   | UND    | 5.00    | 8.00   | 9.61            | 76.88          |                  |
| 03.08  | CUBIERTA ASFALTE PARA PUESTA A TIERRA SP15  | UND    | 0.00    | 0.00   | 1.12            | 0.00           |                  |
| <b>04.00</b>                                   | <b>FERRITERIA DE POSTES</b>   |        |         |        |                 |                | <b>1,501.68</b>  |
| 04.01  | PERNO GANCHO ABIERTO 16 mm Ø x 203 mm, TUERCA Y CONTRA TUERCA   | UND    | 5.00    | 5.00   | 8.75            | 43.75          |                  |
| 04.02  | PERNO GANCHO ABIERTO 16 mm Ø x 305 mm, TUERCA Y CONTRA TUERCA   | UND    | 0.00    | 0.00   | 10.01           | 0.00           |                  |
| 04.03  | PERNO CILINDRICO 16 mm Ø (203mm), TUERCA Y CONTRA TUERCA  | UND    | 16.00   | 16.00  | 7.59            | 121.44         |                  |
| 04.04  | PERNO CILINDRICO 16 mm Ø (305 mm), TUERCA Y CONTRA TUERCA   | UND    | 0.00    | 0.00   | 8.65            | 0.00           |                  |
| 04.05  | GRANPA DE SUSPENSION ANGULAR DE ALEACION DE ALUMINIO  | UND    | 20.00   | 5.00   | 7.32            | 36.60          |                  |
| 04.06  | GRANPA DE ANCLAJE, TIPO COCOTILO DE ALEACION DE ALUMINIO  | UND    | 16.00   | 5.00   | 14.90           | 74.50          |                  |
| 04.07  | TUERCA CILINDRICA FORGADA 16mm (5/8" Ø)   | UND    | 4.00    | 4.00   | 7.35            | 29.40          |                  |
| 04.08  | CONECTOR DE ALUMINIO / ALUMINIO FORRADO PARA 16-50/ 16-40 mm² PARA  | UND    | 20.00   | 2.00   | 7.48            | 14.96          |                  |
| 04.09  | CONECTOR DE ALUMINIO / ALUMINIO PARA 25 mm² PARA NEUTRO FORRADO T   | UND    | 10.00   | 8.00   | 7.48            | 59.84          |                  |
| 04.10  | ARANDELA CUADRADA CURVA Aço 5/8" x 5 mm DE 18mm Ø   | UND    | 90.00   | 80.00  | 1.29            | 103.20         |                  |
| 04.11  | RUJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm (m)   | m      | 3.00    | 3.00   | 7.38            | 22.14          |                  |
| 04.12  | HEBILLA DE ACERO INOXIDABLE PARA RUJE 19 mm   | UND    | 3.00    | 3.00   | 2.17            | 6.51           |                  |
| 04.13  | CONDUCTOR CU RECOCIDO, TIPO NEXY, TETRAFILAR DE 4x10 mm² CNES.  | m      | 5.00    | 5.00   | 25.36           | 126.80         |                  |
| 04.14  | CAJA DE DERIVACION PARA ACCOMETIDAS 400 - 220 V TIPO POLIURETICO  | UND    | 0.00    | 0.00   | 216.11          | 0.00           |                  |
| 04.15  | CORREA PLASTICA DE AMARRE, COLOR NEGRO  | UND    | 120.00  | 100.00 | 0.26            | 26.00          |                  |
| 04.16  | CINTAS ASFALTICAS VINILICAS DE PVC, ALTA PERFORMANCE DE 19mmx20m, 0.  | UND    | 6.00    | 6.00   | 23.78           | 142.68         |                  |
| 04.17  | CINTAS ASFALTICAS DE GOMA DE BR. AUTOCURANTE DE 19mmx9.20m, 0.7m  | UND    | 12.00   | 12.00  | 60.77           | 729.24         |                  |
| 04.18  | PUNTA GANCHO PARA POSTE   | UND    | 1.00    | 1.00   | 10.12           | 10.12          |                  |
| <b>05.00</b>                                   | <b>CAJA DE ACCOMETIDAS DOMICILIARIAS</b>  |        |         |        |                 |                | <b>6,693.10</b>  |
| 05.01  | TUBO PVP FACHADA (1) DE FOGO TIPO BASTON DE 19mm x4.0m DE LONGITUD  | UND    | 20.00   | 20.00  | 49.55           | 991.00         |                  |
| 05.02  | TUBO PVP FACHADA (2) DE FOGO TIPO BASTON DE 19mm x5.0m DE LONGITUD  | UND    | 0.00    | 0.00   | 63.41           | 0.00           |                  |
| 05.03  | CABLE CONCENTRICO 2X4 MM²   | m      | 482.00  | 482.00 | 4.55            | 2,193.10       |                  |
| 05.04  | CAJA PORTAMEDIDOR METALICA TIPO G MONOFASICO  | UND    | 20.00   | 20.00  | 32.29           | 645.80         |                  |
| 05.05  | MEDIDOR MONOFASICO DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICROPROCESADOR DE 220V, 2 HILOS, 10-40A, 60 Hz, CLASE 1 | UND    | 20      | 20.00  | 80.55           | 1,611.00       |                  |
| 05.06  | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO BIPOLAR DE 25 A, 220 V, 60 Hz, 6KA   | UND    | 20.00   | 20.00  | 27.88           | 557.60         |                  |
| 05.07  | ESTRUCT. AUTOCORRIENTE  | UND    | 50.00   | 50.00  | 0.14            | 7.10           |                  |
| 05.08  | ARMILLA TIRAFON DE 1/4"X2" PARA MADERA  | UND    | 20.00   | 20.00  | 1.34            | 26.80          |                  |
| 05.09  | TEMPERADOR DE FOGO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS  | UND    | 40.00   | 40.00  | 2.97            | 118.80         |                  |
| 05.10  | CONDUCTOR TIPO THW COBRE 40 MM²   | m      | 10.00   | 10.00  | 3.64            | 36.40          |                  |
| 05.11  | CORREA PLASTICA DE AMARRE, COLOR NEGRO  | UND    | 50.00   | 50.00  | 0.29            | 14.50          |                  |
| 05.12  | ALAMBRE P 6" #12  | m      | 60.00   | 60.00  | 0.45            | 27.00          |                  |
| 05.13  | CONECTOR BIMETALICO AL-CU PARA AL 16-50 mm² / CU 4-10 mm² PARA FASE   | UND    | 20.00   | 20.00  | 4.27            | 85.40          |                  |
| 05.14  | CONECTOR BIMETALICO AL-CU PARA AL 25-50 mm² / CU 4-10 mm² PARA NEUTRO   | UND    | 20.00   | 20.00  | 4.27            | 85.40          |                  |
| 05.15  | PORTALINEA UNIPOLAR DE Aço, PROMISTO DEPEN DE 10 mm DE DIAMETRO   | UND    | 50.00   | 50.00  | 4.35            | 218.00         |                  |
| 05.16  | PERNO DE Aço DE 13 mm DIAMETRO, PROMISTO DE TUERCA Y CONTRA TUERCA  | UND    | 20.00   | 20.00  | 3.75            | 75.20          |                  |
| <b>06.00</b>                                   | <b>ALUMBRADO PUBLICO Y ACCESORIOS</b>   |        |         |        |                 |                | <b>5,024.74</b>  |
| 06.01  | PASTORALES DE Aço 38 mm Ø, INT, 500 mm DE ALINC. HORIZ, 7.20 mm DE A  | UND    | 6.00    | 6.00   | 69.00           | 414.00         |                  |
|  | PROMISTO DE 2 ABRILADERAS SIMPLES PARA POSTE DE CONCRETO  |        |         |        |                 | 0.00           |                  |
| 06.02  | LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50w   | UND    | 6.00    | 6.00   | 32.29           | 193.74         |                  |
| 06.03  | LUMBRARIAS PARA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION DE 50w   | UND    | 6.00    | 6.00   | 240.00          | 1,440.00       |                  |
| 06.04  | CABLE NEXY 2x4.0 (mm²) EXTRA FLEXIBLE   | m      | 15.00   | 15.00  | 11.05           | 165.75         |                  |
| 06.05  | CONECTOR BIMETALICO AL-CU PARA AL 16-50 mm² / CU 4-10 mm² PARA FASE   | UND    | 6.00    | 6.00   | 4.27            | 25.62          |                  |
| 06.06  | CONECTOR BIMETALICO AL-CU PARA AL 25-50 mm² / CU 4-10 mm² PARA NEUTRO   | UND    | 6.00    | 6.00   | 4.27            | 25.62          |                  |
| 06.07  | LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 30w   | UND    | 1,200   | 1,200  | 230.00          | 2,760.00       |                  |
| <b>07.00</b>                                   | <b>CABLE AUTORRIANTE DE ALUMINIO TIPO CAAT DE :</b>   |        |         |        |                 |                | <b>1,770.80</b>  |
| 07.01  | CAAT f = 2x 25 + 1x 16/ 25 mm²  | m      | 0.00    | 0.00   | 7.01            | 0.00           |                  |
| 07.02  | CAAT d = 2x 16 + 1x 16/ 25 mm²  | m      | 0.00    | 0.00   | 5.91            | 0.00           |                  |
| 07.03  | CAAT c = 2x 16/ 25 mm²  | m      | 380.00  | 380.00 | 4.65            | 1,770.80       |                  |
| 07.04  | CAAT b = 1x 16 + 16/ 25 mm²   | m      | 0.00    | 0.00   | 4.65            | 0.00           |                  |
|  | CAAT a = 1x 16/ 25 mm²  | m      | 0.00    | 0.00   | 3.47            | 0.00           |                  |
| <b>TOTAL DE SUMINISTRO DE MATERIALES DE RS</b> |   |        |         |        |                 |                | <b>24,617.00</b> |

Procedencia: Elaboración del propio autor.

**Cuadro No36:** Montaje electromecánico de redes secundarias.

| <b>METRADO BASE</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
|---|---|----------------|---------|-------------|------------------|------------------|
| <b>REDES SECUNDARIAS 220 V</b>  |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>MONTAJE ELECTROMECHANICO DE REDES SECUNDARIAS</b>  |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>PROYECTO</b> "Evaluación de las energías renovables eólica y solar, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad ecológica Majanumia de la provincia de Jaén departamento Cajamarca" |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>PROPIETARIO :</b>  |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>DEPARTAMENT :</b> CAJAMARCA  |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>PROVINCIA :</b> Jaen   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>DISTRITO :</b> JAÉN  |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>COMUNIDAD :</b> COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA  |   |                |         |             |                  |                  |
| ITEM  | DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS   | UNID.          | METRADO | METRADO     | PRECIO UNIT. S/. | TOTAL S/.        |
|   |   |                | CANT.   | TOTAL CANT. |                  |                  |
| <b>SUB-TOTAL 1:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>1.00</b>   | <b>INSTALACIÓN DE POSTES DE CONCRETO</b>                        |                |         |             |                  |                  |
| 1.01  | TRANSPORTE DE POSTE DE CAC 8 m DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE      | Und.           | 13.00   | 13.00       | 80.81            | 1,050.53         |
| 1.02  | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)         | m <sup>3</sup> | 11.00   | 11.00       | 37.11            | 408.21           |
| 1.03  | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)                          | m <sup>3</sup> | 2.00    | 2.00        | 198.92           | 397.84           |
| 1.04  | IZAJE DE POSTE DE 8 m   | Und.           | 13.00   | 13.00       | 54.86            | 713.18           |
| 1.05  | CIMENTACIÓN DE POSTE DE 8m                                      | m <sup>3</sup> | 13.00   | 13.00       | 113.59           | 1,476.67         |
| 1.06  | SEÑALIZACIÓN Y NUMERACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO            | Und.           | 13.00   | 13.00       | 9.55             | 124.15           |
| <b>SUB-TOTAL 1:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>2.00</b>   | <b>INSTALACIÓN DE RETENIDAS</b>                                 |                |         |             |                  | <b>4,170.58</b>  |
| 2.01  | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)         | m <sup>3</sup> | 11.00   | 8.00        | 37.11            | 296.88           |
| 2.02  | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)                          | m <sup>3</sup> | 3.00    | 3.00        | 198.92           | 596.76           |
| 2.03  | INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA                               | Und.           | 11.00   | 11.00       | 31.90            | 350.90           |
| 2.04  | INSTALACIÓN DE RETENIDA VERTICAL                                | Und.           | 0.00    | 0.00        | 45.44            | 0.00             |
| 2.05  | RELLENO Y COMPACTACIÓN DE RETENIDA INCLINADA Y VERTICAL         | m <sup>3</sup> | 11.00   | 11.00       | 41.84            | 460.24           |
| <b>SUB-TOTAL 2:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>3.00</b>   | <b>MONTAJE DE ARMADOS</b>                                       |                |         |             |                  | <b>1,704.78</b>  |
| 3.01  | ARMADO TIPO E1, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA           | Und.           | 0.00    | 0.00        | 22.63            | 0.00             |
| 3.02  | ARMADO TIPO E1/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA         | Und.           | 5.00    | 5.00        | 17.03            | 85.15            |
| 3.03  | ARMADO TIPO E2, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA           | Und.           | 0.00    | 0.00        | 19.27            | 0.00             |
| 3.04  | ARMADO TIPO E2/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA         | Und.           | 0.00    | 0.00        | 13.81            | 0.00             |
| 3.05  | ARMADO TIPO E3, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA           | Und.           | 10.00   | 4.00        | 17.28            | 69.12            |
| 3.06  | ARMADO TIPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA         | Und.           | 0.00    | 0.00        | 16.37            | 0.00             |
| 3.07  | ARMADO TIPO E4, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA           | Und.           | 4.00    | 4.00        | 20.22            | 80.88            |
| 3.08  | ARMADO TIPO E4/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA         | Und.           | 0.00    | 0.00        | 16.61            | 0.00             |
| 3.09  | ARMADO TIPO E5, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA           | Und.           | 5.00    | 1.00        | 22.63            | 22.63            |
| 3.10  | ARMADO TIPO E5/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA         | Und.           | 0.00    | 0.00        | 14.71            | 0.00             |
| 3.11  | ARMADO TIPO E6, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA           | Und.           | 0.00    | 0.00        | 27.87            | 0.00             |
| 3.12  | ARMADO TIPO E6/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA         | Und.           | 0.00    | 0.00        | 22.63            | 0.00             |
| <b>SUB-TOTAL 3:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>4.00</b>   | <b>MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES</b>                     |                |         |             |                  | <b>257.78</b>    |
| COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :   |   |                |         |             |                  |                  |
| 4.01  | CONDUCTOR AUTOPORTANTE CAI 2X25+1X16/25 mm <sup>2</sup>         | Km             | 0.00    | 0.00        | 790.35           | 0.00             |
| 4.02  | CONDUCTOR AUTOPORTANTE CAI 2X16+1X16/25 mm <sup>2</sup>         | Km             | 0.00    | 0.00        | 695.06           | 0.00             |
| 4.03  | CONDUCTOR AUTOPORTANTE CAI 2X16/25 mm <sup>2</sup>              | Km             | 0.00    | 0.00        | 561.05           | 0.00             |
| 4.03  | CONDUCTOR AUTOPORTANTE CAI 1X16+16/25 mm <sup>2</sup>           | Km             | 0.00    | 0.00        | 561.05           | 0.00             |
| 4.04  | CONDUCTOR AUTOPORTANTE CAI 1X16/25 mm <sup>2</sup>              | Km             | 2.17    | 2.17        | 472.20           | 1,026.56         |
| <b>SUB-TOTAL 4:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>5.00</b>   | <b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>                           |                |         |             |                  | <b>1,026.56</b>  |
| 5.01  | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)         | m <sup>3</sup> | 4.00    | 2.00        | 37.11            | 74.22            |
| 5.02  | EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)                          | m <sup>3</sup> | 2.00    | 3.00        | 198.92           | 596.76           |
| 5.03  | INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO  | Und.           | 8.00    | 5.00        | 23.23            | 116.15           |
| 5.04  | RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA                       | m <sup>3</sup> | 6.00    | 5.00        | 53.75            | 268.75           |
| <b>SUB-TOTAL 5:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>6.00</b>   | <b>PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS</b>                        |                |         |             |                  | <b>1,055.88</b>  |
| 6.01  | INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°                                | Und.           | 0.00    | 6.00        | 23.61            | 141.66           |
| 6.02  | INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA                              | Und.           | 0.00    | 6.00        | 13.87            | 83.22            |
| <b>SUB-TOTAL 6:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>7.00</b>   | <b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>                                 |                |         |             |                  | <b>224.88</b>    |
| INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE COMPRENDE : CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIAS, MONTAJE DE MEDIDOR Y CONTRASTE DEL MEDIDOR.   |   |                |         |             |                  |                  |
| 7.01  | CONEXIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS, CONFIGURACIÓN: CORTA      | Und.           | 18.00   | 18.00       | 29.40            | 529.20           |
| 7.02  | CONEXIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS, CONFIGURACIÓN: LARGA      | Und.           | 2.00    | 2.00        | 21.08            | 42.16            |
| 7.03  | INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA Y CAJA                 | Und.           | 0.00    | 0.00        | 20.14            | 0.00             |
| 7.04  | CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO | Und.           | 23.00   | 23.00       | 25.00            | 575.00           |
| <b>SUB-TOTAL 7:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>8.00</b>   | <b>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:</b>                            |                |         |             |                  | <b>1,146.36</b>  |
| 8.01  | PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO                                    | Loc            | 1.00    | 1.00        | 493.26           | 493.26           |
| <b>SUB-TOTAL 8:</b>   |   |                |         |             |                  |                  |
| <b>TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO DE RS</b>   |   |                |         |             | <b>S/.</b>       | <b>10,080.08</b> |

Procedencia: Elaboración del propio autor.

**Cuadro No37:** Costo directo de la red secundaria

| <b>APROVECHAMIENTO DEL RECURSO SOLAR FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA DE LA PROVINCIA DE JAÉN.</b> |                                 |                 |
|--|---------------------------------|-----------------|
| <b>RESUMEN GENERAL DE RED SECUNDARIA</b>   |                                 |                 |
| <b>ÍTEM</b>  | <b>DESCRIPCIÓN</b>              | <b>PRECIO</b>   |
| <b>A</b>   | <b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b> | <b>24617.00</b> |
| <b>B</b>   | <b>MONTAJE ELECTROMECAÁNICO</b> | <b>10080.08</b> |
| <b>C</b>   | <b>TRANSPORTE DE MATERIALES</b> | <b>8320.54</b>  |
| <b>D</b>   | <b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>      | <b>44382.36</b> |

Fuente: Elaboración propia.

### 5.9. Costo total.

**Cuadro No38:** Resumen general del sistema solar fotovoltaico

| <b>RESUMEN GENERAL DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA COMUNIDAD ECOLÓGICA MAJANUMIA</b> |                                   |                    |
|---|-----------------------------------|--------------------|
| <b>ÍTEM</b>   | <b>DESCRIPCIÓN</b>                | <b>COSTO (S/.)</b> |
| <b>A</b>  | <b>SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b> | <b>126841.68</b>   |
| <b>B</b>  | <b>RED SECUNDARIA</b>             | <b>44382.36</b>    |
| <b>C</b>  | <b>SUB – TOTAL</b>                | <b>171224.04</b>   |
| <b>D</b>  | <b>GASTOS GENERALES (10%)</b>     | <b>17122.404</b>   |
| <b>E</b>  | <b>UTILIDADES (5%)</b>            | <b>8561.202</b>    |
| <b>F</b>  | <b>GASTO TOTAL</b>                | <b>196907.646</b>  |
| <b>G</b>  | <b>IGV (18%)</b>                  | <b>35443.376</b>   |
| <b>H</b>  | <b>CAPACITACIÓN DE POBLADORES</b> | <b>2550.00</b>     |
| <b>I</b>  | <b>COSTO TOTAL + IGV</b>          | <b>234901.02</b>   |

Fuente: Elaboración del propio autor.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1. Conclusiones.**

- a. La información sobre la velocidad media mensual del viento ha sido obtenida de la estación meteorológica automática EMA en la provincia de Jaén (SENAMHI). En este marco, el mes con las condiciones más desfavorables se ha identificado como marzo, con una velocidad del viento de 2.205 m/s. Se han registrado un total de 735 valores de velocidad del viento, obtenidos mediante mediciones horarias. En relación con la radiación solar, se han revisado múltiples fuentes, incluyendo la NASA, el Atlas Solar del Perú y el software Solarius PV. Tras calcular el promedio de estos datos, se ha obtenido una irradiancia solar de 4.85 kWh/m<sup>2</sup>/día. Con base en esta información, se ha llevado a cabo el dimensionamiento de los sistemas eólicos, fotovoltaicos y el sistema híbrido eólico-fotovoltaico.
- b. La estimación de la demanda energética diaria promedio para los siguientes 20 años en la comunidad ecológica Majanumia asciende a 32,422.43 Wh/día, con una demanda máxima alcanzando los 7,850 W. Estas proyecciones se derivan de análisis detallados de las cargas habituales de las viviendas, así como de los requerimientos energéticos del colegio, el centro comunitario y un parque de dimensiones reducidas.
- c. El diseño del sistema solar fotovoltaico propuesto incluye 22 paneles solares modelo JKM330PP-72 de JINKO Solar, con una potencia nominal de entre 310 y 330 vatios cada uno. Se empleará un regulador de carga MPPT LCD de 80 A fabricado por Must Solar, específicamente diseñado para sistemas de 12/24/48 V. Además, se utilizarán 32 baterías de la marca RITAR, con una capacidad de 260 Ah cada una. Para completar el sistema, se integrará un inversor de 10 kW también fabricado por Must Solar.
- d. El costo aproximado del sistema solar fotovoltaico, que incluye la red de distribución, se estima en S/. 234,901.02.

### **6.2. Recomendaciones.**

- a. Es fundamental evitar la manipulación de las instalaciones sin el conocimiento adecuado o sin la supervisión de personal autorizado, con el fin de mitigar riesgos de accidentes y daños a los equipos.

- b. Se aconseja llevar a cabo evaluaciones periódicas de los equipos en operación para asegurar su funcionamiento óptimo.
- c. Resulta de suma importancia que el personal responsable de llevar a cabo la inspección y mantenimiento de los equipos e instalaciones en la planta fotovoltaica solar cuente con la formación y capacitación adecuadas.
- d. Respecto al regulador de carga, las baterías y el inversor, es necesario protegerlos contra la exposición directa a los rayos solares y situarlos en lugares con una ventilación adecuada para prevenir el sobrecalentamiento y preservar su eficiencia y durabilidad.
- e. En futuras investigaciones destinadas a la comunidad, se sugiere llevar a cabo un examen acerca de la biomasa como una posible fuente para la producción de energía eléctrica.
- f. Se propone la formulación de estrategias de acción a niveles nacional, bilateral y multilateral, con el objetivo de fomentar la investigación y el progreso en eficiencia energética y fuentes de energía renovable, con el fin de aportar al bienestar de nuestro planeta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1) Abella, M. A. (2013). Sistema Fotovoltaico. Madrid.
- 2) Acevedo, F. d. (2016). Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios. (tesis de licenciatura). unat, bogotá).
- 3) Alva, J. (2016). Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica. (Tesis de Licenciatura). Universidad Cesar Vallejo, Cajamarca.
- 4) Alvares, C. (2006). Energía Eolica. Madrid.
- 5) Bocanegra, Eduardo. Electrificación de zonas marginadas mediante el empleo de fuentes de energía alternas. s.l. : Universidad Tecnológica de Capehe.
- 6) Chávez, E., (2019). Evaluación de las energías renovables eólica y solar, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad ecológica Majanumia de la provincia de Jaén, departamento Cajamarca [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- 7) Cencolar. (2009). La energía solar. Sevilla: Progenza.
- 8) Chercca, J. A. (2014). Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural La gramita de Casma. (Tesis de Maestria). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- 9) Cornejo, H. (2013). Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno. Tesis. Universidad de Piura, Piura.
- 10) Cornejo, H. (2013). Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno. Tesis. Universidad de Piura, Piura.
- 11) Diaz de Ceballos, M. (1988). Libro de las Energías Renovables. España: Artes Gráficas Gala, S.L.
- 12) Escobedo, R. (2018). Implementación de un sistema fotovoltaico para un laboratorio de cómputo en el colegio nacional “coloso y emblemático jaén de bracamoros – jaén - cajamarca. (Tesis de Licenciatura). UNPRG, Lambayeque.
- 13) García, L. 2016. Energía Eólica y Desarrollo Sostenible en la Región de la Rumorosa, Municipio de Tecate. s.l., Mexico : Centro de Investigación Científicay de Educación Superior de Ensenada, 2016.
- 14) Gamarra, J. L. (2019). Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del centro poblado siete techos ubicado en el distrito de reque-chiclayo – lambayeque. (Tesis de Licenciatura). Unprg, Lambayeque.

- 15) Guerra, L. D. (2013). Estudio de factibilidad técnico/económico de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica para escuelas de Quinchao. (tesis de licenciatura). universidad de Chile, Chile.
- 16) Herbas, J. A., & Moscoso, M. F. (2015). "Análisis del potencial eólico y solar para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica en base al uso de energías alternativas en el páramo chulapas, periodo 2015". (tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga - Ecuador.
- 17) Lopez Ruiz, P. (2015). sistema fotovoltaico. valencia.
- 18) Rivera, J. (2018). Diseño de un sistema híbrido eólico solar para la generación de energía eléctrica para el caserío virgen del carmen distrito y provincia de jaén departamento de cajamarca. (Tesis de Licenciatura). UNPRG, Lambayeque.
- 19) Segura Lopez, Elmer Humberto y Valdera Sandoval, Pedro Enrique. 2015. Diseño de un sistema eólico para suministrar de energía eléctrica a la comunidad de monteverde, distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo. Para obtener el título de ingeniero mecánico electricista. Pimentel, Perú : Repositorio Institucional USS, 2015
- 20) Serna diaz de cevallos, M. (1988). El libro de las energías Renovables. Madrid: Printed in Spain.
- 21) Tarrillo, J. (2019). Aprovechamiento de los recursos solar y eólico para suministrar energía eléctrica al caserío Sandoval y Vallejo del distrito de Motupe - lambayeque. (Tesis de Licenciatura). Unprg, Lambayeque.

## ANEXOS

## **ANEXO 1 - VELOCIDAD DE VIENTO MARSO - EMA JAÉN**

R

Rosa Lorena Chavesta Lluen (DZ2) <rchavesta@senamhi.gob.pe>

Mié 30/10/2019 18:04

Para: everch\_1988@hotmail.com ✉



jaen\_2018\_viento y horas.xlsx

10 KB

Por favor confirmar recepción vía email. gracias

D: Av. Manuel Arteaga N°620, Chiclayo - Lambayeque

T:074-225589 Anexo -

C: -

E: rchavesta@senamhi.gob.pe

W: [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)



Rosa Lorena

Chavesta Lluen

ASISTENTE EN  
PROCESAMIENTO  
DE DATOS  
DIRECCION  
ZONAL 2  
SENAMHI - PERÚ

## SENAMHI - Perú

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) informó que las altas temperaturas y la humedad ocasionada por las lluvias, contribuirían a la presencia de enfermedades como la sigatoka negra en las plantaciones de banano ubicadas en las zonas costeras de las regiones de Piura

[www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

SENAMHI es una institución responsable con el medio ambiente. Le pedimos no imprimir este correo a menos que sea absolutamente necesario. Reduzca - Reuse - Recicle

| ANO / MES / DIA | HORA  | VELOCIDAD DEL VIENTO (2 m/s) | VELOCIDAD DEL VIENTO (18 m/s) |
|-----------------|-------|------------------------------|-------------------------------|
| 01/03/2018      | 01:00 | 1.5                          | 2.77510335                    |
| 01/03/2018      | 02:00 | 1.8                          | 3.33012402                    |
| 01/03/2018      | 03:00 | 1                            | 1.8500689                     |
| 01/03/2018      | 04:00 | 0.5                          | 0.92503445                    |
| 01/03/2018      | 05:00 | 0.1                          | 0.18500689                    |
| 01/03/2018      | 06:00 | 0.4                          | 0.74002756                    |
| 01/03/2018      | 07:00 | 0.6                          | 1.11004134                    |
| 01/03/2018      | 08:00 | 1                            | 1.8500689                     |
| 01/03/2018      | 09:00 | 1.1                          | 2.03507579                    |
| 01/03/2018      | 10:00 | 1.4                          | 2.59009646                    |
| 01/03/2018      | 11:00 | 3                            | 5.5502067                     |
| 01/03/2018      | 12:00 | 0.7                          | 1.29504823                    |
| 01/03/2018      | 13:00 | 1.1                          | 2.03507579                    |
| 01/03/2018      | 14:00 | 3                            | 5.5502067                     |
| 01/03/2018      | 15:00 | 2.6                          | 4.81017914                    |
| 01/03/2018      | 16:00 | 1.9                          | 3.51513091                    |
| 01/03/2018      | 17:00 | 3.1                          | 5.73521359                    |
| 01/03/2018      | 18:00 | 1.8                          | 3.33012402                    |
| 01/03/2018      | 19:00 | 0.4                          | 0.74002756                    |
| 01/03/2018      | 20:00 | 1.3                          | 2.40508957                    |
| 01/03/2018      | 21:00 | 2.8                          | 5.18019292                    |
| 01/03/2018      | 22:00 | 1.6                          | 2.96011024                    |
| 01/03/2018      | 23:00 | 1.7                          | 3.14511713                    |
| 02/03/2018      | 00:00 | 0.6                          | 1.11004134                    |
| 02/03/2018      | 01:00 | 1.4                          | 2.59009646                    |
| 02/03/2018      | 02:00 | 0.6                          | 1.11004134                    |
| 02/03/2018      | 03:00 | 0.7                          | 1.29504823                    |
| 02/03/2018      | 04:00 | 0.8                          | 1.48005512                    |
| 02/03/2018      | 05:00 | 0.2                          | 0.37001378                    |
| 02/03/2018      | 06:00 | 0.7                          | 1.29504823                    |
| 02/03/2018      | 07:00 | 0.6                          | 1.11004134                    |
| 02/03/2018      | 08:00 | 0.1                          | 0.18500689                    |
| 02/03/2018      | 09:00 | 0.6                          | 1.11004134                    |
| 02/03/2018      | 10:00 | 0.9                          | 1.66506201                    |
| 02/03/2018      | 11:00 | 0.4                          | 0.74002756                    |
| 02/03/2018      | 12:00 | 0.7                          | 1.29504823                    |
| 02/03/2018      | 13:00 | 0.3                          | 0.55502067                    |
| 02/03/2018      | 14:00 | 1.3                          | 2.40508957                    |
| 02/03/2018      | 15:00 | 2.8                          | 5.18019292                    |
| 02/03/2018      | 16:00 | 0.1                          | 0.18500689                    |
| 02/03/2018      | 17:00 | 1.2                          | 2.22008268                    |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 02/03/2018 | 18:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 02/03/2018 | 19:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 02/03/2018 | 20:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 02/03/2018 | 22:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 02/03/2018 | 23:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 03/03/2018 | 00:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 03/03/2018 | 01:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 03/03/2018 | 02:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 03/03/2018 | 03:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 03/03/2018 | 04:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 03/03/2018 | 05:00 | 1   | 1.8500689  |
| 03/03/2018 | 06:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 03/03/2018 | 07:00 | 1   | 1.8500689  |
| 03/03/2018 | 08:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 03/03/2018 | 09:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 03/03/2018 | 10:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 03/03/2018 | 11:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 03/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 03/03/2018 | 13:00 | 2   | 3.7001378  |
| 03/03/2018 | 14:00 | 2.8 | 5.18019292 |
| 03/03/2018 | 15:00 | 3.5 | 6.47524115 |
| 03/03/2018 | 16:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 03/03/2018 | 17:00 | 2.7 | 4.99518603 |
| 03/03/2018 | 18:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 03/03/2018 | 19:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 03/03/2018 | 20:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 03/03/2018 | 21:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 03/03/2018 | 22:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 03/03/2018 | 23:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 04/03/2018 | 00:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 04/03/2018 | 01:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 04/03/2018 | 02:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 04/03/2018 | 03:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 04/03/2018 | 04:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 04/03/2018 | 05:00 | 1   | 1.8500689  |
| 04/03/2018 | 06:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 04/03/2018 | 07:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 04/03/2018 | 08:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 04/03/2018 | 09:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 04/03/2018 | 10:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 04/03/2018 | 11:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 04/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 04/03/2018 | 13:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 04/03/2018 | 14:00 | 0.6 | 1.11004134 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 04/03/2018 | 15:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 04/03/2018 | 16:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 04/03/2018 | 17:00 | 3.1 | 5.73521359 |
| 04/03/2018 | 18:00 | 4.7 | 8.69532383 |
| 04/03/2018 | 19:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 04/03/2018 | 20:00 | 2.4 | 4.44016536 |
| 04/03/2018 | 21:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 04/03/2018 | 22:00 | 2.4 | 4.44016536 |
| 04/03/2018 | 23:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 05/03/2018 | 01:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 05/03/2018 | 02:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 05/03/2018 | 03:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 05/03/2018 | 04:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 05/03/2018 | 05:00 | 1   | 1.8500689  |
| 05/03/2018 | 06:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 05/03/2018 | 07:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 05/03/2018 | 08:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 05/03/2018 | 09:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 05/03/2018 | 10:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 05/03/2018 | 11:00 | 2.6 | 4.81017914 |
| 05/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 05/03/2018 | 13:00 | 2.6 | 4.81017914 |
| 05/03/2018 | 14:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 05/03/2018 | 15:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 05/03/2018 | 16:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 05/03/2018 | 17:00 | 3.1 | 5.73521359 |
| 05/03/2018 | 18:00 | 2.3 | 4.25515847 |
| 05/03/2018 | 19:00 | 2.4 | 4.44016536 |
| 05/03/2018 | 20:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 05/03/2018 | 21:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 05/03/2018 | 22:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 05/03/2018 | 23:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 06/03/2018 | 00:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 06/03/2018 | 01:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 06/03/2018 | 02:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 06/03/2018 | 03:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 06/03/2018 | 04:00 | 3.9 | 7.21526871 |
| 06/03/2018 | 05:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 06/03/2018 | 06:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 06/03/2018 | 07:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 06/03/2018 | 08:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 06/03/2018 | 09:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 06/03/2018 | 10:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 06/03/2018 | 11:00 | 1.8 | 3.33012402 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 06/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 06/03/2018 | 13:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 06/03/2018 | 14:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 06/03/2018 | 15:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 06/03/2018 | 16:00 | 3.6 | 6.66024804 |
| 06/03/2018 | 17:00 | 3.4 | 6.29023426 |
| 06/03/2018 | 18:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 06/03/2018 | 19:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 06/03/2018 | 20:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 06/03/2018 | 21:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 06/03/2018 | 22:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 06/03/2018 | 23:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 07/03/2018 | 01:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 07/03/2018 | 02:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 07/03/2018 | 03:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 07/03/2018 | 04:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 07/03/2018 | 05:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 07/03/2018 | 06:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 07/03/2018 | 07:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 07/03/2018 | 08:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 07/03/2018 | 09:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 07/03/2018 | 10:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 07/03/2018 | 11:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 07/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 07/03/2018 | 13:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 07/03/2018 | 14:00 | 2   | 3.7001378  |
| 07/03/2018 | 15:00 | 4   | 7.4002756  |
| 07/03/2018 | 16:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 07/03/2018 | 17:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 07/03/2018 | 18:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 07/03/2018 | 19:00 | 3   | 5.5502067  |
| 07/03/2018 | 20:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 07/03/2018 | 21:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 07/03/2018 | 22:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 07/03/2018 | 23:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 08/03/2018 | 00:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 08/03/2018 | 01:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 08/03/2018 | 02:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 08/03/2018 | 03:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 08/03/2018 | 04:00 | 2   | 3.7001378  |
| 08/03/2018 | 05:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 08/03/2018 | 06:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 08/03/2018 | 07:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 08/03/2018 | 08:00 | 0.9 | 1.66506201 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 08/03/2018 | 09:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 08/03/2018 | 10:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 08/03/2018 | 11:00 | 2   | 3.7001378  |
| 08/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 08/03/2018 | 13:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 08/03/2018 | 14:00 | 3.2 | 5.92022048 |
| 08/03/2018 | 15:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 08/03/2018 | 16:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 08/03/2018 | 17:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 08/03/2018 | 18:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 08/03/2018 | 19:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 08/03/2018 | 20:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 08/03/2018 | 21:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 08/03/2018 | 22:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 08/03/2018 | 23:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 09/03/2018 | 00:00 | 1   | 1.8500689  |
| 09/03/2018 | 01:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 09/03/2018 | 02:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 09/03/2018 | 03:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 09/03/2018 | 04:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 09/03/2018 | 05:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 09/03/2018 | 06:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 09/03/2018 | 07:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 09/03/2018 | 08:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 09/03/2018 | 09:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 09/03/2018 | 10:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 09/03/2018 | 11:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 09/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 09/03/2018 | 13:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 09/03/2018 | 14:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 09/03/2018 | 15:00 | 2.8 | 5.18019292 |
| 09/03/2018 | 16:00 | 2   | 3.7001378  |
| 09/03/2018 | 17:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 09/03/2018 | 18:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 09/03/2018 | 19:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 09/03/2018 | 20:00 | 2   | 3.7001378  |
| 09/03/2018 | 21:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 09/03/2018 | 22:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 09/03/2018 | 23:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 10/03/2018 | 00:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 10/03/2018 | 01:00 | 2.8 | 5.18019292 |
| 10/03/2018 | 02:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 10/03/2018 | 03:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 10/03/2018 | 04:00 | 0.8 | 1.48005512 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 10/03/2018 | 05:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 10/03/2018 | 06:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 10/03/2018 | 07:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 10/03/2018 | 08:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 10/03/2018 | 09:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 10/03/2018 | 10:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 10/03/2018 | 11:00 | 2.6 | 4.81017914 |
| 10/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 10/03/2018 | 13:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 10/03/2018 | 14:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 10/03/2018 | 15:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 10/03/2018 | 16:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 10/03/2018 | 17:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 10/03/2018 | 18:00 | 2   | 3.7001378  |
| 10/03/2018 | 19:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 10/03/2018 | 20:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 10/03/2018 | 21:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 10/03/2018 | 22:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 10/03/2018 | 23:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 11/03/2018 | 00:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 11/03/2018 | 01:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 11/03/2018 | 02:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 11/03/2018 | 03:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 11/03/2018 | 04:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 11/03/2018 | 05:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 11/03/2018 | 06:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 11/03/2018 | 07:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 11/03/2018 | 08:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 11/03/2018 | 09:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 11/03/2018 | 10:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 11/03/2018 | 11:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 11/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 11/03/2018 | 13:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 11/03/2018 | 14:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 11/03/2018 | 15:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 11/03/2018 | 16:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 11/03/2018 | 17:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 11/03/2018 | 18:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 11/03/2018 | 19:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 11/03/2018 | 20:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 11/03/2018 | 21:00 | 2.4 | 4.44016536 |
| 11/03/2018 | 22:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 11/03/2018 | 23:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 12/03/2018 | 00:00 | 0.9 | 1.66506201 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 12/03/2018 | 01:00 | 1   | 1.8500689  |
| 12/03/2018 | 02:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 12/03/2018 | 03:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 12/03/2018 | 04:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 12/03/2018 | 05:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 12/03/2018 | 06:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 12/03/2018 | 07:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 12/03/2018 | 08:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 12/03/2018 | 09:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 12/03/2018 | 10:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 12/03/2018 | 11:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 12/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 12/03/2018 | 13:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 12/03/2018 | 14:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 12/03/2018 | 15:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 12/03/2018 | 16:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 12/03/2018 | 17:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 12/03/2018 | 18:00 | 2   | 3.7001378  |
| 12/03/2018 | 19:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 12/03/2018 | 20:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 12/03/2018 | 21:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 12/03/2018 | 22:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 12/03/2018 | 23:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 13/03/2018 | 00:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 13/03/2018 | 01:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 13/03/2018 | 02:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 13/03/2018 | 03:00 | 1   | 1.8500689  |
| 13/03/2018 | 04:00 | 1   | 1.8500689  |
| 13/03/2018 | 05:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 13/03/2018 | 06:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 13/03/2018 | 07:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 13/03/2018 | 08:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 13/03/2018 | 09:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 13/03/2018 | 10:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 13/03/2018 | 11:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 13/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 13/03/2018 | 13:00 | 2.7 | 4.99518603 |
| 13/03/2018 | 14:00 | 2.4 | 4.44016536 |
| 13/03/2018 | 15:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 13/03/2018 | 16:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 13/03/2018 | 17:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 13/03/2018 | 18:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 13/03/2018 | 19:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 13/03/2018 | 20:00 | 0.3 | 0.55502067 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 13/03/2018 | 21:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 13/03/2018 | 22:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 13/03/2018 | 23:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 14/03/2018 | 00:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 14/03/2018 | 01:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 14/03/2018 | 02:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 14/03/2018 | 03:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 14/03/2018 | 04:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 14/03/2018 | 05:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 14/03/2018 | 06:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 14/03/2018 | 07:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 14/03/2018 | 08:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 14/03/2018 | 09:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 14/03/2018 | 10:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 14/03/2018 | 11:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 14/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 14/03/2018 | 13:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 14/03/2018 | 14:00 | 4.6 | 8.51031694 |
| 14/03/2018 | 16:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 14/03/2018 | 18:00 | 2.7 | 4.99518603 |
| 14/03/2018 | 19:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 14/03/2018 | 21:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 14/03/2018 | 23:00 | 2   | 3.7001378  |
| 15/03/2018 | 01:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 15/03/2018 | 03:00 | 2   | 3.7001378  |
| 15/03/2018 | 04:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 15/03/2018 | 05:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 15/03/2018 | 06:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 15/03/2018 | 07:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 15/03/2018 | 08:00 | 1   | 1.8500689  |
| 15/03/2018 | 09:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 15/03/2018 | 10:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 15/03/2018 | 11:00 | 2.6 | 4.81017914 |
| 15/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 15/03/2018 | 13:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 15/03/2018 | 14:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 15/03/2018 | 15:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 15/03/2018 | 16:00 | 2.7 | 4.99518603 |
| 15/03/2018 | 17:00 | 1   | 1.8500689  |
| 15/03/2018 | 18:00 | 3   | 5.5502067  |
| 15/03/2018 | 19:00 | 2.6 | 4.81017914 |
| 15/03/2018 | 20:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 15/03/2018 | 21:00 | 1   | 1.8500689  |
| 15/03/2018 | 22:00 | 2.7 | 4.99518603 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 15/03/2018 | 23:00 | 2.7 | 4.99518603 |
| 16/03/2018 | 00:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 16/03/2018 | 01:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 16/03/2018 | 02:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 16/03/2018 | 03:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 16/03/2018 | 04:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 16/03/2018 | 05:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 16/03/2018 | 06:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 16/03/2018 | 07:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 16/03/2018 | 08:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 16/03/2018 | 09:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 16/03/2018 | 10:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 16/03/2018 | 11:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 16/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 16/03/2018 | 13:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 16/03/2018 | 14:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 16/03/2018 | 15:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 16/03/2018 | 16:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 16/03/2018 | 17:00 | 1   | 1.8500689  |
| 16/03/2018 | 18:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 16/03/2018 | 19:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 16/03/2018 | 20:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 16/03/2018 | 21:00 | 3.7 | 6.84525493 |
| 16/03/2018 | 22:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 16/03/2018 | 23:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 17/03/2018 | 00:00 | 3.7 | 6.84525493 |
| 17/03/2018 | 01:00 | 2.8 | 5.18019292 |
| 17/03/2018 | 02:00 | 1   | 1.8500689  |
| 17/03/2018 | 03:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 17/03/2018 | 04:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 17/03/2018 | 05:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 17/03/2018 | 06:00 | 1   | 1.8500689  |
| 17/03/2018 | 07:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 17/03/2018 | 08:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 17/03/2018 | 09:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 17/03/2018 | 10:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 17/03/2018 | 11:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 17/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 17/03/2018 | 13:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 17/03/2018 | 14:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 17/03/2018 | 15:00 | 3.2 | 5.92022048 |
| 17/03/2018 | 16:00 | 2.7 | 4.99518603 |
| 17/03/2018 | 17:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 17/03/2018 | 18:00 | 0.6 | 1.11004134 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 17/03/2018 | 19:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 17/03/2018 | 20:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 17/03/2018 | 21:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 17/03/2018 | 22:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 17/03/2018 | 23:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 18/03/2018 | 00:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 18/03/2018 | 01:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 18/03/2018 | 02:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 18/03/2018 | 03:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 18/03/2018 | 04:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 18/03/2018 | 05:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 18/03/2018 | 06:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 18/03/2018 | 07:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 18/03/2018 | 08:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 18/03/2018 | 09:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 18/03/2018 | 10:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 18/03/2018 | 11:00 | 1   | 1.8500689  |
| 18/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 18/03/2018 | 13:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 18/03/2018 | 14:00 | 1   | 1.8500689  |
| 18/03/2018 | 15:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 18/03/2018 | 16:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 18/03/2018 | 17:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 18/03/2018 | 18:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 18/03/2018 | 19:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 18/03/2018 | 20:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 18/03/2018 | 21:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 18/03/2018 | 22:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 18/03/2018 | 23:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 19/03/2018 | 00:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 19/03/2018 | 01:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 19/03/2018 | 02:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 19/03/2018 | 03:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 19/03/2018 | 04:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 19/03/2018 | 05:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 19/03/2018 | 06:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 19/03/2018 | 07:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 19/03/2018 | 08:00 | 1   | 1.8500689  |
| 19/03/2018 | 09:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 19/03/2018 | 10:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 19/03/2018 | 11:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 19/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 19/03/2018 | 13:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 19/03/2018 | 14:00 | 2.3 | 4.25515847 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 19/03/2018 | 15:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 19/03/2018 | 16:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 19/03/2018 | 17:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 19/03/2018 | 18:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 19/03/2018 | 19:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 19/03/2018 | 20:00 | 3.4 | 6.29023426 |
| 19/03/2018 | 21:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 19/03/2018 | 22:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 19/03/2018 | 23:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 20/03/2018 | 00:00 | 1   | 1.8500689  |
| 20/03/2018 | 01:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 20/03/2018 | 02:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 20/03/2018 | 03:00 | 1   | 1.8500689  |
| 20/03/2018 | 04:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 20/03/2018 | 05:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 20/03/2018 | 06:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 20/03/2018 | 07:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 20/03/2018 | 08:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 20/03/2018 | 09:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 20/03/2018 | 10:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 20/03/2018 | 11:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 20/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 20/03/2018 | 13:00 | 2.9 | 5.36519981 |
| 20/03/2018 | 14:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 20/03/2018 | 15:00 | 3   | 5.5502067  |
| 20/03/2018 | 16:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 20/03/2018 | 17:00 | 3.5 | 6.47524115 |
| 20/03/2018 | 18:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 20/03/2018 | 19:00 | 1   | 1.8500689  |
| 20/03/2018 | 20:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 20/03/2018 | 21:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 20/03/2018 | 22:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 20/03/2018 | 23:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 21/03/2018 | 00:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 21/03/2018 | 01:00 | 2.6 | 4.81017914 |
| 21/03/2018 | 02:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 21/03/2018 | 03:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 21/03/2018 | 04:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 21/03/2018 | 05:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 21/03/2018 | 06:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 21/03/2018 | 07:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 21/03/2018 | 08:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 21/03/2018 | 09:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 21/03/2018 | 10:00 | 1.4 | 2.59009646 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 21/03/2018 | 11:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 21/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 21/03/2018 | 13:00 | 2   | 3.7001378  |
| 21/03/2018 | 14:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 21/03/2018 | 15:00 | 2.3 | 4.25515847 |
| 21/03/2018 | 16:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 21/03/2018 | 17:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 21/03/2018 | 18:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 21/03/2018 | 19:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 21/03/2018 | 20:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 21/03/2018 | 21:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 21/03/2018 | 22:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 21/03/2018 | 23:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 22/03/2018 | 00:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 22/03/2018 | 01:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 22/03/2018 | 02:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 22/03/2018 | 03:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 22/03/2018 | 04:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 22/03/2018 | 05:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 22/03/2018 | 06:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 22/03/2018 | 07:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 22/03/2018 | 08:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 22/03/2018 | 09:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 22/03/2018 | 10:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 22/03/2018 | 11:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 22/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 22/03/2018 | 13:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 22/03/2018 | 14:00 | 2   | 3.7001378  |
| 22/03/2018 | 15:00 | 2.9 | 5.36519981 |
| 22/03/2018 | 16:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 22/03/2018 | 17:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 22/03/2018 | 18:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 22/03/2018 | 19:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 22/03/2018 | 20:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 22/03/2018 | 21:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 22/03/2018 | 22:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 22/03/2018 | 23:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 23/03/2018 | 00:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 23/03/2018 | 01:00 | 1   | 1.8500689  |
| 23/03/2018 | 02:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 23/03/2018 | 03:00 | 1   | 1.8500689  |
| 23/03/2018 | 04:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 23/03/2018 | 05:00 | 1   | 1.8500689  |
| 23/03/2018 | 06:00 | 0.9 | 1.66506201 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 23/03/2018 | 07:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 23/03/2018 | 08:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 23/03/2018 | 09:00 | 1   | 1.8500689  |
| 23/03/2018 | 10:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 23/03/2018 | 11:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 23/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 23/03/2018 | 13:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 23/03/2018 | 14:00 | 3.4 | 6.29023426 |
| 23/03/2018 | 15:00 | 4.4 | 8.14030316 |
| 23/03/2018 | 16:00 | 5   | 9.2503445  |
| 23/03/2018 | 17:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 23/03/2018 | 18:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 23/03/2018 | 19:00 | 2   | 3.7001378  |
| 23/03/2018 | 20:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 23/03/2018 | 21:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 23/03/2018 | 22:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 23/03/2018 | 23:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 24/03/2018 | 00:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 24/03/2018 | 01:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 24/03/2018 | 02:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 24/03/2018 | 03:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 24/03/2018 | 04:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 24/03/2018 | 05:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 24/03/2018 | 06:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 24/03/2018 | 07:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 24/03/2018 | 08:00 | 1   | 1.8500689  |
| 24/03/2018 | 09:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 24/03/2018 | 10:00 | 1   | 1.8500689  |
| 24/03/2018 | 11:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 24/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 24/03/2018 | 13:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 24/03/2018 | 14:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 24/03/2018 | 15:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 24/03/2018 | 16:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 24/03/2018 | 17:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 24/03/2018 | 18:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 24/03/2018 | 19:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 24/03/2018 | 20:00 | 2.7 | 4.99518603 |
| 24/03/2018 | 21:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 24/03/2018 | 22:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 24/03/2018 | 23:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 25/03/2018 | 00:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 25/03/2018 | 01:00 | 1   | 1.8500689  |
| 25/03/2018 | 02:00 | 1.2 | 2.22008268 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 25/03/2018 | 03:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 25/03/2018 | 04:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 25/03/2018 | 05:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 25/03/2018 | 06:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 25/03/2018 | 07:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 25/03/2018 | 08:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 25/03/2018 | 09:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 25/03/2018 | 10:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 25/03/2018 | 11:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 25/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 25/03/2018 | 13:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 25/03/2018 | 14:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 25/03/2018 | 15:00 | 1   | 1.8500689  |
| 25/03/2018 | 16:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 25/03/2018 | 17:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 25/03/2018 | 18:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 25/03/2018 | 19:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 25/03/2018 | 20:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 25/03/2018 | 21:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 25/03/2018 | 22:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 25/03/2018 | 23:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 26/03/2018 | 00:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 26/03/2018 | 01:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 26/03/2018 | 02:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 26/03/2018 | 03:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 26/03/2018 | 04:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 26/03/2018 | 05:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 26/03/2018 | 06:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 26/03/2018 | 07:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 26/03/2018 | 08:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 26/03/2018 | 09:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 26/03/2018 | 10:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 26/03/2018 | 11:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 26/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 26/03/2018 | 13:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 26/03/2018 | 14:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 26/03/2018 | 15:00 | 3.4 | 6.29023426 |
| 26/03/2018 | 16:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 26/03/2018 | 17:00 | 2.9 | 5.36519981 |
| 26/03/2018 | 18:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 26/03/2018 | 19:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 26/03/2018 | 20:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 26/03/2018 | 21:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 26/03/2018 | 22:00 | 1.2 | 2.22008268 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 26/03/2018 | 23:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 27/03/2018 | 00:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 27/03/2018 | 01:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 27/03/2018 | 02:00 | 1.8 | 3.33012402 |
| 27/03/2018 | 03:00 | 2.3 | 4.25515847 |
| 27/03/2018 | 04:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 27/03/2018 | 05:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 27/03/2018 | 06:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 27/03/2018 | 07:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 27/03/2018 | 08:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 27/03/2018 | 09:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 27/03/2018 | 10:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 27/03/2018 | 11:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 27/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 27/03/2018 | 13:00 | 3.1 | 5.73521359 |
| 27/03/2018 | 14:00 | 2   | 3.7001378  |
| 27/03/2018 | 15:00 | 3.6 | 6.66024804 |
| 27/03/2018 | 16:00 | 2.9 | 5.36519981 |
| 27/03/2018 | 17:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 27/03/2018 | 18:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 27/03/2018 | 19:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 27/03/2018 | 20:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 27/03/2018 | 21:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 27/03/2018 | 22:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 27/03/2018 | 23:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 28/03/2018 | 00:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 28/03/2018 | 01:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 28/03/2018 | 02:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 28/03/2018 | 03:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 28/03/2018 | 04:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 28/03/2018 | 05:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 28/03/2018 | 06:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 28/03/2018 | 07:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 28/03/2018 | 08:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 28/03/2018 | 09:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 28/03/2018 | 10:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 28/03/2018 | 11:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 28/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 28/03/2018 | 13:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 28/03/2018 | 14:00 | 3   | 5.5502067  |
| 28/03/2018 | 15:00 | 3   | 5.5502067  |
| 28/03/2018 | 16:00 | 2.4 | 4.44016536 |
| 28/03/2018 | 17:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 28/03/2018 | 18:00 | 5.2 | 9.62035828 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 28/03/2018 | 19:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 28/03/2018 | 20:00 | 2.9 | 5.36519981 |
| 28/03/2018 | 21:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 28/03/2018 | 22:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 28/03/2018 | 23:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 29/03/2018 | 00:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 29/03/2018 | 01:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 29/03/2018 | 02:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 29/03/2018 | 03:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 29/03/2018 | 04:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 29/03/2018 | 05:00 | 1   | 1.8500689  |
| 29/03/2018 | 06:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 29/03/2018 | 07:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 29/03/2018 | 08:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 29/03/2018 | 09:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 29/03/2018 | 10:00 | 2.6 | 4.81017914 |
| 29/03/2018 | 11:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 29/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 29/03/2018 | 13:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 29/03/2018 | 14:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 29/03/2018 | 15:00 | 2.1 | 3.88514469 |
| 29/03/2018 | 16:00 | 3.9 | 7.21526871 |
| 29/03/2018 | 17:00 | 5.4 | 9.99037206 |
| 29/03/2018 | 18:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 29/03/2018 | 19:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 29/03/2018 | 20:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 29/03/2018 | 21:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 29/03/2018 | 22:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 29/03/2018 | 23:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 30/03/2018 | 00:00 | 0.5 | 0.92503445 |
| 30/03/2018 | 01:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 30/03/2018 | 02:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 30/03/2018 | 03:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 30/03/2018 | 04:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 30/03/2018 | 05:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 30/03/2018 | 06:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 30/03/2018 | 07:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 30/03/2018 | 08:00 | 1   | 1.8500689  |
| 30/03/2018 | 09:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 30/03/2018 | 10:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 30/03/2018 | 11:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 30/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 30/03/2018 | 13:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 30/03/2018 | 14:00 | 0.7 | 1.29504823 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 30/03/2018 | 15:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 30/03/2018 | 16:00 | 4.3 | 7.95529627 |
| 30/03/2018 | 17:00 | 3.7 | 6.84525493 |
| 30/03/2018 | 18:00 | 1.5 | 2.77510335 |
| 30/03/2018 | 19:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 30/03/2018 | 20:00 | 1.7 | 3.14511713 |
| 30/03/2018 | 21:00 | 0.8 | 1.48005512 |
| 30/03/2018 | 22:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 30/03/2018 | 23:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 31/03/2018 | 00:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 31/03/2018 | 01:00 | 1.9 | 3.51513091 |
| 31/03/2018 | 02:00 | 1.4 | 2.59009646 |
| 31/03/2018 | 03:00 | 0.6 | 1.11004134 |
| 31/03/2018 | 04:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 31/03/2018 | 05:00 | 0.3 | 0.55502067 |
| 31/03/2018 | 06:00 | 0.2 | 0.37001378 |
| 31/03/2018 | 07:00 | 0.9 | 1.66506201 |

|            |       |     |            |
|------------|-------|-----|------------|
| 31/03/2018 | 08:00 | 0.1 | 0.18500689 |
| 31/03/2018 | 09:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 31/03/2018 | 10:00 | 1.1 | 2.03507579 |
| 31/03/2018 | 11:00 | 1.2 | 2.22008268 |
| 31/03/2018 | 12:00 | 0.7 | 1.29504823 |
| 31/03/2018 | 13:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 31/03/2018 | 14:00 | 2.2 | 4.07015158 |
| 31/03/2018 | 15:00 | 1   | 1.8500689  |
| 31/03/2018 | 16:00 | 0.4 | 0.74002756 |
| 31/03/2018 | 17:00 | 1.6 | 2.96011024 |
| 31/03/2018 | 18:00 | 1.3 | 2.40508957 |
| 31/03/2018 | 19:00 | 0.9 | 1.66506201 |
| 31/03/2018 | 20:00 | 1   | 1.8500689  |
| 31/03/2018 | 21:00 | 2.5 | 4.62517225 |
| 31/03/2018 | 22:00 | 2.9 | 5.36519981 |
| 31/03/2018 | 23:00 | 1.5 | 2.77510335 |

**ANEXO No2: FICHA TÉCNICA PANEL SOLAR JINKO SOLAR 330 W**

**ANEXO No3: FICHA TÉCNICA REGULADOR MPPT LCD- 80A  
12/24/48V MUST SOLAR**

**ANEXO No4: FICHA TÉCNICA BATERÍA RITAR 12V 260Ah DG GEL**

**ANEXO No5: FICHA TÉCNICA INVERSOR MUST SOLAR DE 10KW**

**ANEXO No6: FICHA TÉCNICA DEL AEROGENERADOR ENAIR 70  
PRO.**

**ANEXO N°7: CATÁLAGO DE FUSIBLES DE PROTECCIÓN.**

**ANEXO No8: CATÁLOGO DEL CONDUCTOR NHX-90.**

**ANEXO No9: FICHA TÉCNICA DE INTERRUPTOR  
TERMOMAGNÉTICO**

**ANEXO No10: PLANO DE LOTIZACIÓN**

**ANEXO No11: PLANO DE LAS VIVIENDAS**

**ANEXO No12: PLANO DE LA RED ELÉCTRICA 220 V**

**ANEXO No13: PLANO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA**

## PANEL FOTOGRÁFICO







## JKM330PP-72

### 310-330 Vatios

MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+ 3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001  
Productos con certificación IEC61215, IEC61730



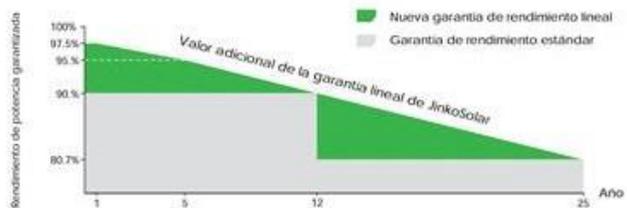

### Principales características



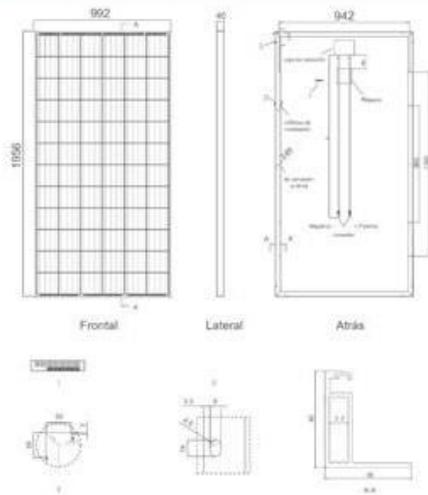
- 
**Célula solar 4 bus bar:**  
 La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.
- 
**Potencia Elevada:**  
 Los módulos de 72 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 330Wp.
- 
**Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):**  
 Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causada por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 60°C/85% de humedad relativa para la producción en masa...
- 
**Rendimiento con baja irradiación lumínica:**  
 El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.
- 
**Resistencia en condiciones climatológicas adversas:**  
 Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).
- 
**Resistencia en condiciones ambientales extremas:**  
 Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.
- 
**Coefficiente de Temperatura:**  
 El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

### GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto • 25 Años de garantía de potencia lineal



## Dibujos técnicos

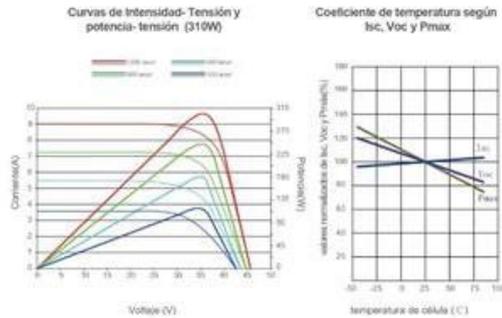


## Embalaje

(Dos cajas = un pallet)

25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 600 pzs./40'HQ contenedores

## Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



## Características mecánicas

|                  |  |
|------------------|--|
| Tipo de célula   | Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)                             |
| Nº de células    | 72 (6x12)  |
| Dimensiones      | 1956x992x40mm (77,01x39,05x1,57 pulgadas)                          |
| Peso             | 26,5 kg (58,4 libras.)   |
| Vidrio frontal   | 4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado |
| Estructura       | Aleación de aluminio anodizado                                     |
| Caja de conexión | Clase IP67   |
| Cables de salida | TUV 1x4,0 mm <sup>2</sup> , Longitud: 900mm                        |

## ESPECIFICACIONES

| Tipo de módulo                               | JKM310PP      |       | JKM315PP |       | JKM320PP |       | JKM325PP |       | JKM330PP |       |
|--|---------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
|  | STC           | NOCT  | STC      | NOCT  | STC      | NOCT  | STC      | NOCT  | STC      | NOCT  |
| Potencia nominal (Pmáx)                      | 310Wp         | 231Wp | 315Wp    | 235Wp | 320Wp    | 238Wp | 305Wp    | 242Wp | 330Wp    | 246Wp |
| Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)            | 37,0V         | 33,9V | 37,2V    | 34,3V | 37,4V    | 34,7V | 37,8V    | 35,0V | 37,8V    | 35,3V |
| Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)          | 8,38A         | 6,81A | 8,48A    | 6,84A | 8,56A    | 6,86A | 8,66A    | 6,91A | 8,74A    | 6,97A |
| Tensión en circuito abierto-VOC (V)          | 45,9V         | 42,7V | 46,2V    | 43,2V | 46,4V    | 43,7V | 46,7V    | 44,0V | 46,9V    | 44,1V |
| Corriente de cortocircuito-ISC (A)           | 8,96A         | 7,26A | 9,01A    | 7,29A | 9,05A    | 7,30A | 9,10A    | 7,34A | 9,14A    | 7,38A |
| Eficiencia del módulo (%)                    | 15,98%        |       | 16,23%   |       | 16,49%   |       | 16,75%   |       | 17,01%   |       |
| Temperatura de funcionamiento (°C)           | -40°C/+85°C   |       |          |       |          |       |          |       |          |       |
| Tensión máxima del sistema                   | 1000VDC (IEC) |       |          |       |          |       |          |       |          |       |
| VALORES máximos recomendados de los fusibles | 15A           |       |          |       |          |       |          |       |          |       |
| Tolerancia de potencia nominal (%)           | 0/+3%         |       |          |       |          |       |          |       |          |       |
| Coefficiente de temperatura de PMAX          | -0,40%/°C     |       |          |       |          |       |          |       |          |       |
| Coefficiente de temperatura de VOC           | -0,30%/°C     |       |          |       |          |       |          |       |          |       |
| Coefficiente de temperatura de ISC           | 0,06%/°C      |       |          |       |          |       |          |       |          |       |
| TEMPERATURA operacional nominal de célula    | -45±2°C       |       |          |       |          |       |          |       |          |       |

STC: Radiación 1000 W/m<sup>2</sup> Célula módulo 25°C AM=1.5

NOCT: Radiación 800 W/m<sup>2</sup> Ambiente módulo 20°C AM=1.5 Velocidad del viento 1m/s

\* TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

La empresa se reserva el derecho final de explicación de toda la información presentada por este medio. SP-MKT-330PP\_rev2016



### PC1800F Series MPPT Solar Charge Controller

#### Features:

- 60A/80A MPPT solar charge controller(Fan cooling)
- 12V/24V/48V (auto detection):36V(setting)
- MPPT efficiency>99%, Peak conversion efficiency >98%
- DSP processors technology ensure high speed and performance
- Multi-stage charging mode
- Protection: PV array short circuit , PV reverse polarity , Battery reverse polarity , Over charging , Output short circuit
- Equalization charging function
- BTS function

#### Introduction:

MPPT (Maximum Power Point Tracking)Solar Charge Controller offer an efficient, safe, multi-stage recharging process that prolongs battery life and assures peak performance from a solar array. Each Charge Controller allows customized battery recharging.

#### LCD Display Information



1. ON/SETU: Enter or exit setting mode.
2. UP: Increase the setting value.
3. DOWN: Decrease the setting value.
4. ENTER: Confirm the selection in setting mode.
5. LCD display

| LED Indicator   | Messages  |
|-----------------|---|
| 5. POWER ON     | The controller is on.   |
| CHARGING        | Flash: The controller is charging.<br>Blink: charge stage - Bulking every 0.5 seconds<br>Steady: Bulk stage - Bulking every 1 second<br>Flash: charge stage - Bulking every 3 seconds<br>Steady: Bulk stage - Bulking every 5 seconds |
| 6. FAULT        | Flash: Warning situation occurs.<br>Steady: Fault occurs.   |
| 7. WIRING FAULT | Battery polarities are not connected correctly.   |



1. PV+ PV array positive terminal
2. PV- PV array negative terminal
3. BA+ The battery positive terminal
4. BA- The battery negative terminal
5. COM RS485 Communication network terminal(Use for computer)
6. BTS Battery Remote Temperature sensor terminal
7. USB

#### Solar System Connection



### Specification

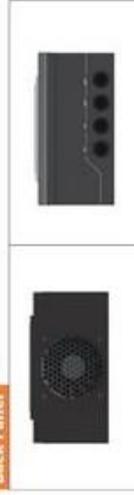
| Nominal Battery System Voltage       |  | 12V   | 24V     | 36V     | 48V     |
|--------------------------------------|--|---|---------|---------|---------|
| Battery Voltage                      |  | 12V   | 24V     | 36V     | 48V     |
| Maximum Solar Input Voltage          |  | 599V  | 599V    | 599V    | 599V    |
| PV Array MPPT Voltage Range          |  | 15-50V  | 30-100V | 45-150V | 60-150V |
| Max PV Input Power(12V)              |  | 1875W   | 1875W   | 1875W   | 1200W   |
| Max PV Input Power(24V)              |  | 3750W   | 3750W   | 3750W   | 2400W   |
| Max PV Input Power(36V)              |  | 3750W   | 3750W   | 3750W   | 3750W   |
| Max PV Input Power(48V)              |  | 3750W   | 3750W   | 3750W   | 3000W   |
| Charging Set points                  |  | Absorption Stage<br>Float stage   |         |         |         |
| AGM/GEL Lead battery (Default)       |  | 14.2V/28 6A/42 6V/56 8V<br>13.7V/27 4A/41 7V/54 8V  |         |         |         |
| Deep-charging voltage                |  | 14.4V/28 6A/42 6V/56 8V<br>13.7V/27 4A/41 7V/54 8V  |         |         |         |
| Over-charging constant voltage       |  | 14.2V/28 6A/42 6V/56 8V<br>13.7V/27 4A/41 7V/54 8V  |         |         |         |
| Battery detect voltage               |  | 13.8V/27 4A/41 7V/54 8V<br>13.0V/17 6V/25 8V/34 0V  |         |         |         |
| Temperature Compensation coefficient |  | -3mV/°C (at 25°C cell)  |         |         |         |
| Peak Conversion efficiency           |  | 98% (MPPT Efficiency 99%)   |         |         |         |
| Max Charging Current                 |  | 60 amps continuous @ 40°C ambient<br>80 amps continuous @ 40°C ambient  |         |         |         |
| Relaxing mode                        |  | Fan cooling   |         |         |         |
| Protection                           |  | Solar high voltage disconnect<br>Solar high voltage reconnect<br>Battery high voltage disconnect<br>Battery high voltage reconnect<br>High temperature disconnect<br>High temperature reconnect |         |         |         |
| Mounting                             |  | Wall mount  |         |         |         |
| Machine Dimension(W*H*D)             |  | 152*107*34mm (unit: mm)   |         |         |         |
| Gross Weight(Kg)                     |  | 3600pcs   |         |         |         |
| Package Dimension(W*H*D)             |  | 612*308*272mm (Spec:Carton)   |         |         |         |
| Environmental Rating                 |  | IP65 (per Carton)   |         |         |         |
| Operation Temperature Range          |  | Indoor  |         |         |         |
| Ambient Humidity                     |  | -25~50°C<br>0~90% relative humidity(non-condensing)   |         |         |         |
| Awards                               |  | 3000pcs   |         |         |         |
| Licensing/CE/UL/ROHS/REACH           |  | 3000pcs / 6000pcs / 12000pcs  |         |         |         |

\* Product specifications are subject to change without further notice.

#### Side panel



#### Back Panel





| Specification                      |  |
|------------------------------------|--|
| Cells Per Unit                     | 6  |
| Voltage Per Unit                   | 12   |
| Capacity                           | 260Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C  |
| Weight                             | Approx. 74.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)   |
| Internal Resistance                | Approx. 5 mΩ   |
| Terminal                           | F14 (M8)   |
| Max. Discharge Current             | 2600A (5 sec)  |
| Design Life                        | 15 years (floating charge)   |
| Maximum Charging Current           | 52.0A  |
| Reference Capacity                 | C3 177.6AH<br>C5 197.0AH<br>C10 226.0AH<br>C20 260.0AH   |
| Float Charging Voltage             | 13.6 V-13.8 V @ 25°C<br>Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell   |
| Cycle Use Voltage                  | 14.2 V-14.4 V @ 25°C<br>Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell   |
| Operating Temperature Range        | Discharge: -40°C-60°C<br>Charge: -20°C-50°C<br>Storage: -40°C-60°C   |
| Normal Operating Temperature Range | 25°C ± 5°C   |
| Self Discharge                     | RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charged batteries before using. |
| Container Material                 | A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.  |



DG (Deep Cycle GEL) series is pure GEL battery with 15 years floating design life, it is ideal for standby or frequent cyclic discharge applications under extreme environments. By using strong grids, high purity lead and patented Gel electrolyte, the DG series offers excellent recovery capability after deep discharge under frequent cyclic discharge use, and can deliver 450 cycles at 100% DOD. Suitable for solar & wind system, CATV, marine, RV and deep discharge UPS, and telecommunication, etc.



### Dimensions

| Parameter    | Value                 |
|--------------|-----------------------|
| Length       | 520±1mm (20.5 inches) |
| Width        | 268±1mm (10.6 inches) |
| Height       | 220±1mm (8.66 inches) |
| Total Height | 225±1mm (8.86 inches) |

| Terminal | Value     |
|----------|-----------|
| M5       | 6-7 N*m   |
| M6       | 8-10 N*m  |
| M8       | 10-12 N*m |

Unit: mm

### Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

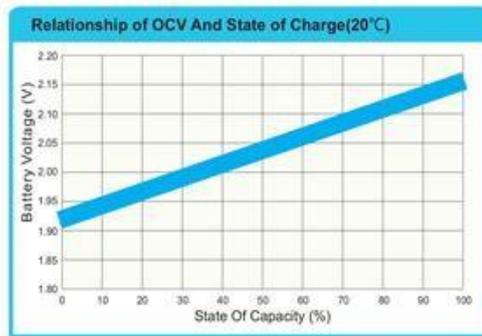
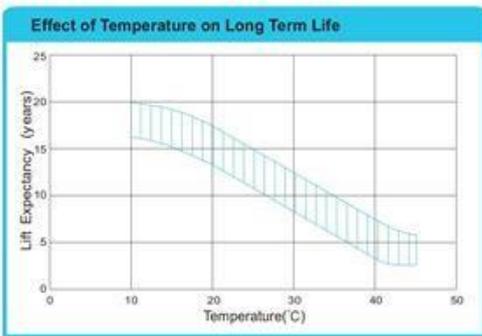
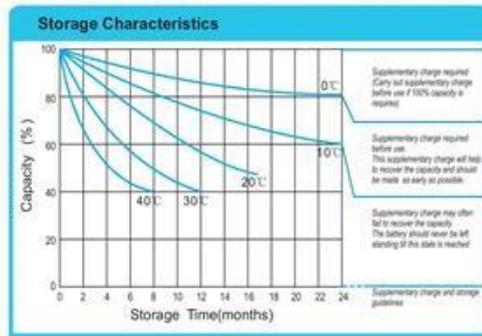
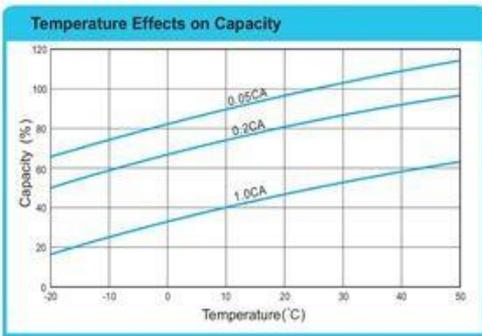
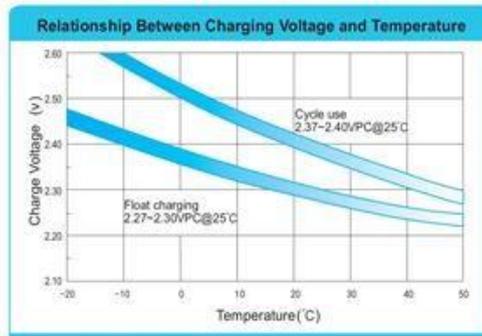
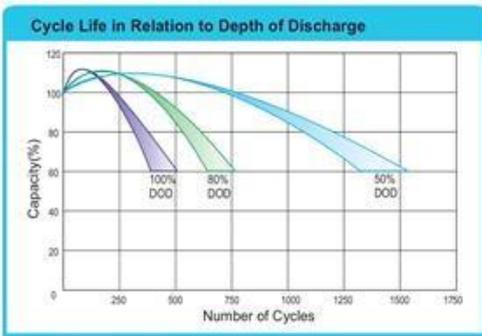
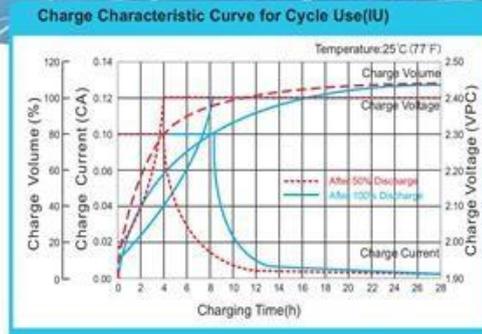
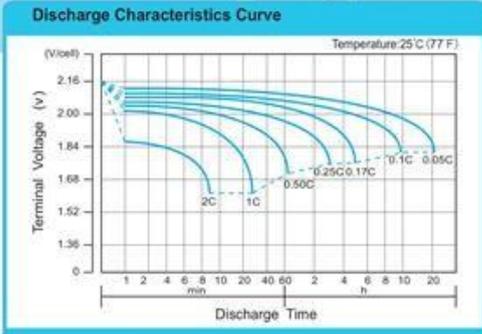
| F.V/Time | 15MIN | 30MIN | 1HR   | 2HR  | 3HR  | 4HR  | 5HR  | 8HR  | 10HR | 20HR |
|----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.60V    | 355.7 | 238.4 | 145.3 | 87.0 | 60.1 | 49.3 | 40.3 | 27.8 | 23.5 | 14.3 |
| 1.65V    | 348.4 | 236.3 | 144.7 | 86.3 | 59.9 | 49.0 | 40.1 | 27.5 | 23.3 | 13.8 |
| 1.70V    | 343.0 | 234.9 | 143.3 | 85.7 | 59.4 | 48.8 | 39.8 | 27.3 | 23.0 | 13.4 |
| 1.75V    | 330.4 | 231.2 | 142.0 | 85.0 | 59.2 | 48.4 | 39.4 | 27.1 | 22.8 | 13.0 |
| 1.80V    | 308.1 | 223.2 | 138.6 | 83.5 | 57.6 | 47.2 | 38.7 | 26.6 | 22.6 | 12.2 |
| 1.85V    | 279.5 | 211.1 | 131.7 | 79.8 | 55.0 | 44.9 | 37.0 | 25.5 | 21.9 | 11.7 |

### Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

| F.V/Time | 15MIN | 30MIN | 1HR | 2HR | 3HR | 4HR  | 5HR  | 8HR  | 10HR | 20HR |
|----------|-------|-------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 1.60V    | 652   | 453   | 280 | 171 | 119 | 97.9 | 80.2 | 55.3 | 46.8 | 25.3 |
| 1.65V    | 642   | 448   | 279 | 170 | 119 | 97.7 | 80.0 | 55.0 | 46.5 | 24.8 |
| 1.70V    | 634   | 449   | 277 | 169 | 119 | 97.5 | 79.7 | 54.6 | 46.1 | 24.4 |
| 1.75V    | 612   | 443   | 275 | 168 | 118 | 96.6 | 78.7 | 54.2 | 45.6 | 23.9 |
| 1.80V    | 573   | 429   | 270 | 166 | 115 | 94.4 | 77.3 | 53.3 | 45.2 | 23.5 |
| 1.85V    | 521   | 406   | 258 | 159 | 110 | 89.9 | 74.0 | 51.0 | 43.8 | 22.1 |

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.

# DG12-260(12V260Ah)



SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.  
URL: [www.ritarpower.com](http://www.ritarpower.com)

Add: 10th Floor, Tower C, 1st Building, Software Industry Base, No.81, Xuefu Road, Nanshan District, Shenzhen, Guangdong, China 518057  
Tel: +86-755-33981668/83475380 Fax: +86-755-83475180 E-mail: [sales@ritarpower.com](mailto:sales@ritarpower.com) Version 17A-0





# E30 PRO

Wind Turbine



**enair**  
FICHA TÉCNICA

Con una velocidad de viento medio situado en la nominal de 11m/s el modelo Enair 30PRO es capaz de generar más de 30kWh/día

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO**

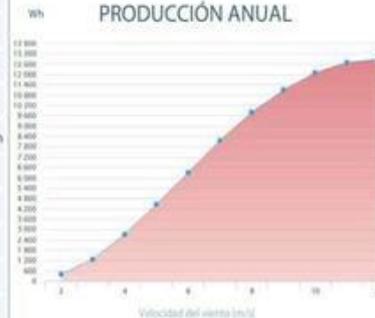
|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Número de palas                   | 3  |
| Material palas                    | Fibra de vidrio con resina y núcleo de poliuretano   |
| Generador                         | 250rpm nominales   imanes de neodimio  |
| Potencia                          | 3000W  |
| Potencia nominal                  | 1900W (Según IEC 61400-2)  |
| Tensión                           | 24 / 48 / 220V   |
| Clase de viento                   | CLASS I - IEC 61400-2/NVN I - A  |
| Diámetro                          | 3,8m   |
| Sentido de giro                   | Horario  |
| Área de barrido                   | 11,34m <sup>2</sup>  |
| Peso                              | 125kg  |
| Aplicaciones                      | Carga de baterías 24 o 48V y conexión a red  |
| Viento de arranque                | 1,8m/s   |
| Velocidad nominal                 | 11m/s  |
| Vel. regulación del paso variable | 12m/s  |
| Velocidad supervivencia           | 60m/s  |
| Rango de generación eficiente     | De 2 a 60m/s   |
| Tipo                              | Rotor de eje horizontal a bariovento   |
| Orientación                       | Sistema pasivo con timón de orientación  |
| Control de potencia               | Sistema de paso variable pasivo centrífugo con 2 velocidades de actuación  |
| Transmisión                       | Directa  |
| Freno                             | Eléctrico por cortocircuito y aerodinámico por paso variable   |
| Controlador                       | Carga de baterías y conexión a red   |
| Inversor eólico                   | Eficiencia 97%; algoritmo MPPT   |
| Ruido                             | 48dB   Reducción al mínimo debido al diseño de las palas y las bajas revoluciones. 1% más que el ruido ambiente del viento |
| Protección anti-corrosión         | Hermético, pintura epoxi de secado al horno de alta temperatura, generando un recubrimiento plástico                       |
| Torre                             | Celosía, presilla y tubular. Abatibles o fijas; de altura variable según condiciones                                       |

**CLASS I Wind Turbine**  
IEC 61400-2/NVN I - A

**CURVA DE POTENCIA**

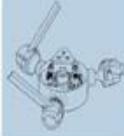


**PRODUCCIÓN ANUAL**





**PASO VARIABLE PASIVO**



Tecnología patentada para maximizar la producción de energía. Es un sistema mecánico que gracias a la fuerza centrífuga, modifica el ángulo de las palas y nunca se sobrepasan sus rpm de diseño.

Obteniendo:

- Menos ruido
- Más capacidad de absorber rachas
- Más constancia en la generación
- Más energía con menos viento

**CONTROL ELECTRÓNICO**



Sistema de gestión de la energía inteligente

Conexión a baterías:

7 tipos de baterías programables (litio, plomo, gel, etc.) Cargador con pulsos de derivación a resistencias en caso de sobrecarga. Solo deriva el exceso que no puede cargar para proteger las baterías

Conexión a Red:

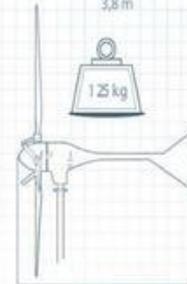
Los inversores MPPT, van programados con la curva de potencia eólica, maximizan la producción en todo momento. Compatible con redes trifásicas y monofásicas; en sistemas europeos y americanos



**E30PRO Wind Turbine FICHA TÉCNICA**



3,8 m



3,4 m



**UN NUEVO DISEÑO, UNA NUEVA ENERGÍA**

Cuando aplicas la última tecnología en diseño, la última tecnología en simulación, los mejores materiales del mercado y lo combinas con más de 40 años de experiencia, el resultado es: **el mejor aerogenerador del mercado**

**MÁS EFICIENCIA**

Un PMG con imanes más potentes y un rotor totalmente integrado en la chapa magnética, junto a una mejora de los perfiles de las palas hacen que con menos viento seamos más eficientes



**MÁS SEGURIDAD**

El uso de materiales como la fibra de carbono y la integración de las resinas con el acero hacen que los factores de seguridad se incrementen  $F_s=9$

**MÁS ROBUSTEZ**

El diseño del conjunto se ha desarrollado teniendo en cuenta un centro de gravedad posicionado sobre el eje de orientación para equilibrar las tensiones y mejorar las cargas



**MÁS ENERGÍA**

Combinando todas estas mejoras y aplicando las últimas técnicas como la dinámica de fluidos computacional conseguimos un mejor un 15% la producción de energía

- Mínimo ruido**  
El ruido está en torno a un 1% por encima del ruido ambiente siendo prácticamente inapreciable para nuestro oído.
- Máxima eficiencia**  
Funciona con una simple brisa de 1,8m/s y continúa funcionando a más de 60m/s.
- Anticorrosivo**  
El uso de pintura epoxy lo convierte en un conjunto anticorrosivo y antisalino ideal para litorales y costas.
- Hermético**  
Sellado herméticamente en todas sus juntas, para evitar filtraciones de humedad y micropartículas que arrastra el viento. Evita deterioros en zonas de costa o desierto donde hay mucha arena.
- Robusto**  
Para poder soportar fuertes vientos y ofrecer una larga vida de operación todas las piezas del equipo están sobredimensionadas.



PREMIO A LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL 2014



EN PROCESO DE CERTIFICACIÓN...



www.alcione.mx

soluciones.alcione.mx

Tel: (777) 101 11 17

Domingo Diez No. 910 Col. Lomas de la Selva Cuernavaca, Morelos. C.P. 62270



# Bussmann series NH photovoltaic fuse links



## Product description

Eaton's Bussmann series NH size photovoltaic fuse links are specifically designed to protect and isolate photovoltaic array combiners and disconnects.

These fuse links are capable of interrupting low overcurrents associated with faulted PV systems (reverse current, multi-array fault).

## Standard features

- Compact design
- Low power loss
- Global accreditations
- Dual indicator feature
- Variation of fixing options
- Compatible with Bussmann series PV NH base range (see data sheet 720136)

**Catalogue symbol**

- Blade without bolt holes: PV-ratingNH(size)
- Blade with bolt holes PV-ratingNH(size)-B
- Blade with bolt holes and lugs: PV-ratingNH(size)-BL

**Fuse size**

- NH1, 2 and 3

**Technical data**

- Volts: 1000 V d.c.
- Amps: 32 to 400 A
- Breaking capacity: 50 kA
- Time constant: 1-3mS
- Class of operation: gPV and UL PV fuse links

**Standards/Agency information**

- IEC 60269-6
- UL 2579 (file number E335324)
- CSA listed
- RoHS compliant

**Microswitches (ordered separately, only for use with bladed version)**

- 170H0236
- 170H0238

**Fuse holders (ordered separately, only for use with bladed version)**

- SD1-D-PV
- SD2-D-PV
- SD3-D-PV

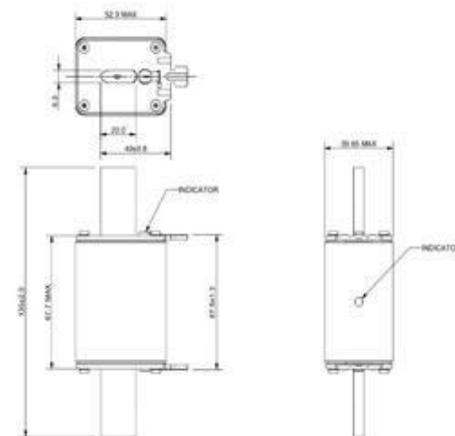
**Packaging**

- MOQ 3

**Table 1. Technical data - Blade without bolt holes**

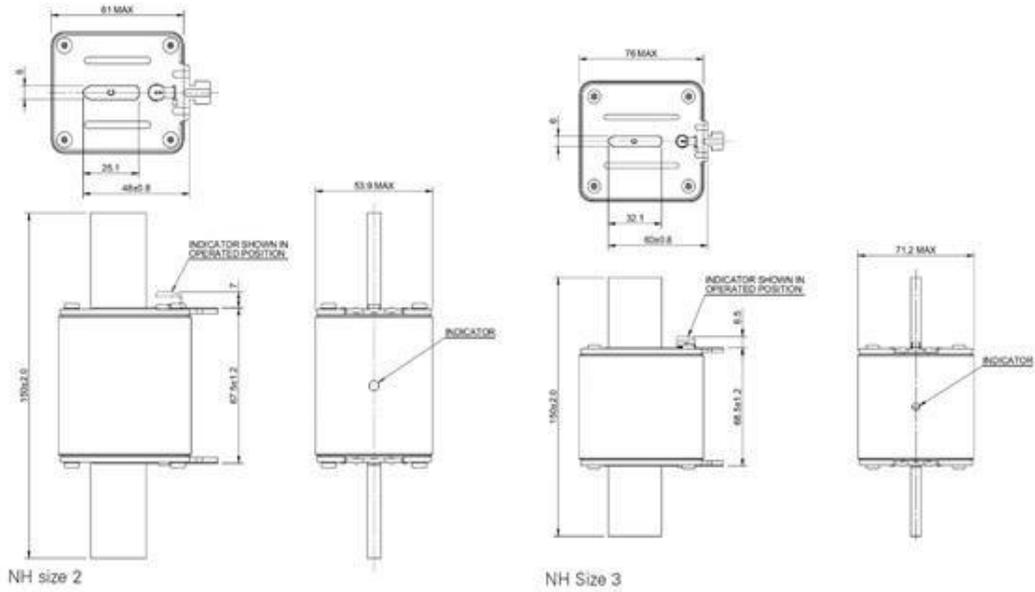
| Catalogue number | Fuse size | Current rating (amps) | Energy integrals Pt (A <sup>2</sup> S) |                 | Watts loss (W) |                |
|------------------|-----------|-----------------------|--|-----------------|----------------|----------------|
|                  |           |                       | Pre-arcing                             | Total at 1000 V | 0.01s          | I <sub>2</sub> |
| PV-32ANH1        | NH1       | 32                    | 80                                     | 720             | 4              | 8.5            |
| PV-40ANH1        | NH1       | 40                    | 185                                    | 1670            | 5              | 9              |
| PV-50ANH1        | NH1       | 50                    | 400                                    | 3500            | 6              | 11             |
| PV-63ANH1        | NH1       | 63                    | 470                                    | 4300            | 6              | 12             |
| PV-80ANH1        | NH1       | 80                    | 640                                    | 5760            | 8              | 15.5           |
| PV-100ANH1       | NH1       | 100                   | 1300                                   | 11700           | 8              | 16.5           |
| PV-110ANH1       | NH1       | 110                   | 2100                                   | 18900           | 9              | 18.5           |
| PV-125ANH1       | NH1       | 125                   | 2600                                   | 23400           | 9              | 17.5           |
| PV-160ANH1       | NH1       | 160                   | 5200                                   | 46800           | 14             | 27.5           |
| PV-175ANH1       | NH1       | 175                   | 8300                                   | 74700           | 15             | 29             |
| PV-200ANH1       | NH1       | 200                   | 10200                                  | 82000           | 13             | 25             |
| PV-160ANH2       | NH2       | 160                   | 4600                                   | 37000           | 14             | 28             |
| PV-200ANH2       | NH2       | 200                   | 9500                                   | 76000           | 16             | 32             |
| PV-250ANH2       | NH2       | 250                   | 17000                                  | 136000          | 19             | 38             |
| PV-300ANH3       | NH3       | 300                   | 32000                                  | 260000          | 24             | 40             |
| PV-315ANH3       | NH3       | 315                   | 32000                                  | 260000          | 26             | 44             |
| PV-350ANH3       | NH3       | 350                   | 44500                                  | 370000          | 27             | 45             |
| PV-355ANH3       | NH3       | 355                   | 44500                                  | 370000          | 28             | 46             |
| PV-400ANH3       | NH3       | 400                   | 67500                                  | 550000          | 30             | 50             |

**Dimensions - Blade without bolt holes - mm**

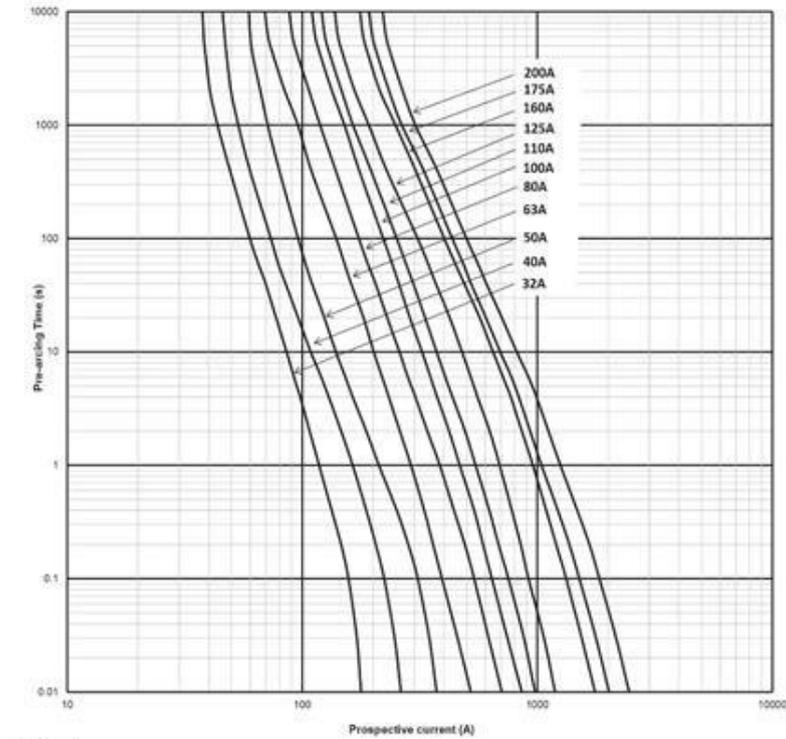


NH size 1

Dimensions - Blade without bolt holes - mm

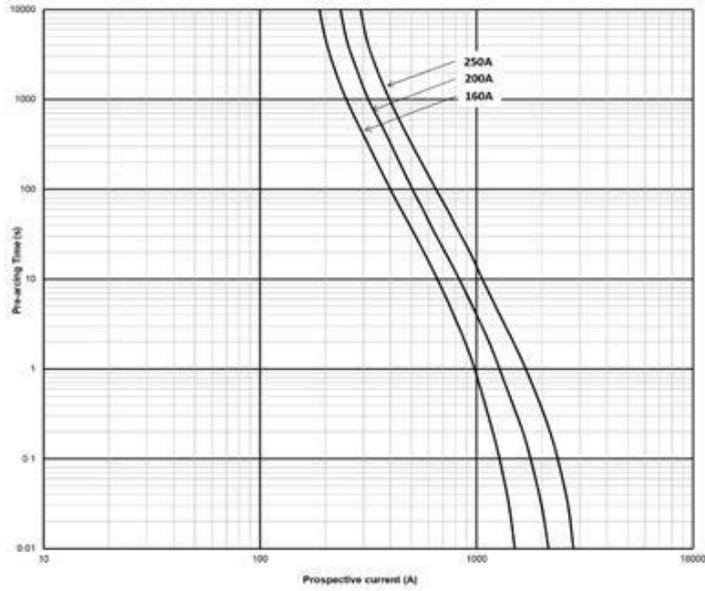


Time current-curve - Blade without bolt holes

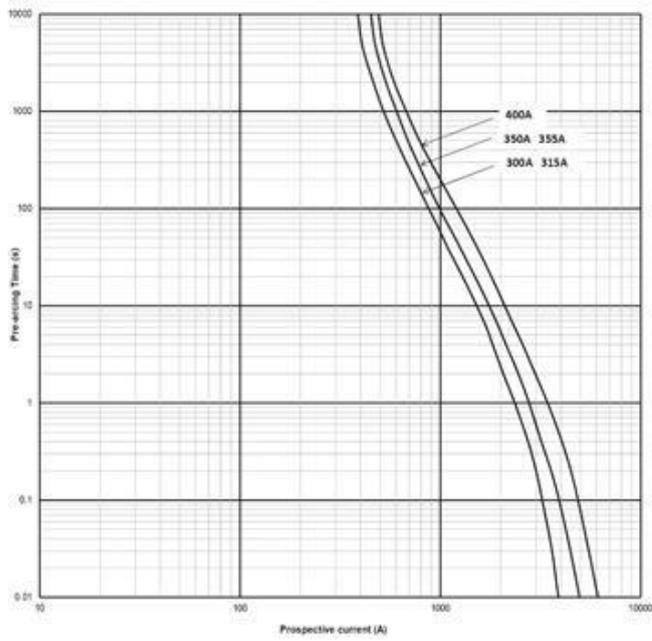


NH Size 1

Time current-curve - Blade without bolt holes



NH size 2

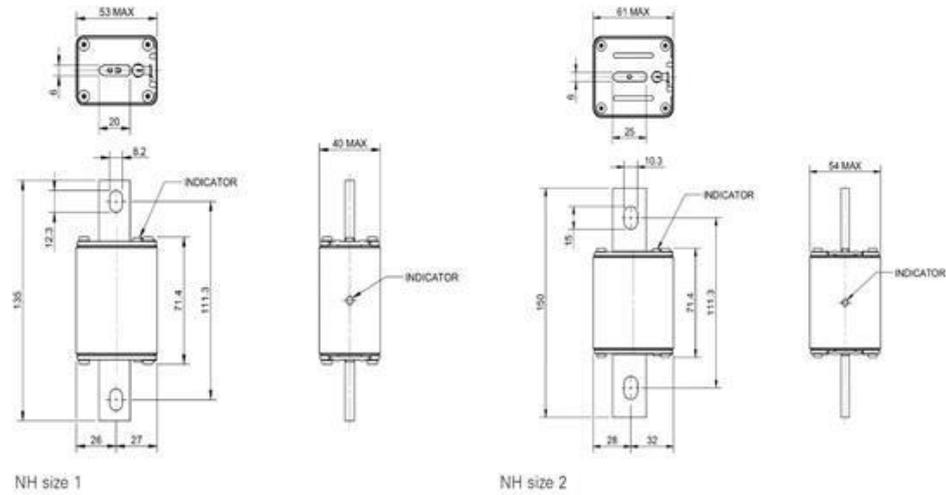


NH size 3

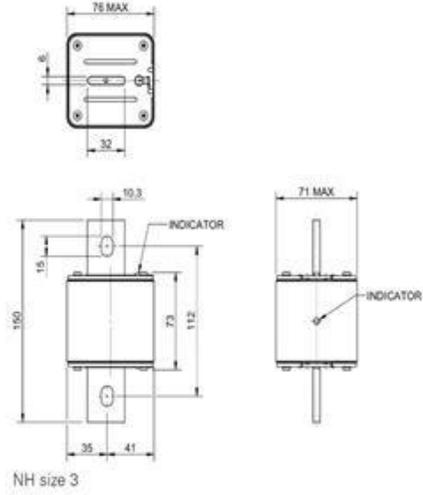
Table 2. Technical data - Blade with bolt holes

| Catalogue numbers |                          |            | Fuse size | Current rating (amps) | Energy integrals Ft (A <sup>2</sup> S) |                   | Watts loss (w) |  |
|-------------------|--------------------------|------------|-----------|-----------------------|--|-------------------|----------------|--|
| With bolt holes   | With bolt holes and lugs | Pre-arcing |           |                       | Total at 1000 V                        | 0.8I <sub>n</sub> | I <sub>n</sub> |  |
| PV-63ANH1-B       | PV-63ANH1-BL             | NH1        | 63        | 470                   | 4300                                   | 6                 | 12             |  |
| PV-80ANH1-B       | PV-80ANH1-BL             | NH1        | 80        | 640                   | 5760                                   | 8                 | 15             |  |
| PV-100ANH1-B      | PV-100ANH1-BL            | NH1        | 100       | 1300                  | 11700                                  | 8                 | 16             |  |
| PV-125ANH1-B      | PV-125ANH1-BL            | NH1        | 125       | 2600                  | 23400                                  | 9                 | 17             |  |
| PV-160ANH1-B      | PV-160ANH1-BL            | NH1        | 160       | 5200                  | 46800                                  | 14                | 27             |  |
| PV-200ANH1-B      | PV-200ANH1-BL            | NH1        | 200       | 10200                 | 82000                                  | 13                | 25             |  |
| PV-160ANH2-B      | PV-160ANH2-BL            | NH2        | 160       | 4600                  | 37000                                  | 14                | 28             |  |
| PV-200ANH2-B      | PV-200ANH2-BL            | NH2        | 200       | 9500                  | 76000                                  | 16                | 32             |  |
| PV-250ANH2-B      | PV-250ANH2-BL            | NH2        | 250       | 17000                 | 136000                                 | 19                | 38             |  |
| PV-315ANH3-B      | PV-315ANH3-BL            | NH3        | 315       | 32000                 | 260000                                 | 26                | 44             |  |
| PV-355ANH3-B      | PV-355ANH3-BL            | NH3        | 355       | 38000                 | 310000                                 | 29                | 48             |  |
| PV-400ANH3-B      | PV-400ANH3-BL            | NH3        | 400       | 61000                 | 490000                                 | 32                | 50             |  |

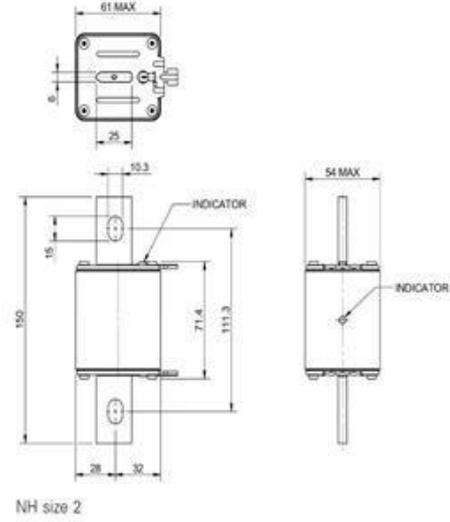
Dimensions - Blade with bolt holes - mm



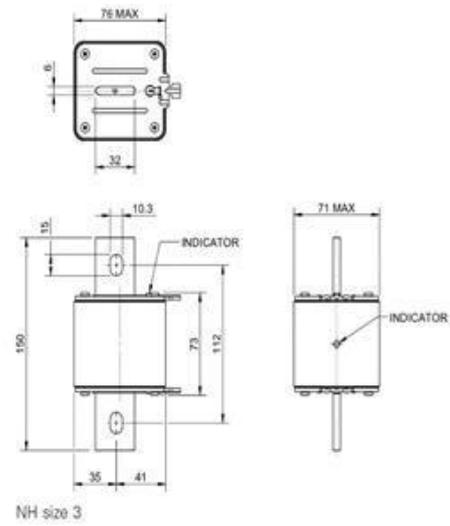
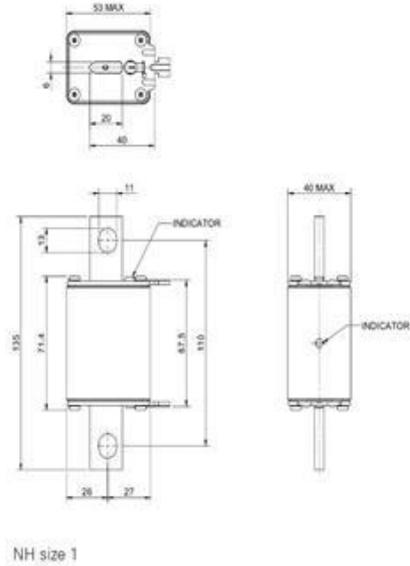
**Dimensions - Blade with bolt holes - mm**



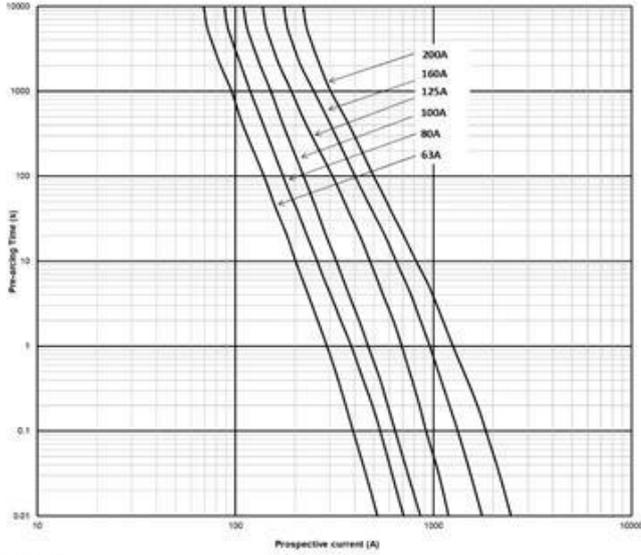
**Dimensions - Blade with bolt holes and lugs - mm**



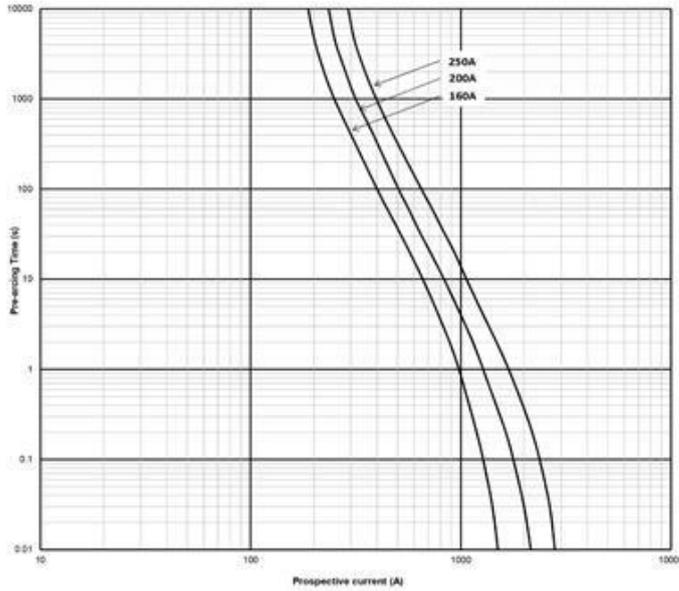
**Dimensions - Blade with bolt holes and lugs - mm**



**Time current-curve - Blade with bolt holes, with or without lugs**

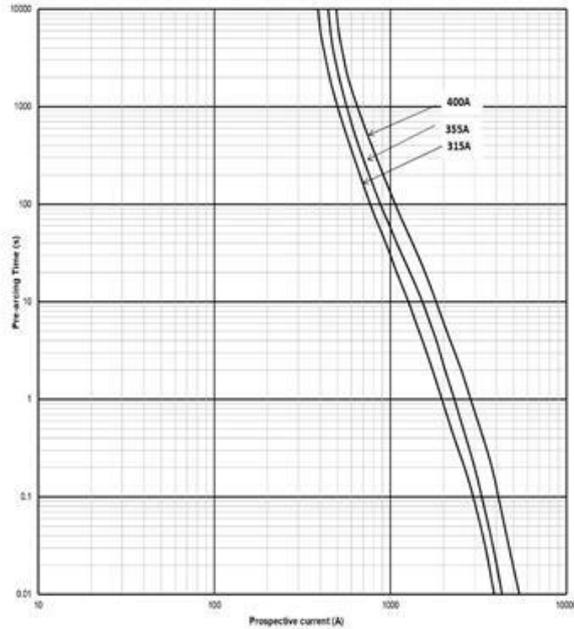


NH size 1



NH size 2

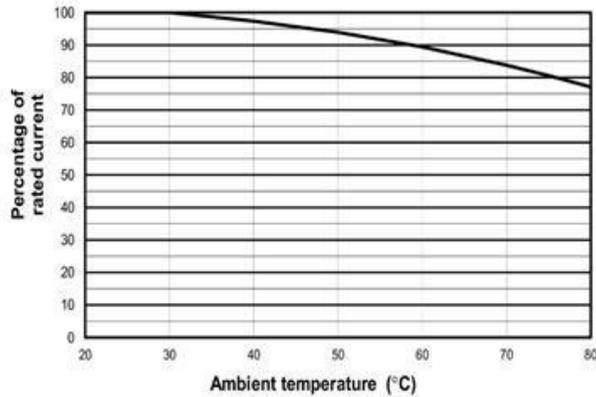
**Time current-curve - Blade with bolt holes, with or without lugs**



NH size 3

**Temperature derating for blades without bolt holes, with bolt holes (with or without lugs)**

**PV Array fuse link derating with temperature**



Changes to the products, to the information contained in this document, and to prices are reserved, so are errors and omissions. Only order confirmations and technical documentation by Eaton is binding. Photos and pictures also do not warrant a specific layout or functionality. Their use in whatever form is subject to prior approval by Eaton. The same applies to Trademarks (especially Eaton, Moeller, and Cutler-Hammer). The Terms and Conditions of Eaton apply, as referenced on Eaton Internet pages and Eaton order confirmations.

**Eaton**  
EMEA Headquarters  
Route de la Longeraie 7  
1110 Morges, Switzerland

Electrical Sector  
Eaton  
Melton road, Burton-on-the-wolds  
LE12 5TH, United Kingdom  
Eaton.eu

© 2016 Eaton  
All Rights Reserved  
Publication No. 720133  
January 2016



Eaton is a registered trademark.  
All other trademarks are property of their respective owners.

## FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) menor o igual a 10 mm<sup>2</sup>

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

### Descripción

#### Aplicación:

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, teatros, discotecas, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc. En general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al cable NH-80.

#### Construcción:

Conductor: Cobre, clase 2.

Aislamiento: Compuesto termoestable libre de halógenos.

#### Principales características:

No propaga el incendio, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

#### Calibre:

Desde 2.5 mm<sup>2</sup> hasta 10 mm<sup>2</sup>.

#### Marcación:

FREETOX NHX-90(LSOHX-90) 450/750 V Sección

#### Embalaje:

En rollos estándar de 100 metros.

#### Color:

Negro, azul, rojo, verde, amarillo, blanco y verde-amarillo.



#### Norma

**Internacional** IEC 60227-2;  
IEC 60228; IEC 60332-1;  
IEC 60332-3-24 Cat.C; IEC 60684-2;  
IEC 60754-2; IEC 60811-1-1;  
IEC 60811-1-2; IEC 60811-1-4;  
IEC 60811-3-1; IEC 61034

**Nacional** NTP 370.252; NTP-  
IEC 60228; UL 2556

#### Normas nacionales

**NTP-IEC 60228:** Conductores para cables aislados.

**NTP 370.252:** Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable para tensiones hasta e inclusive 450/750 V.

**UL 2556:** Métodos de ensayo para alambre y cable.

#### Normas internacionales aplicables

**IEC 60228:** Conductores para cables aislados.

**IEC 60227-2:** Cables aislados con cloruro de polivinilo de tensiones hasta e inclusive 450/750 V - Métodos de ensayo.

**IEC 60332-1:** Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| Libre de halógenos<br>IEC 60754-2   | Tensión nominal de servicio Uo/U<br>450 / 750 V                                     | Temperatura máxima del conductor<br>90 °C   | Densidad de los humos<br>IEC 61034  | No propagador del incendio<br>IEC 60332-3 Cat.C                                       | No propagación de la llama<br>IEC 60332-1   |

## FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) menor o igual a 10 mm<sup>2</sup>

simple.

**IEC 60332-3-24:** Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría C.

**IEC 60684-2:** Tubos aislantes flexibles - Métodos de ensayo.

**IEC 60754-2:** Determinación del grado de acidez de los gases producidos durante la combustión de los materiales de los cables por la medición del pH y la conductividad.

**IEC 60811-1-1:** Medición de espesores y dimensiones exteriores - Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas.

**IEC 60811-1-2:** Métodos de envejecimiento térmico.

**IEC 60811-1-4:** Ensayo a baja temperatura.

**IEC 60811-3-1:** Ensayo de depresión a alta temperatura - Ensayo de resistencia al agrietamiento.

**IEC 61034-2:** Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

### Características

| Características de construcción               |  |
|---|--|
| Material del conductor                        | Cobre  |
| Aislamiento                                   | Material Termoestable Libre de Halógenos                         |
| Color   | Blanco / Negro / Rojo / Azul / Amarillo / Verde / Verde-Amarillo |
| Libre de halógenos                            | IEC 60754-2  |
| Características dimensionales                 |  |
| Número total de alambres                      | 7  |
| Características eléctricas                    |  |
| Tensión nominal de servicio U <sub>o</sub> /U | 450 / 750 V  |
| Características de uso                        |  |
| Temperatura máxima del conductor              | 90 °C  |
| Densidad de los humos                         | IEC 61034  |
| No propagador del incendio                    | IEC 60332-3 Cat.C  |
| No propagación de la llama                    | IEC 60332-1  |

### Datos Dimensionales FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)

| Sección [mm <sup>2</sup> ] | Diam. Conductor [mm] | Min. espes. Aislam. [mm] | Diam. Nom. Exterior [mm] | Peso aprox. [kg/km] |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| 2,5                        | 1,92                 | 0,8                      | 3,6                      | 32                  |
| 4                          | 2,44                 | 0,8                      | 4,1                      | 48                  |

|                                   |  |   |                                    |   |   |
|-----------------------------------|--|---|------------------------------------|---|---|
|                                   |  |   |                                    |   |   |
| Libre de halógenos<br>IEC 60754-2 | Tensión nominal de servicio U <sub>o</sub> /U<br>450 / 750 V | Temperatura máxima del conductor<br>90 °C | Densidad de los humos<br>IEC 61034 | No propagador del incendio<br>IEC 60332-3 Cat.C | No propagación de la llama<br>IEC 60332-1 |

## FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) menor o igual a 10 mm<sup>2</sup>

| Sección [mm <sup>2</sup> ] | Diam. Conductor [mm] | Mín. espes. Aislam. [mm] | Diam. Nom. Exterior [mm] | Peso aprox. [kg/km] |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| 6                          | 2,98                 | 0,8                      | 4,7                      | 67                  |
| 10                         | 3,99                 | 1,1                      | 6,3                      | 116                 |

### Datos Eléctricos FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)

| Sección [mm <sup>2</sup> ] | Max. DC resist. conductor 20°C [Ohm/km] | Amperaje aire 30°C [A] | Amperaje ducto 30°C [A] |
|----------------------------|---|------------------------|-------------------------|
| 2,5                        | 7,41                                    | 37                     | 27                      |
| 4                          | 4,61                                    | 45                     | 34                      |
| 6                          | 3,08                                    | 61                     | 44                      |
| 10                         | 1,83                                    | 88                     | 62                      |

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| Libre de halógenos<br>IEC 60754-2   | Tensión nominal de servicio Uo/U<br>450 / 750 V                                     | Temperatura máxima del conductor<br>90 °C   | Densidad de los humos<br>IEC 61034  | No propagador del incendio<br>IEC 60332-3 Cat.C                                       | No propagación de la llama<br>IEC 60332-1   |

## BTDIN

### Interruptores termomagnéticos y diferenciales



FN81CEW...



FN83CEW...



GE723AC...

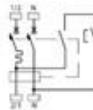
| Artículo  |        |               | INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS               |  |
|-----------|--------|---------------|---|--|
|           |        |               | Unipolar - 230/400 Va.c. - 6000A IEC60898-1 |  |
| Curva C   | In (A) | Nº de módulos |   |  |
| FN81CEW6  | 6      | 1             |   |  |
| FN81CEW10 | 10     | 1             |   |  |
| FN81CEW16 | 16     | 1             |   |  |
| FN81CEW20 | 20     | 1             |   |  |
| FN81CEW25 | 25     | 1             |   |  |
| FN81CEW32 | 32     | 1             |   |  |
| FN81CEW40 | 40     | 1             |   |  |
| FN81CEW50 | 50     | 1             |   |  |
| FN81CEW63 | 63     | 1             |   |  |



| Artículo  |        |               | INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS               |  |
|-----------|--------|---------------|---|--|
|           |        |               | Tripolar - 230/400 Va.c. - 6000A IEC60898-1 |  |
| Curva C   | In (A) | Nº de módulos |   |  |
| FN83CEW6  | 6      | 3             |   |  |
| FN83CEW10 | 10     | 3             |   |  |
| FN83CEW16 | 16     | 3             |   |  |
| FN83CEW20 | 20     | 3             |   |  |
| FN83CEW25 | 25     | 3             |   |  |
| FN83CEW32 | 32     | 3             |   |  |
| FN83CEW40 | 40     | 3             |   |  |
| FN83CEW50 | 50     | 3             |   |  |
| FN83CEW63 | 63     | 3             |   |  |



| Artículo  |          |               | INTERRUPTORES DIFERENCIALES |  |
|-----------|----------|---------------|-----------------------------|--|
|           |          |               | Unipolar - 230/400 Va.c.    |  |
| In (A)    | IΔn (mA) | Nº de módulos |                             |  |
| GE723AC25 | 25       | 2             |                             |  |
| GE723AC40 | 40       | 2             |                             |  |



### Interruptores termomagnéticos

| INTERRUPTORES BTDIN                        | FE81/...       | FE83/...       |
|--|----------------|----------------|
| Norma de fabricación                       | CEI EN 60898   | CEI EN 60898   |
| Nº de polos                                | 1              | 3              |
| Nº módulos                                 | 1              | 3              |
| Curva característica de intervención       | C              | C              |
| Corriente nominal In (A) a 30°C            | 6 a 63         | 6 a 63         |
| Tensión máxima de empleo Vmáx (V a.c.)     | 240 ± 10%      | 240 ± 10%      |
| Tensión nominal de aislamiento Vi (V a.c.) | 500            | 500            |
| Frecuencia nominal (Hz)                    | 50 - 60        | 50 - 60        |
| Temperatura de empleo (°C)                 | -25 a +70      | -25 a +70      |
| Temperatura de almacenamiento (°C)         | -40 a +70      | -40 a +70      |
| Grado de protección en bornes              | IP20           | IP20           |
| Clase de limitación (CEI EN 60898)         | 3              | 3              |
| Alimentación superior e inferior           | SI             | SI             |
| Número máximo de maniobras eléctricas      | 10000          | 10000          |
| Número máximo de maniobras mecánicas       | 20000          | 20000          |
| Sección del conductor máxima permisible    | 35 mm² (2 AWG) | 35 mm² (2 AWG) |

#### Tabla de corriente de ruptura en corriente alterna

|               |      | Tensión | Unipolar | Tripolar |
|---------------|------|---------|----------|----------|
| EN 60898      | Icn  | 127 V   | 10 kA    | 10 kA    |
|               |      | 230 V   | 6 kA     | 10 kA    |
|               |      | 400 V   | -        | 6 kA     |
|               | Icu* | 127 V   | 10 kA    | 10 kA    |
|               |      | 230 V   | 10 kA    | 10 kA    |
|               |      | 400 V   | -        | 10 kA    |
| IEC 60947 - 2 | Ics  | 127 V   | 7,5 kA   | 7,5 kA   |
|               |      | 230 V   | 7,5 kA   | 7,5 kA   |
|               |      | 400 V   | -        | 7,5 kA   |

\* In > 32A Icu: 1p 7,5 kA a 230V - 3p 7,5 kA a 400V Ics: 1p 6 kA a 230V - 3p 6 kA a 400V

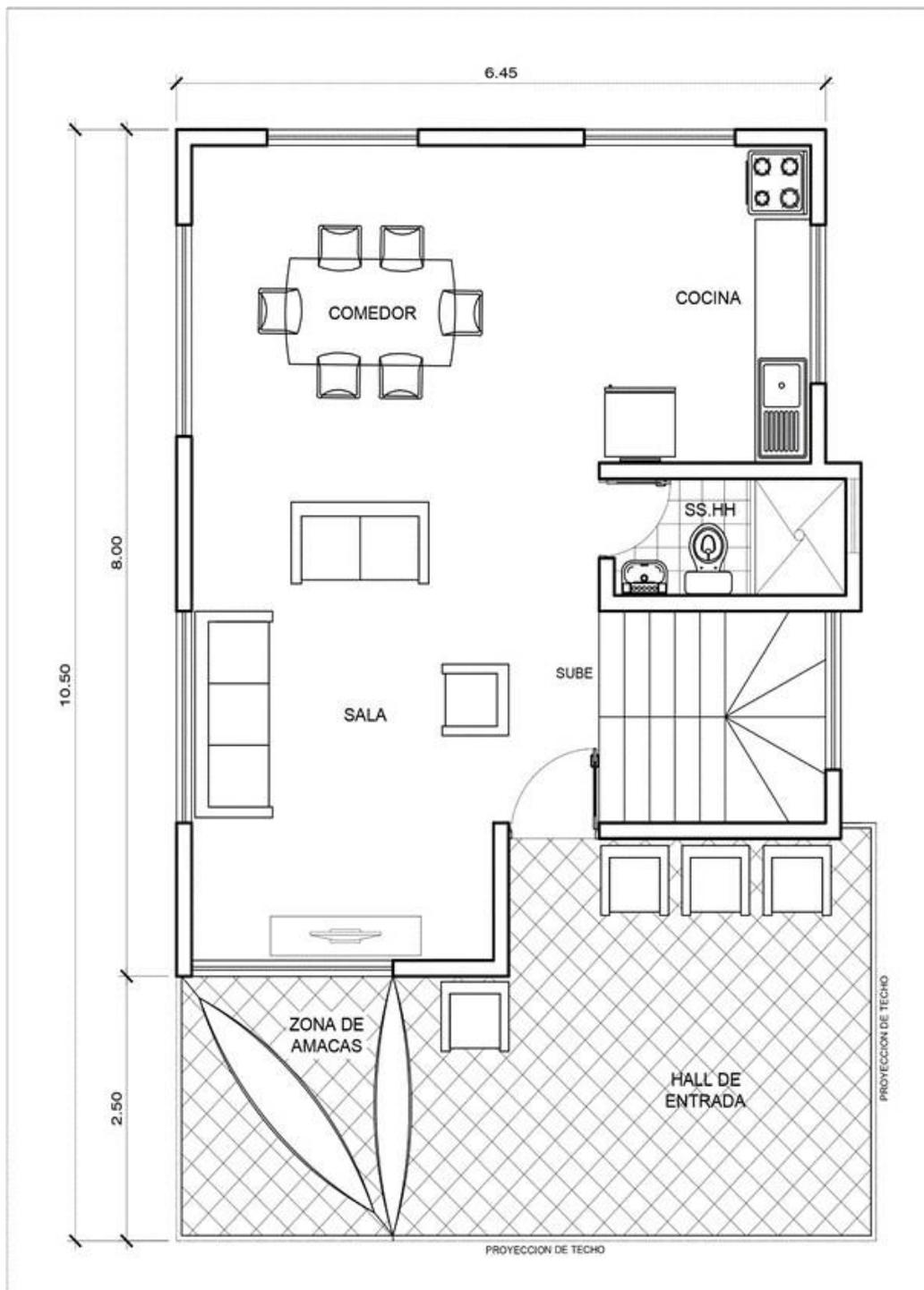
#### Tabla de corriente de ruptura en corriente continua

|               |      | Tensión | Unipolar | Tripolar |
|---------------|------|---------|----------|----------|
| EN 60898      | Icn  | 48V     | 6 kA     | -        |
|               |      | 110 V   | -        | 6 kA     |
|               |      | 230 V   | -        | -        |
| IEC 60947 - 2 | Ics* | 48V     | 6 kA     | -        |
|               |      | 110 V   | -        | -        |
|               |      | 230 V   | -        | -        |

\* Ics: 100% de Icu

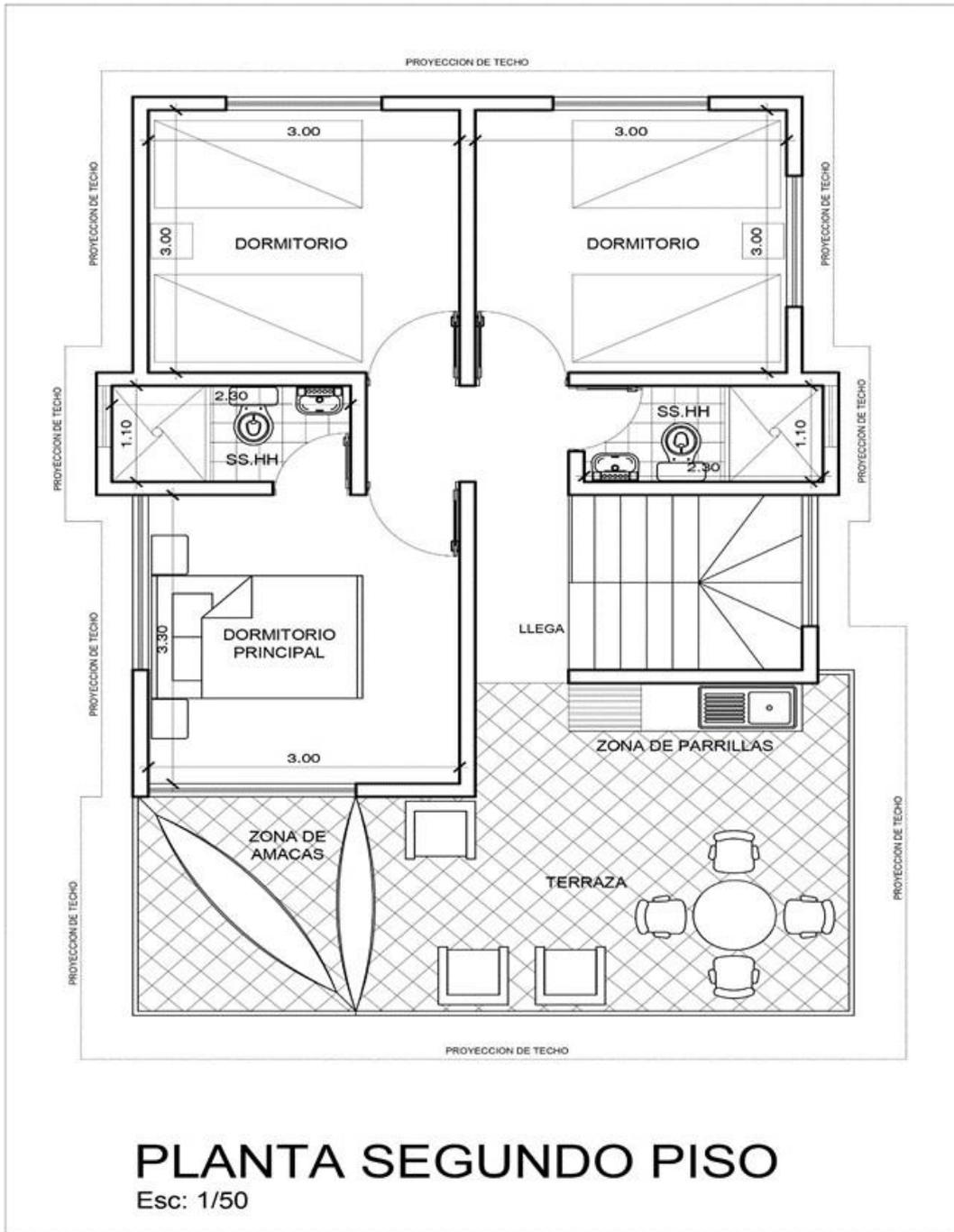
### Interruptores diferenciales

| INTERRUPTOR DIFERENCIAL                    |                |
|--|----------------|
| Artículo                                   | GE723/...      |
| Norma de certificación                     | CEI EN 61008-8 |
| Nº de polos                                | 2P             |
| Nº módulos                                 | 2              |
| Curva característica de intervención       | AC             |
| Corriente nominal In (A) a 30°C            | 25 a 40        |
| Corriente diferencial nominal IΔn (A)      | 0.03           |
| Tensión máxima de empleo Vmáx (V a.c.)     | 440            |
| Tensión nominal de aislamiento Vi (V a.c.) | 500            |
| Tensión mínima del test (V a.c.)           | 100            |
| Frecuencia nominal (Hz)                    | 50-60          |
| Capacidad interruptiva IΔn (kA)            | 1.5            |
| Temperatura de empleo (°C)                 | -25 a 60       |
| Grado de protección en bornes              | IP20           |
| Número máximo de maniobras eléctricas      | 10000          |
| Número máximo de maniobras mecánicas       | 20000          |
| Sección del conductor máxima permisible    | 35 mm² (2 AWG) |



# PLANTA PRIMER PISO

Esc: 1/50

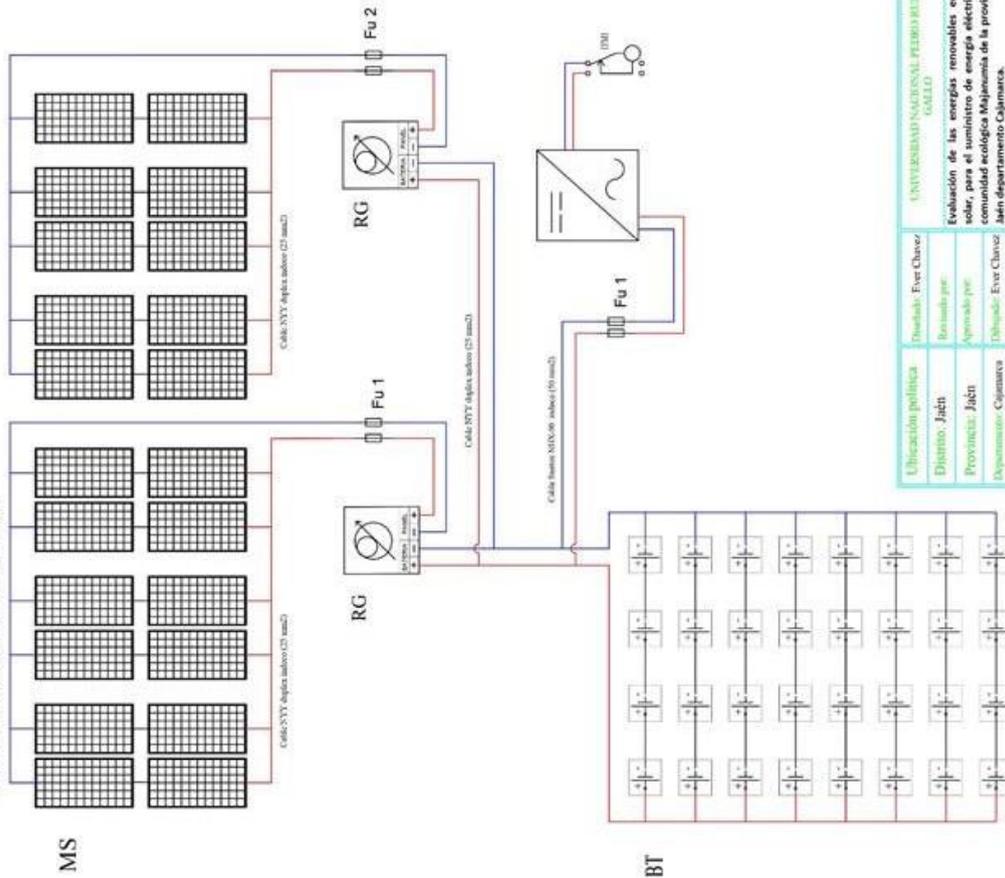


# PLANTA SEGUNDO PISO

Esc: 1/50



Módulos Fotovoltaicos De 330Wp, 24VCC.



| LEYENDA |  |
|---------|--|
| MS      | Módulos Fotovoltaicos de 330 Wp, 24 VDC policristalino conectados 2 en serie y 11 en paralelo. |
| RG      | Regulador de carga MPPT LCD 60A, 12/24/48V MPPT Solar.   |
| INV     | Inversor MUST Solar de 10 kw   |
| ITMI    | Interruptor termomagnético 16módulo 40A Bussico  |
| Fu 1    | Fusible de protección BUSSMANN PV-150 NHI  |
| Fu 2    | Fusible de protección BUSSMANN PV-150 NHI  |
| Fu 3    | Fusible de protección BUSSMANN PV-200 NHI  |
| —       | Corriente continua   |
| ~       | Corriente Alterna  |
| BT      | Lámpara de 7.5W E27, Luz Blanca - 220V/AC  |
| — —     | Interruptor Unipolar   |

Color Rojo: Positivo  
 Color Azul: Polo Negativo (B) Cable en triángulos de color negro.

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <p>Utilización política</p> <p>Districto: Jaén</p> <p>Provincia: Jaén</p> <p>Departamento: Cajamarca</p> | <p>Diseñador: Ever Chavez</p> <p>Elaborado por: Aprobado por:</p> <p>Dibujado: Ever Chavez</p> | <p>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</p> <p>Evaluación de las energías renovables eólica y solar, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad ecológica Majañanista de la provincia de Jaén departamento Cajamarca.</p> | <p>FACULTAD PROFESIONAL:<br/>Ingeniería mecánica y eléctrica</p> <p>Plano:<br/>Plano fotovoltaica</p> <p>Comunidad ecológica Majañanista</p> |
|  |  |  | <p>Plano N°: 1</p> <p>Proyecto N°: 1</p> <p>Antecedente N°: 1</p> <p>Fecha: 2019</p> <p>Escala: 1/1000</p>                                   |



## Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Ever Chavez Castro  
Título del ejercicio: INVESTIGACION PRE  
Título de la entrega: EVER CHAVEZ CASTRO TESIS.docx  
Nombre del archivo: EVER\_CHAVEZ\_CASTRO\_TESIS.docx  
Tamaño del archivo: 17.94M  
Total páginas: 200  
Total de palabras: 36,222  
Total de caracteres: 202,327  
Fecha de entrega: 13-ago.-2024 06:40a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2431493490

 UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"   
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
TESIS  
Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
"Evaluación de las energías renovables eólica y solar, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad ecológica Majanumia de la provincia de Jaén, departamento Cajamarca"  
Autor:  
Bach. Ever Chávez Castro  
Asesor:  
Ing. Néstor Daniel Puyén Mateo  
LAMBAYEQUE - PERÚ  
2019

  
NÉSTOR DANIEL  
PUYÉN MATEO  
16691978

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

17%

2

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

Fuente de Internet

<1%

3

[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

Fuente de Internet

<1%

4

Martinez San Martin, Roberto. "Planeamiento Estrategico para el Sector de Energia Eolica del Peru.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020

Publicación

<1%

5

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Trabajo del estudiante

<1%

6

[www.repositorio.usac.edu.gt](http://www.repositorio.usac.edu.gt)

Fuente de Internet

<1%

7

[repositorio.unprg.edu.pe](http://repositorio.unprg.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

[tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)

*[Handwritten Signature]*  
NESTOR DANIEL  
MAYEN MATEO  
16631778

|    |  |      |
|----|--|------|
| 8  | Fuente de Internet   | <1 % |
| 9  | <a href="http://campus.almagro.ort.edu.ar">campus.almagro.ort.edu.ar</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 10 | <a href="http://dokumen.pub">dokumen.pub</a><br>Fuente de Internet                             | <1 % |
| 11 | <a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a><br>Fuente de Internet                           | <1 % |
| 12 | Submitted to Alianza para la Promoción de la Educación<br>Trabajo del estudiante               | <1 % |
| 13 | <a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a><br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 14 | <a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a><br>Fuente de Internet       | <1 % |
| 15 | <a href="http://www.jove.com">www.jove.com</a><br>Fuente de Internet                           | <1 % |
| 16 | Submitted to Universidad Militar Nueva Granada<br>Trabajo del estudiante                       | <1 % |
| 17 | <a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 18 | Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO<br>Trabajo del estudiante     | <1 % |

*Dr. Daniel  
NÚMERO DANIEL  
SÍTEN MATEO  
16691778*

|    |  |      |
|----|--|------|
| 19 | <a href="http://www.osinergmin.gob.pe">www.osinergmin.gob.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 20 | <a href="http://1library.co">1library.co</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 21 | <a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 22 | <a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 23 | <a href="http://new-dawn-lodge.net">new-dawn-lodge.net</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 24 | <a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 25 | <a href="http://www.grin.com">www.grin.com</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 26 | Denis Javier Aranguri Cayetano, Anapaula Marianella Solis Alberca, Ronny Jhonatan Sáenz Gutiérrez. "Caracterización y evaluación de potencia y eficiencia de un sistema híbrido eólico fotovoltaico off-grid", TecnoHumanismo, 2021<br>Publicación | <1 % |
| 27 | Patricia Batista Grau. "Desarrollo de nanoestructuras de ZnO mediante anodizado electroquímico en diferentes condiciones para  | <1 % |

*Daniel*  
NESTOR DANIEL  
PUYEN MATEO  
16671778

su aplicación en el área energética",  
Universitat Politecnica de Valencia, 2021

Publicación

|    |   |      |
|----|---|------|
| 28 | Submitted to Universidad Señor de Sipan<br>Trabajo del estudiante | <1 % |
| 29 | addi.ehu.es<br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 30 | docslib.org<br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 31 | repositorio.uladech.edu.pe<br>Fuente de Internet                  | <1 % |
| 32 | vdocumento.com<br>Fuente de Internet                              | <1 % |
| 33 | andina.pe<br>Fuente de Internet                                   | <1 % |
| 34 | assets.segway-cdn.com<br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 35 | esp2usach.blogspot.com<br>Fuente de Internet                      | <1 % |
| 36 | patents.google.com<br>Fuente de Internet                          | <1 % |
| 37 | repositorio.uancv.edu.pe<br>Fuente de Internet                    | <1 % |
| 38 | repositorio.ucv.edu.pe<br>Fuente de Internet                      | <1 % |

*dfey of*  
NESTOR DANIEL  
LUYEN UYATEO  
16691978

|    |   |      |
|----|---|------|
| 39 | revistas.ulima.edu.pe<br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 40 | www.ptolomeo.unam.mx:8080<br>Fuente de Internet | <1 % |
| 41 | documentop.com<br>Fuente de Internet            | <1 % |
| 42 | energia-nuclear.net<br>Fuente de Internet       | <1 % |
| 43 | repositorio.udh.edu.pe<br>Fuente de Internet    | <1 % |
| 44 | www.accionacom.com<br>Fuente de Internet        | <1 % |
| 45 | anes.org.mx<br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 46 | repositorio.unj.edu.pe<br>Fuente de Internet    | <1 % |

Excluir citas      Activo  
 Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 15 words

*D. Daniel*  
 NESTOR DANIEL  
 POTEN MATEO  
 16671978