UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS
MENCIÓN FÍSICA

TESIS

DIMENSIONAMIENTO DE UN AEROGENERADOR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL HOTEL LIFE VALLE SAGRADO DEL DISTRITO DE URUBAMBA - CUSCO 2024

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS MENCIÓN FÍSICA

AUTOR:
Br. YANETT QUISPE MENDOZA

ASESOR:
Dr. JULIO LUCAS WARTHON ASCARZA

CODIGO ORCID: 0000-0002-9242-7102

CUSCO – PERÚ
2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Dimensionamiento de un aerogenerador para suministrar energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado del Distrito de Urubamba - Cusco 2024

Presentado por: Yanett Quispe Mendoza DNI N° 40537106

presentado por: ..... DNI N°: .....

Para optar el título profesional/grado académico de al grado académico de Maestro en Ciencias Mención Física

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 07 **%.**

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 18 de agosto de 2025

.....

Firma

Post firma Julio Lucas Warthon Ascarza

Nro. de DNI 23929253

ORCID del Asesor 0000-0002-9242-7102

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:484322940

YANETT QUISPE MENDOZA

DIMENSIONAMIENTO DE UN AEROGENERADOR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL HOTEL LIFE VALLE S...

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:484322940

Fecha de entrega
18 ago 2025, 10:24 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
18 ago 2025, 10:31 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
TESIS Yanett Quispe Mendoza (1).pdf

Tamaño de archivo
7.9 MB

164 Páginas

28.349 Palabras

148.444 Caracteres

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

6% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por su amor, por protegerme en cada momento y darme la fuerza para perseverar.

A mi madre por tanto amor y ser la fortaleza de mi vida, a mi padre por todo el apoyo que me da.

A mi esposo por todo su apoyo y esfuerzo, a mis hijos por su amor y motivación.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Dr. Julio Warthon Ascarza, por su orientación y apoyo en todo el desarrollo, hasta la culminación de la investigación.

A mi esposo por su apoyo incondicional.

A mis colegas del DAF por sus consejos y palabras de aliento.

ÍNDICE

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTOS ii
ÍNDICE iii
LISTA DE ACRÓNIMOS vii
ÍNDICE DE TABLAS viii
ÍNDICE DE FIGURAS ix
RESUMEN xi
INTRODUCCIÓN xiii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 1
1.1. Situación problemática. 1
1.2. Formulación del problema 3
1.3. Justificación de la investigación 4
1.4. Objetivos de la investigación 5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL 6
2.1. Bases teóricas 6
2.1.1 Energías renovables 6
2.1.2 Energía eólica 6
2.1.3. Viento 7
2.1.4. Origen del viento 8
2.1.4.1. La fuerza de gradiente de la presión 9
2.1.4.2. El Efecto Coriolis 11
2.1.4.3. Fuerza de rozamiento 11
2.1.5. Viento Geostrófico 11
2.1.6. Velocidad del viento 12
2.1.6.1. Velocidad del viento a una altura específica 13
2.1.6.2. Dirección del viento 15
2.1.6.2.1. Rosa de vientos 15
2.1.7. Instrumentos de medición del viento 16
2.1.7.1. El anemómetro 16
2.1.7.2. Veleta 17
2.1.8. Potencial eólico 17
2.1.9. Densidad del aire 18
2.1.10. Distribución de Weibull 19

2.1.11. Aerogeneradores o turbinas eólicas 21
2.1.11.1. Tipos de aerogeneradores 23
2.1.11.1.1. Aerogenerador de eje vertical 23
2.1.11.1.2. Aerogenerador de eje horizontal 24
2.1.11.1.2.1. Componentes del aerogenerador tripala 27
2.1.11.1.2.2. Área de barrido del rotor del aerogenerador 29
2.1.11.2. Características de los aerogeneradores 30
2.1.12. Potencia eólica 31
2.1.13. Densidad de la potencia del viento 32
2.1.14. Ley de Betz 33
2.1.15. Potencia mecánica Pm 35
2.1.16. Potencia eléctrica 36
2.1.17. Curva de potencia 38
2.1.18. Potencia Nominal 38
2.1.19. Batería o sistema de almacenamiento de energía 39
2.1.20. Inversor o convertidor 39
2.1.21. Regulación nacional para la energía eólica en el Perú 39
2.1.22. Bonos de carbono 40
2.2. Marco conceptual 41
2.2.1. Energía eólica 41
2.2.2. Potencial Eólico: 41
2.2.3. Aerogenerador o turbina eólica 41
2.2.4. Distribución de Weibull 41
2.2.5. Potencia eólica 42
2.2.6. Coeficiente de potencia 42
2.2.7. Límite de Betz 42
2.2.8. Potencia nominal 42
2.2.9. Norma IEC 61400-2 42
2.2.10. Batería 42
2.2.11. Bono de carbono 43
2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte) 43
2.3.1. Antecedentes internacionales 43
2.3.2. Antecedentes nacionales 45
2.3.3. Antecedentes locales 46

2.4. Hipótesis 47
2.4.1. Hipótesis general 47
2.4.2. Hipótesis específicas 47
2.5. Identificación de variables e indicadores 47
2.6. Operacionalización de variables 48
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 49
3.1. Ámbito de estudio: localización política y geográfica 49
3.2. Tipo y nivel de investigación 50
3.3. Unidad de análisis 51
3.4. Población de estudio 51
3.5. Tamaño de muestra 51
3.6. Técnicas de selección de muestra 51
3.7. Técnicas de recolección de información 52
3.7.1. Proceso de validación de datos del equipo PCE-FWS 20N 54
3.7.2. Instalación del equipo de medición en el Hotel Life Valle Sagrado 56
3.7.3. Datos obtenidos del programa NASA POWER 59
3.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información 63
3.8.1. Evaluación de la velocidad del viento con medidas directas utilizando el equipo PCE-FWS 20N 63
3.8.1.1. Velocidad promedio en función del tiempo 63
3.8.1.2. Distribución de frecuencias y frecuencia acumulada. 66
3.8.2. Evaluación de la velocidad del viento con datos obtenidos de NASA POWER 68
3.8.2.1. Distribución de frecuencias con los datos del programa NASA POWER 68
3.8.2.2. Distribución de Weibull para la velocidad del viento de datos obtenidos de NASA POWER 70
3.8.2.3. Gráfico de la Distribución de Weibull 72
3.8.3. Dirección del viento 73
3.8.4. Densidad del aire en la zona donde se ubica el hotel Life Valle Sagrado 74
3.9. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas 75
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 77
4.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados 77
4.1.1. Análisis de la velocidad del viento 77
4.1.2. Análisis para determinar la demanda de energía eléctrica 78
4.1.2.1. Consumo de energía eléctrica del Hotel Life Valle Sagrado 78
4.1.3. Consideraciones para la elección del aerogenerador eólico 81

4.2. Elección del aerogenerador eólico para el Hotel Life Valle Sagrado 83
4.2.1. Aerogenerador de eje horizontal Modelo ENAIR 20L 87
4.2.2. Potencia eólica para el aerogenerador ENAIR 20L 88
4.2.3. Potencia mecánica del aerogenerador 89
4.2.4. Potencia eléctrica del aerogenerador 89
4.2.5. Energía producida por el aerogenerador 90
4.2.5.1. Evaluación de la energía producida por el aerogenerador en el aplicativo ENAIR 92
4.2.6. Dimensionamiento de las baterías 94
4.2.7. Dimensionamiento del inversor 95
4.2.8. Modelamiento del aerogenerador ENAIR 20L en el programa ETAP 96
4.2.9. Presupuesto del sistema eólico 99
4.2.9.1. Estimación del costo de un kWh producido por el aerogenerador 102
4.2.10. Bonos de carbono 104
4.3. Pruebas de hipótesis 106
4.4. Presentación de resultados 107
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 112
ANEXOS 118

LISTA DE ACRÓNIMOS

ETAP: Electrical Transient Analyzer Program (Programa analizador de transitorios eléctricos)

GEI: Gases de Efecto Invernadero

NASA: National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

POWER: Prediction Of Worldwide Energy Resources (Predicción de los recursos energéticos mundiales)

WECC: Western Electricity Coordinating Council. (Consejo Coordinador de Electricidad del Oeste)

WRPLOT: Wind Rose PLOTting (Gráficos de Rosa de los Vientos).

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del factor de rugosidad α 14
Tabla 2 Operacionalización de variables 48
Tabla 3 Equipos e instrumentos utilizados en la recolección de información 53
Tabla 4 Fragmento de la Hoja de cálculo EXCEL de los datos de medición obtenida con el equipo de medición PCE-FWS 20N. 59
Tabla 5 Fragmento de los datos descargados del programa NASA POWER 61
Tabla 6 Datos de velocidad de viento descargados y organizados por día y horas 62
Tabla 7 Datos de la velocidad del viento en los intervalos de cada 29 minutos 64
Tabla 8 Distribución de frecuencias de la velocidad del viento 67
Tabla 9 Distribución de frecuencias para la velocidad del viento 69
Tabla 10 Valores X, Y y frecuencia acumulada para los datos medidos de velocidad del viento 71
Tabla 11 Consumo energético del Hotel Life Valle Sagrado 79
Tabla 12 Potencia eólica y mecánica para un área de barrido de radio r =5m 82
Tabla 13 Área y radio con la Pe=10200W 83
Tabla 14 Parámetros para la selección del aerogenerador 84
Tabla 15 Características del aerogenerador seleccionado 87
Tabla 16 Evaluación de potencias para el radio de r=4.9m del aerogenerador ENAIR 20L 91
Tabla 17 Presupuesto para el aerogenerador ENAIR 20L 100
Tabla 18 Evaluación de costos 101
Tabla 19 Resultados obtenidos para la instalación del aerogenerador ENAIR 20L 108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de vientos a escala global 8
Figura 2 Fuerza del gradiente de presión con masa de aire en equilibrio 10
Figura 3 Gradiente de Presión con masa de aire en desequilibrio 10
Figura 4 Viento real 12
Figura 5 Velocidad del viento con respecto a la altura 14
Figura 6 Rosa de vientos de velocidades del viento 15
Figura 7 Anemómetro de cazoletas 17
Figura 8 Veleta y conjunto veleta y anemómetro 17
Figura 9 Fuerza de sustentación aerodinámica 22
Figura 10 Aerogenerador Savonius y Darreus 24
Figura 11 Aerogenerador de eje horizontal a Barlovento 25
Figura 12 Aerogenerador horizontal a Sotavento 25
Figura 13 Componentes de un aerogenerador horizontal tripala 27
Figura 14 Área de barrido del rotor 30
Figura 15 Gráfico de la densidad de potencia 33
Figura 16 Flujo de aire circulando a través del área A 34
Figura 17 Coeficiente de potencia de diversos tipos de aerogeneradores 36
Figura 18 Curvas de potencia P_d, P_m, P_e y potencia real en función a la velocidad del viento 37
Figura 19 Curva de potencia del aerogenerador 38
Figura 20 Localización del Hotel Life Valle Sagrado 49
Figura 21 Ubicación del Hotel LIFE Valle Sagrado 50
Figura 22 Hotel Life Valle Sagrado 52
Figura 23 Estación meteorológica PCE-FWS 20N 53
Figura 24 Equipo PCE-FWS 20N instalado en el centro meteorológico de la UNSAAC 55
Figura 25 Pantallas de los instrumentos de medida de los parámetros meteorológicos 55
Figura 26 Instalación del equipo de medición en el Hotel Life Valle Sagrado 56
Figura 27 Equipo en el Techo del Hotel Life Valle Sagrado 57
Figura 28 Equipo de medición instalado en el techo del Hotel Life Valle Sagrado 57
Figura 29 Pantalla del equipo de medición en el Hotel Life Valle Sagrado 57
Figura 30 Pantalla del software EASY WEATHER del equipo de medición 58
Figura 31 Página web del programa NASA POWER 60
Figura 32 Gráfico de la velocidad del viento en función del tiempo 65
Figura 33 Gráfica de la velocidad del viento en el programa del EASY WEATHER 66
Figura 34 Histograma de la frecuencia absoluta con respecto a la velocidad del viento 70
Figura 35 Gráfico del ajuste lineal realizado en EXCEL 72
Figura 36 Distribución de Weibull 73
Figura 37 Rosa de vientos con datos descargados del programa NASA POWER 74
Figura 38 Distribución de potencias de dispositivos eléctricos en el día 81
Figura 39 Ventajas y desventajas de los tipos de aerogeneradores 84
Figura 40 Aerogenerador marca ZONHAN 85
Figura 41 Aerogenerador SOLENER 86
Figura 42 Aerogenerador ENAIR 20L 86

Figura 43 Potencia eólica, mecánica y eléctrica producidas por el aerogenerador ENAIR 20L 92
Figura 44 Evaluación de energía producida con el aplicativo Ryse Energy ENAIR 93
Figura 45 Configuración de la instalación del aerogenerador y sus componentes.....94
Figura 46 Modelado en el programa ETAP v19.....97
Figura 47 Modelado del aerogenerador ENAIR 20L 98
Figura 48 Curva de potencia en el programa ETAP.....99
Figura 49 Evaluación de retorno de inversión.....102
Figura 50 Evaluación de la huella de carbono según el aplicativo ENAIR.....105

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo dimensionar un aerogenerador para suministrar energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado ubicado el centro poblado de Yanahuara, distrito de Urubamba, provincia de Urubamba en el departamento del Cusco. El tipo de investigación fue aplicativo con enfoque cuantitativo de nivel descriptivo y explicativo, su diseño es no experimental, transversal, se utilizó la metodología probabilística con el tratamiento estadístico de Weibull.

Para el dimensionamiento del aerogenerador se evaluó la demanda energética del hotel que fue de 10.20kW por día, que es la potencia que se desea suministrar al hotel. Se midió las velocidades del viento en una sola ubicación del hotel y se obtuvo los datos de velocidad del viento de la página web del NASA POWER, correspondiente a un año, cuya media fue de 6.23m/s, con estos datos se dimensionó el aerogenerador que debe suministrar energía eléctrica al hotel, se propuso utilizar el aerogenerador de marca ENAIR 20L cuya potencia máxima es de 20kW , es un aerogenerador de eje horizontal tripala, que cubre las necesidades de energía eléctrica del hotel, su producción de energía estimada en un día fue de 81.51 kWh, se determinó que el sistema requiere 11 baterías y 2 inversores. Al evaluar los costos de instalación del aerogenerador se observa que la inversión se cubre en 5 años, después de lo cual se considerará como ganancia para el hotel.

Los resultados de la investigación permitirán contribuir a la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental y la huella de carbono del hotel Life Valle Sagrado, pudiendo así el hotel acceder a diferentes beneficios como los bonos de carbono y ser reconocida como una empresa amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: Dimensionamiento, aerogenerador, energía eólica, potencial eólico, suministro eléctrico.

RESUMO

O objetivo desta tese é projetar uma turbina eólica para fornecer eletricidade ao Hotel Life Valle Sagrado, localizado na cidade de Yanahuara, distrito de Urubamba, província de Urubamba, departamento de Cusco. A pesquisa foi aplicada com uma abordagem quantitativa descritiva e explicativa. Seu projeto foi não experimental e transversal, utilizando uma metodologia probabilística com análise estatística Weibull.

Para projetar a turbina eólica, foi avaliada a demanda energética do hotel, que era de 10,20 kW por dia, a potência desejada. As velocidades do vento foram medidas em um único local dentro do hotel, e os dados de velocidade do vento de um ano foram obtidos do site NASA POWER. A velocidade média do vento foi de 6,23 m/s. Esses dados foram usados para projetar a turbina eólica que fornecerá eletricidade ao hotel. Foi proposta a turbina eólica ENAIR 20L, com potência máxima de 20 kW. Trata-se de uma turbina eólica de eixo horizontal com três pás que atende às necessidades de energia elétrica do hotel. A produção diária estimada de energia foi de 81,51 kWh. Foi determinado que o sistema requer 11 baterias e dois inversores. Uma avaliação dos custos de instalação da turbina eólica mostra que o investimento será coberto em cinco anos, após os quais será considerado lucro para o hotel.

Os resultados da pesquisa contribuirão para a sustentabilidade e reduzirão o impacto ambiental e a pegada de carbono do hotel Life Valle Sagrado. Isso permitirá que o hotel acesse diversos benefícios, como compensações de carbono, e seja reconhecido como uma empresa ecologicamente correta.

Palavras-chave: Dimensionamento, turbina eólica, energia eólica, potencial eólico, fornecimento de energia elétrica.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran demanda energética y preocupación por el medio ambiente, la búsqueda de fuentes de energía limpias y sostenibles es una prioridad global. Dentro de estas alternativas, la energía eólica presenta especial relevancia debido a su disponibilidad, bajo impacto ambiental y capacidad de generar electricidad a partir del recurso natural inagotable como es el viento. El Cusco y el distrito de Urubamba, se caracteriza por su potencial turístico y su entorno natural privilegiado. En ese marco, el Hotel Life Valle Sagrado representa una oportunidad ideal para implementar soluciones energéticas amigables con el ambiente, que además permitan reducir los costos operativos y la dependencia de fuentes convencionales no renovables.

La presente tesis tiene como objetivo principal dimensionar un aerogenerador que suministre energía eléctrica de manera eficiente al Hotel Life Valle Sagrado, para ello, se evalúa el potencial eólico del lugar, se determina el tipo de aerogenerador más adecuado y se calcula la producción estimada de energía, considerando las necesidades eléctricas del establecimiento.

Esta investigación tiene un tipo de investigación aplicativo con enfoque cuantitativo de nivel descriptivo explicativo, su diseño no experimental y transversal, orientado a brindar una solución técnica viable que contribuya al desarrollo sostenible de la región. Además, se espera que los resultados obtenidos sirvan como referencia para futuras implementaciones de energías renovables en otros establecimientos turísticos del país.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1.Situación problemática.

La situación energética mundial es una preocupación global que está siendo priorizada por las organizaciones y gobiernos del mundo involucrados en este tema, el sistema energético se encuentra en un punto crítico por la dependencia de los combustibles fósiles, los que son responsables de los daños al medio ambiente, además se sabe que estos recursos son agotables, lo que conllevará a una crisis energética si no se adoptan medidas necesarias en preservar el medio ambiente. El crecimiento demográfico y económico genera un mayor consumo de energía (Naciones Unidas, 2024).

Los combustibles fósiles representan más del 80 % de la producción de energía en todo el mundo, sin embargo, las fuentes de energía limpias cada vez ganan más fuerza. Cerca del 20 % de la electricidad proviene actualmente de fuentes de energía renovables (Naciones Unidas, 2024).

Las sociedades requieren de servicios energéticos para cubrir las diferentes necesidades humanas y para los diferentes procesos de fabricación, esta demanda de energía va en aumento. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que genera la prestación de servicios energéticos han contribuido en gran manera al aumento histórico de las concentraciones de esos gases en la atmósfera, existen diversas opciones para disminuir las emisiones de GEI del sistema energético, sin dejar por ello de cubrir la demanda mundial de servicios energéticos, como alternativa de solución están las energías renovables por su gran potencial de mitigar el cambio climático, si se utilizan de forma adecuada, las energías renovables pueden contribuir al desarrollo social y económico, favorecer el acceso a la energía y la seguridad del suministro de energía, y

reducir sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud (Edenhofer O. et al, 2011).

La participación de las energías renovables no convencionales en la matriz eléctrica en el Perú ha crecido de manera sostenida en los últimos años pasando de 3.4% en el 2016 a 5.5% en el 2022, estas son energías inagotables y que ayudan a reducir la tarifa eléctrica que pagamos los peruanos (OSINERGMIN, 2019).

En la costa y sierra del Perú existen zonas con fuertes vientos, la región del Cusco ubicada en la sierra sur del Perú, cuenta con un alto potencial para la generación de energía eólica, en los últimos años se observó un interés creciente por realizar proyectos eólicos ante la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles (García, 2023).

La búsqueda de fuentes de energía renovables se ha convertido en una prioridad para algunas empresas. Los hoteles consumen una cantidad considerable de energía por esto enfrentan el desafío de reducir sus costos operativos, pero también buscan ofrecer un servicio de calidad a sus huéspedes.

Se presenta como una solución viable el uso de un aerogenerador para satisfacer parte o total de la demanda energética de un hotel, para lo cual es necesario el dimensionamiento adecuado del aerogenerador lo que es crucial para garantizar su eficiencia y efectividad. Un dimensionamiento inadecuado puede resultar en una producción de energía insuficiente, lo que resultaría en un aumento de costos operativos y la insatisfacción de los clientes. Además, se debe evaluar el consumo eléctrico del hotel para tener conocimiento del tipo de aerogenerador que puede cubrir esta demanda. En el distrito de Urubamba es importante evaluar las condiciones del recurso eólico para justificar este tipo de instalación.

La tesis ha permitido investigar y desarrollar un modelo de dimensionamiento para determinar las especificaciones adecuadas de un aerogenerador para el hotel Life Valle Sagrado en Urubamba, para asegurar en un futuro una integración eficiente de esta tecnología en la infraestructura hotelera, asimismo contribuirá a la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

Actualmente el hotel Life Valle Sagrado presenta un costo elevado en el consumo de energía eléctrica para cubrir las necesidades de los turistas ya que ofrece un servicio de alta calidad, reduciendo así sus utilidades económicas, por otra parte, la zona de ubicación del hotel dispone de un potencial eólico que no se aprovecha en beneficio del medio ambiente.

1.2. Formulación del problema

a. Problema general

¿Cómo dimensionar un aerogenerador que permita suministrar energía eléctrica al Hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba – Cusco en el año 2024?

b. Problemas específicos

- ¿Cuál es el potencial eólico en el hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba?
- ¿Qué tipo de aerogenerador se adecua a las condiciones del viento y la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado?
- ¿Cuál es el resultado de analizar el costo beneficio del proyecto que considere costos operativos y retorno de inversión a mediano y largo plazo?

1.3. Justificación de la investigación

La presente investigación sobre el dimensionamiento de un aerogenerador para el suministro energético fiable y sostenible en el hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba de la región del Cusco, se justifica debido a la importancia que tiene el problema energético a nivel mundial y local, en este caso el problema se centra en el consumo y costo de la energía que proviene del sistema interconectado eléctrico de un hotel en el centro poblado Yanahuara, del distrito de Urubamba, de la provincia de Urubamba.

Esta investigación es importante también porque actualmente en la provincia de Urubamba, no se cuenta con investigaciones sobre el dimensionamiento de un aerogenerador para suministrar energía eléctrica a alguna empresa.

Para dimensionar un aerogenerador, se debe conocer el consumo energético del hotel y se debe calcular la cantidad de energía eléctrica que necesita generar y seleccionar el aerogenerador más adecuado, el que maximice la eficiencia en función de las características de la zona, así mismo se debe conocer el potencial eólico, en la provincia de Urubamba lo que hace necesario este estudio. En el caso específico de Urubamba, se presentan condiciones geográficas y climáticas que hacen viable la implementación de un aerogenerador.

Este aerogenerador no solo beneficiará al hotel, sino que también puede tener un impacto positivo en la comunidad local, puede servir como un ejemplo para la comunidad, fomentando la educación y la importancia de las energías renovables y la sostenibilidad. Al reducir los costos de energía el hotel puede ofrecer tarifas más competitivas, lo que podría atraer a más turistas y beneficiar a la economía local. Además, puede convertirse en una herramienta de marketing para atraer turistas interesados en la sostenibilidad y en la protección del medio ambiente.

La energía eólica es un recurso energético renovable, esta investigación sobre el dimensionamiento del aerogenerador permitirá aplicar la tecnología para mejorar la eficiencia y la producción de energía, desde el punto de vista científico, contribuirá a ampliar el conocimiento de la energía eólica y su aplicación en un sitio altoandino aportará datos valiosos para ser utilizados en futuras investigaciones.

1.4. Objetivos de la investigación

a. **Objetivo general**

Dimensionar un aerogenerador para suministrar energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba- Cusco 2024.

b**. Objetivos específicos**

- Determinar el potencial eólico en el hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba
- Seleccionar el tipo de aerogenerador que se adecue a las condiciones del viento y la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado.
- Analizar el costo beneficio del proyecto que considere costos operativos y retorno de inversión a mediano y largo plazo.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas

2.1.1 Energías renovables

Las energías renovables son las que se obtienen a partir de fuentes naturales, su característica es que son inagotables y no producen emisiones de gases de efecto invernadero (Méndez & Rodríguez, 2012).

Se denominan energías renovables a toda forma de energía producida por fuentes renovables de manera sostenible. Se originan en el sol (OSINERGMIN, 2019).

La energía renovable es la energía que se deriva de fuentes que se reponen de forma constante y natural en un corto período de tiempo, como la luz solar, el viento, el agua, la biomasa y el calor geotérmico. (Moebs et al., 2021)

2.1.2 Energía eólica

Se ha obtenido que el 2% de la energía solar que llega a la tierra se transforma en energía de los vientos, y de este 2% un 35% se disipa en la zona inferior de la atmósfera (Jarabo Friedrich, 1988).

La energía eólica se obtiene del viento es producida por la diferencia de temperaturas entre distintas zonas geográficas. Esta energía cinética que genera el viento, se transforma en energía mecánica o eléctrica. Se aprovecha mediante máquinas llamadas aerogeneradores o turbinas eólicas. La energía eólica representa un recurso natural, renovable y limpio que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar el uso de los combustibles fósiles, y su impacto ambiental es mucho menor que otras fuentes de energía (OSINERGMIN, 2019).

La energía eólica convierte la energía cinética en trabajo, que se puede utilizar para generar electricidad. (Moebs et al., 2021)

La energía eólica en el Perú

En el Perú existe actualmente 7 centrales eólicas en los departamentos de Piura, Cajamarca, La Libertad e Ica, que generan una capacidad total de 408 MW. El Perú tiene un alto potencial eólico gracias a su geografía y diversidad climática. El gobierno ha impulsado el desarrollo de proyectos eólicos como parte de su objetivo de aumentar en 80% el uso de energías renovables para 2050 (Yaranga, 2020).

2.1.3. Viento

El viento es causado por el calentamiento desigual que sufre la tierra, este calentamiento es mayor durante el día, cerca del ecuador, esto causa que las zonas más calientes se muevan sobre la superficie de la tierra. El aire más caliente al tener menos densidad que el aire frio, asciende para circular por la parte superior de la atmosfera y luego descender en las zonas más frías. Al combinarse el calentamiento desigual de la tierra, la fuerza de Coriolis y las fuerzas centrifugas debidas a la rotación de la tierra se da lugar a los vientos de escala terráquea, como los vientos alisios, polares y vientos del oeste (Juana, 2003, p. 151)

Según Ayllón, (2003), el viento es el aire en movimiento, las corrientes de aire en la atmósfera presentan en algunos casos un movimiento de ascenso o descenso llamado *convección* y en sentido horizontal llamado *advección* el cual es importante.

De la energía que llega del sol el 2% aproximadamente se transforma en energía cinética de los vientos atmosféricos. El 35% de esta energía proveniente del sol es disipada en la atmosfera, a tan solo un kilómetro por encima del suelo. Del resto se estima que por su aleatoriedad y dispersión solo podría ser utilizada 1/13 parte, cantidad que hubiera sido suficiente para abastecer 10 veces el consumo de energía primaria mundial en un año, de ahí su enorme potencial e interés (Álvarez, 2006, p. 28)

2.1.4. Origen del viento

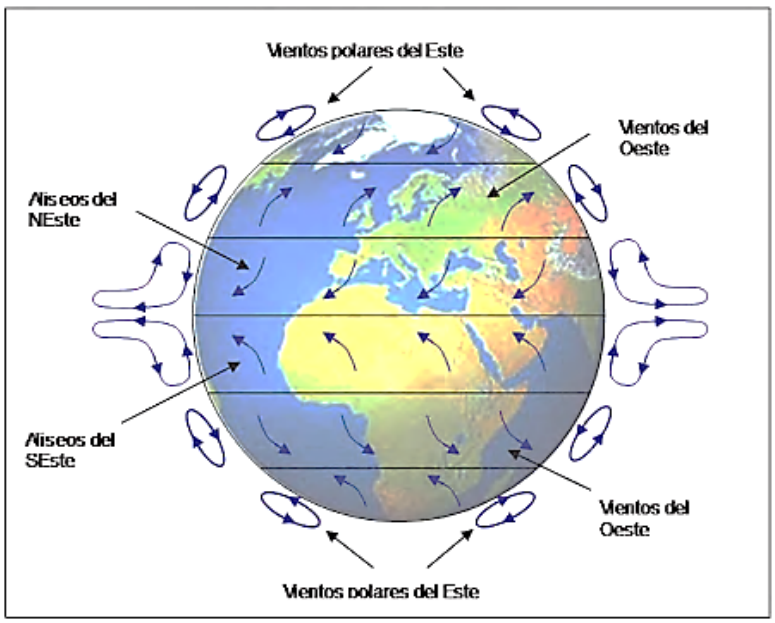
El viento es producido directamente por la radiación solar, debido a la forma esférica del planeta. Esto provoca un calentamiento desigual en su superficie, lo que se traduce en una distribución heterogénea de los rayos solares, incidiendo perpendicularmente en los polos y en el Ecuador (Villarrubia López, 2012).

El viento se define como el desplazamiento de masas de aire y esta causado por las diferencias de presión atmosférica y por la fuerza de Coriolis derivada del giro de la tierra sobre su eje (figura 1). Para estudiar la atmosfera es necesario dividirla en tres escalas, macro escala, meso escala y micro escala (Cucó Pardillos, S. 2017).

a) **Macro – escala:** se estudia los vientos que tienen lugar en superficies extensas del orden de 1000 km en horizontal y hasta el límite de la atmosfera, en esta escala se desarrollan los mapas de tiempo con isóbaras. (Cucó Pardillos, S. 2017).

Figura 1

Distribución de vientos a escala global



Nota: Distribución de vientos a escala global. Adaptado de *Manual de energía eólica*. Cucó Pardillos, S. 2017.

b) **Meso - escala:** se estudia los vientos en la superficie terrestre con dimensiones entre 10 y 100 km y su altura entre 1 y 10 km, en esta escala se encuentran los vientos estacionales y locales (Cucó Pardillos, S. 2017).

Los **vientos estacionales** son debidos a que el aire sobre la superficie terrestre es más caliente en verano y más frio en invierno, en comparación con el aire presente en el océano cercano, en la misma estación (Cucó Pardillos, S. 2017).

Los **vientos locales** son vientos en los que interviene la orografía en la conducción de las masas de aire, por ejemplo, las brisas marinas, brisas terrestres cercano a los océanos, y vientos originados por el encausamiento de las masas de aire en la orografía del lugar, los vientos de los cauces de los ríos (Cucó Pardillos, S. 2017).

c) Micro – escala:

A qui se estudian los vientos comprendidos entre las zonas de 5 a 10 km, hasta 200m de altura, los vientos están influidos por el rozamiento con el suelo y los obstáculos del terreno (Cucó Pardillos, S. 2017).

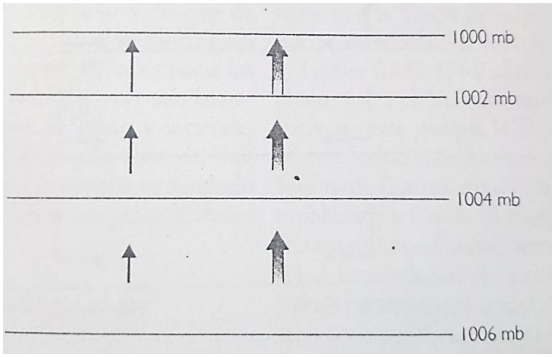
Factores que influyen sobre el viento:

2.1.4.1. La fuerza de gradiente de la presión

El gradiente horizontal de presión, (figura 2), está definido como la disminución de la presión por unidad de distancia, medido en la dirección en que el cambio de presión es más pronunciado, se señala que la velocidad del viento real no concuerda exactamente con este gradiente también llamado bárico, ya que intervienen otras fuerzas. (Ayllón, 2003).

Figura 2

Fuerza del gradiente de presión con masa de aire en equilibrio

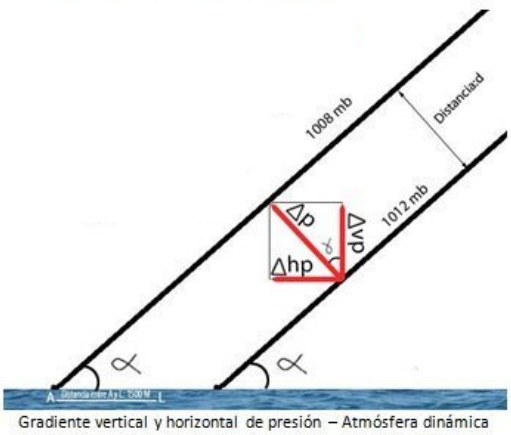


Nota: Las flechas indican la dirección de la fuerza del gradiente bárico. Adaptado de *Elementos de meteorología y climatología.* Ayllón, T. 2003 (2da ed.). Trillas.

Si la masa de aire está en desequilibrio, las superficies isobáricas están inclinadas, el gradiente de presión Δp se descompone en gradiente vertical Δvp y horizontal Δhp, la componente vertical se compensa con el peso específico de la masa de aire, pero a la componente horizontal no se opone ninguna fuerza, entonces el viento se desplazará en esa dirección como se ve en la figura 3, (Ayllón, 2003).

Figura 3

Gradiente de Presión con masa de aire en desequilibrio



Nota: Se muestra el gradiente de presión Δp y sus componentes vertical y horizontal. Adaptado de Meteorología. Escola Port. 2025. *Escola Port - Aula Náutica*. https://aulanautica.org/unit/2-meteorologia-py/

2.1.4.2. El Efecto Coriolis

Este efecto ocurre por el recorrido del aire y de objetos en movimiento, debido al movimiento de rotación de la tierra de Oeste a Este. Por tanto, las masas de aire se mueven de manera aleatoria. En el hemisferio Norte se crea una fuerza aparente que hace que el viento se deflexione hacia la derecha, mientras que en el Sur se desvía a la izquierda (Villarrubia López, 2012).

2.1.4.3. Fuerza de rozamiento

El movimiento de las masas de aire es influenciado por la fuerza de fricción entre el aire y la superficie terrestre, la que se produce a una profundidad de 500 metros aproximadamente en terrenos planos. Esta fuerza de rozamiento genera una disminución en la velocidad del viento por debajo del valor geostrófico lo que afecta a la fuerza de desviación de la velocidad y por lo tanto esta disminuye (Cucó Pardillos, S. 2017).

Los vientos tienen una variación cíclica, es decir máxima velocidad durante el día y mínima durante la noche, ya que durante el día el calentamiento del terreno es desigual y en la noche al enfriarse la atmósfera provoca un asentamiento de partículas y disminuye su velocidad (Ayllón, 2003).

2.1.5. Viento Geostrófico

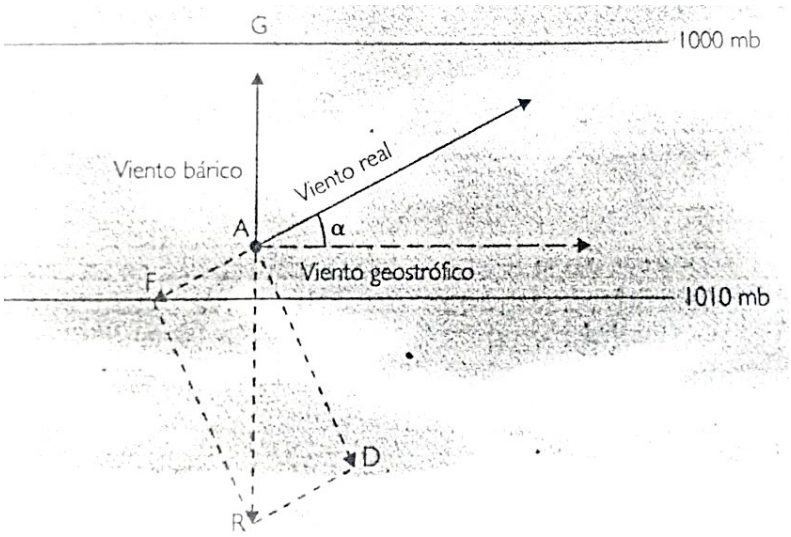
Es el viento resultante del balance entre el gradiente bárico y la fuerza de Coriolis, A altitudes mayores a un kilómetro el viento real es de tipo geostrófico puesto que el efecto de la fricción no es perceptible, sobre la superficie del suelo en las capas inmediatas el viento real no es geostrófico por la fuerza de fricción. El viento real es la resultante del balance de las fuerzas del gradiente G, fuerza desviadora de Coriolis D, y de fuerza de fricción F, (figura 4) (Ayllón, 2003).

La fuerza de Coriolis o desviadora D, forma un ángulo de 90°con la velocidad del viento real, está dirigida hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda

en el hemisferio sur. F es la fuerza de fricción opuesta a la velocidad del viento real. Con las componentes se obtiene la resultante R, cuya aceleración estará equilibrada con el gradiente de presión G. El viento real soplará hacia las bajas presiones desviándose un ángulo α respecto a las isóbaras (Ayllón, 2003).

Figura 4

Viento real



Nota: La figura 4, muestra el desplazamiento del viento real que resulta del balance de la fuerza de fricción F, gradiente de presión G y fuerza desviadora de Coriolis D. Adaptado de *Elementos de meteorología y climatología.* Ayllón, T. 2003 (2da ed.). Trillas.

2.1.6. Velocidad del viento

La velocidad es una magnitud física de carácter vectorial que describe el desplazamiento de un objeto en un intervalo de tiempo, teniendo en cuenta tanto la dirección como el módulo del movimiento, (Wilson & Buffa, 2003).

La velocidad del viento está directamente influenciada por la temperatura: a mayor diferencia de temperatura, mayor velocidad del viento. Las unidades más usadas para medir la intensidad del viento son los metros por segundo (m/s) (Cáceres, 2017).

Ayllón, (2003). señala: “La velocidad del viento está en razón directa a la diferencia de presión de los puntos entre cuales sopla”.

El viento cambia con respecto a la altitud, debido al rozamiento con la superficie terrestre hasta una distancia denominada límite a partir de la cual la velocidad no se ve afectada. Así también para cualquier otro fluido, esta es la definición de *capa límite de velocidades* (Mur Amada, J. 2001).

2.1.6.1. Velocidad del viento a una altura específica

La velocidad del viento es un vector cuya magnitud indica la velocidad medida en unidades de metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (km/h) o nudos (LEE & ZHAO, 2022)

Según Cucó Pardillos, S. (2017) la velocidad del viento varía en función de la altura sobre el suelo, su estudio es importante porque:

- Al aumentar la altura aumenta la velocidad del viento y la potencia extraíble por el aerogenerador, a ello se debe la tendencia de construir aerogeneradores altos.
- Cada pala al girar recorre puntos situados a diferente altura con velocidades diferentes y están sometidas a esfuerzos distintos y genera cargas variables (Cucó Pardillos, S. 2017).

Para hallar el módulo de la velocidad del viento a una altura dada, en terrenos no demasiado complejos, se usa la ley exponencial de Hellmann, esta variación con la altura depende de varios factores, la rugosidad del terreno u obstáculos, estación del año y horas del día, (LEE & ZHAO, 2022).

$$V_Z = V\left(\frac{h}{h_{ref}}\right)^a \qquad (1)$$

Donde: V_Z: Velocidad del viento a estimar

V: Velocidad del viento de referencia.

h: Altura sobre el nivel del suelo

h_{ref}: Altura de referencia del viento

α: factor de rugosidad

Tabla 1

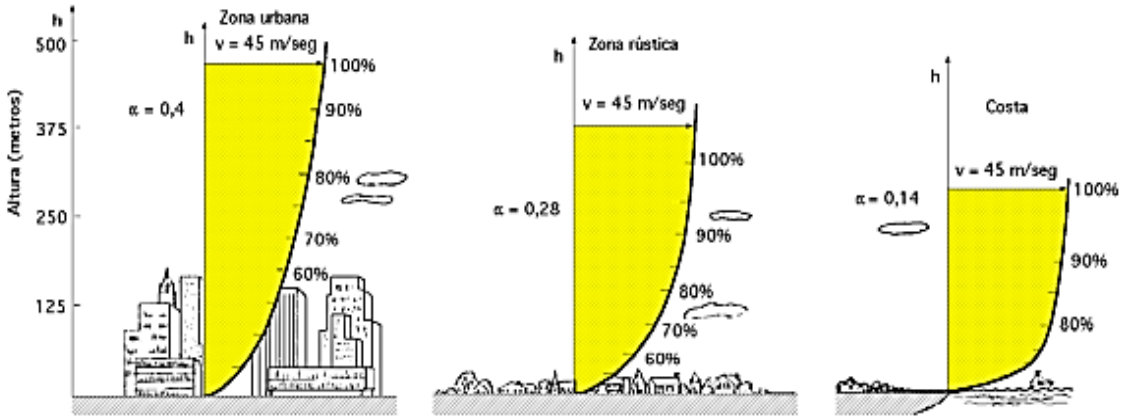
Clasificación del factor de rugosidad α

LUGAR	VALOR $\boldsymbol{\alpha}$
Lugares llanos con hierba o hielo	0.08 - 0.12
Lugares llanos: mar o costa	0.14
Terrenos pocos accidentados	0.13 - 0.26
Zonas rústicas	0.2
Terrenos accidentados o bosques	0.20 - 0.26
Terrenos muy accidentados y ciudades	0.25 - 0.40

Nota: Donde α varia de acuerdo al tipo de terreno del emplazamiento. Adaptado de GWEC: "*GLOBAL WIND REPORT 2022*", LEE & ZHAO, 2022.

Figura 5

Velocidad del viento con respecto a la altura



Nota: Gráfico donde se muestra como varia la velocidad del viento respecto a la altura según la ley de Hellmann, para diferentes obstáculos o características del terreno. Adaptado de *Ingeniería de la energía eólica*. Villarrubia López, M. 2012. Marcombo Ediciones Técnicas.

2.1.6.2. Dirección del viento

La dirección del viento se refiere al punto desde el cual proviene el viento. Esto se mide usualmente mediante una veleta y se expresa en grados o direcciones con el uso de la Rosa de Vientos (Álvarez, C. 2006).

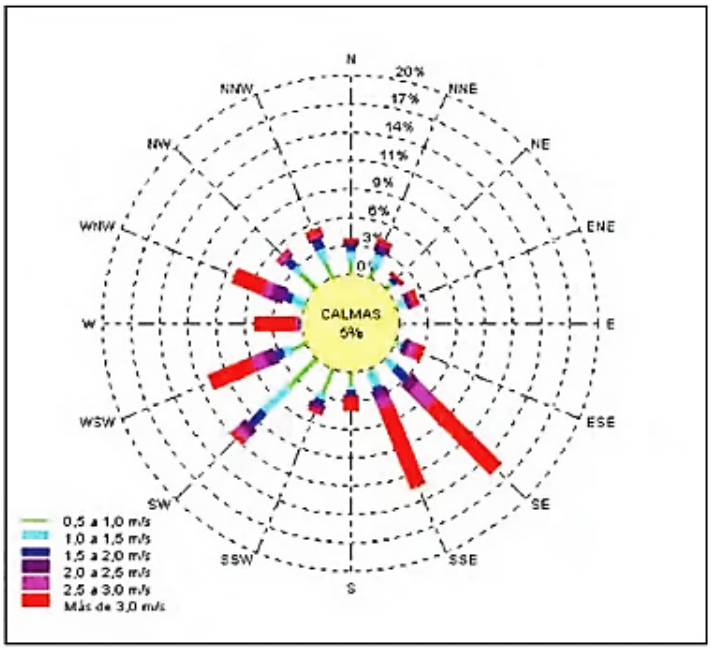
2.1.6.2.1. Rosa de vientos

Utilizada principalmente para proporcionar la dirección o direcciones frecuentes de los vientos representadas en un diagrama circular, permitiendo así ubicar el aerogenerador en un sitio idóneo (Pérez Montes et al., 2022).

El registro de la velocidad y dirección del viento permite conocer las características para cada emplazamiento, en la rosa de vientos se evalúa la información sobre la procedencia del viento figura 6 (Cucó Pardillos, S. 2017).

Figura 6

Rosa de vientos de velocidades del viento



Nota: En la figura se muestra la rosa de vientos para las distintas velocidades de viento, la dirección de donde proviene la velocidad de 2.5 a 3m/s es del Sur Este SE. Adaptado de *Manual de energía eólica*. Cucó Pardillos, S. 2017.

2.1.7. Instrumentos de medición del viento

El viento es una fuente de energía aleatoria por ello se debe conocer sus características, entonces es necesario el uso de aparatos de medida. La altura estándar para medir la velocidad del viento es a 10 m sobre el suelo. Para evaluar el potencial eólico se estipula medir también a otras alturas (25, 50 y 75 m) (Villarrubia López,2012).

La creciente implantación de sistemas eólicos y la necesidad de conocer con más precisión el recurso eólico disponible hace que se requiera de equipos de apoyo para realizar las mediciones, dado que sería inviable instalar en cada una de las futuras posiciones a ocupar han ido apareciendo en el mercado anemómetros de medición remota por sistemas de ultrasonidos SODAR (Sonic Detection and Ranging), o láser LIDAR (Light Detection And Ranging), que detectan el desfase del sonido o la luz reflejada por las moléculas de aire, (Méndez & Rodríguez, 2012).

2.1.7.1. El anemómetro

Un anemómetro es un instrumento meteorológico empleado para la medición de la velocidad del viento (Almada, 2023). El anemómetro d**e rotación** tiene tres cazoletas sobre un pequeño eje, figura 7 (Atlas Eólico del Perú, 2016).

La velocidad del viento casi nunca es constante en un intervalo de tiempo, para conocer esta velocidad es preciso determinar la media en un intervalo de 10 minutos y para ello se usa los anemómetros (Méndez & Rodríguez, 2012).

Figura 7

Anemómetro de cazoletas

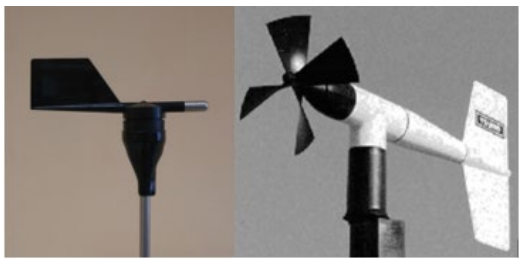
Nota: Anemómetro de rotación. Adaptado de *Atlas Eólico del Perú*, 2016.

2.1.7.2. Veleta

La veleta se reconoce como un instrumento que señala la dirección de donde proviene el viento y hacia dónde se dirige, en la Figura 8 se representa un modelo (Velázquez, 2018).

Figura 8

Veleta y conjunto veleta y anemómetro



Nota: Adaptado de *Ingeniería de la Energía eólica*, (p. 48). Villarrubia López, 2012

2.1.8. Potencial eólico

Los parámetros principales para determinar el potencial eólico son: velocidad del viento, densidad del aire, energía cinética del viento, potencia del viento. El potencial eólico es la cantidad de energía eólica que se obtiene del viento y se puede aprovechar en una determinada zona (Atlas Eólico del Perú, 2016).

El potencial eólico que se puede aprovechar se refiere a los lugares donde se pueden instalar turbinas eólicas (Villarrubia López, 2012).

2.1.9. Densidad del aire

La densidad del aire ρ, está definida como la masa del aire por unidad de volumen de la atmósfera terrestre. Las medidas de densidad varían y disminuyen con la altitud. A nivel del mar a 20°C de temperatura la densidad del aire es aproximadamente 1,2 kg/m^3 (Becerra & González, 2003).

De la ley del gas ideal se tiene:

$$\rho = \frac{P}{R.T} = \frac{n}{V} \qquad (2)$$

En donde:

ρ: densidad (kg/m^3) o (mol/ m^3);

P: presión absoluta (Pa);

T: temperatura (K);

R: constante específica del gas (287.05 J/kg. K);

n: número de moléculas;

V: volumen

La densidad del viento depende de la temperatura T y de la Presión P, entonces, la densidad del viento se calcula por la ecuación (2), (Young et al., 2013, p. 456).

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Donde:

ρ : es la densidad del viento (kg/m^3)

P: Presión del aire (N/m^2)

R: = 287.05 (J/kg. K) Constante específica del gas

T: Temperatura del aire en grados Kelvin

Según Young et al., (2013) la densidad del aire disminuye a medida que aumenta la altitud. Si no se cuenta con la información de la presión del sitio, la densidad

puede estimarse como una función de la elevación del lugar y la temperatura de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{P_o}{RT} e^{\left(\frac{-gh}{RT}\right)} \qquad (3)$$

Donde:

ρ : es la densidad del aire (kg/m^3)

Po: Presión atmosférica a nivel del mar (101.325 kPa)

g: aceleración de la gravedad (9.8m/s^2),

h: altura o elevación del sitio sobre el nivel del mar (m)

R: = 287.05 (J/kg. K) Constante específica del gas

T: Temperatura del aire en grados Kelvin.

2.1.10. Distribución de Weibull

Villarrubia López (2012) señala que la ley de distribución de la velocidad del viento permite determinar la potencia de energía que puede producir un aerogenerador. La distribución de probabilidad de la velocidad del viento, plantea la función densidad f(v). Esta función f(v), depende de dos parámetros (k, c), y se expresa según:

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \qquad (4)$$

Donde:

v: velocidad del viento (m/s).

$f(v)$: función densidad de probabilidad de Weibull.

c: factor de escala (m/s), valor próximo a la velocidad media anual.

k: factor de forma que caracteriza el sesgo de la función f(v).

Según Pérez Montes (2022) el parámetro k no tiene unidades y se obtiene por la ecuación 5, donde σ es la desviación estándar en función al tiempo.

El factor de escala *c* se obtiene por la ecuación 6, donde Γ es la función Gamma de Euler.

$$k = \left(\frac{\sigma}{v}\right)^{-1.086} \qquad (5)$$

$$c = \frac{v}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)} \qquad (6)$$

$$\text{ó} \qquad \frac{c}{v} = \left(0.568 + \frac{0.433}{k}\right)^{\frac{-1}{k}}$$

Además, se debe definir ecuaciones estadísticas o parámetros necesarios para evaluar datos de la velocidad del viento.

Según Villarrubia López (2012), si se tiene un conjunto de N valores de velocidad (v_1.....v_i) y que se presentan ($n_{1,\ldots..}n_i$) veces, entonces se define:

- **Media aritmética o media**

  $\langle v \rangle = \sum_{i=1}^{K} \frac{n_i}{N} = \sum_{i=1}^{K} f_i v_i$

  Donde, f_i es la frecuencia relativa $f_i = \frac{n_i}{N}$

- **Desviación estándar o desviación típica**

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} f_i (v_i - \langle v \rangle)^2}$$

  Donde:

  - f_i es la frecuencia relativa,
  - $\langle v \rangle$ es la media aritmética

Según Touré, S. (2005), la distribución Weibull de dos parámetros se considera generalmente el modelo más fiable para describir la distribución de la velocidad del viento. Entonces la determinación fiable de sus parámetros de ajuste

k y c es importante. De la ecuación 4 se deriva la frecuencia acumulada definida como:

- **Frecuencia acumulada**

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

Para hallar los parámetros de ajuste k y c, se utiliza el método de mínimos cuadrados, siendo la ecuación Y=mX+b. Entonces:

$$\ln\left(-ln\left(1 - F(v)\right)\right) = Y$$

$$k=m$$

$$\ln(v) = X$$

$$-k \ln(c) = b$$

2.1.11. Aerogeneradores o turbinas eólicas

Un aerogenerador consiste en una máquina que integra una aeroturbina y un generador eléctrico, concebidos para aprovechar la energía del viento para convertirla en energía eléctrica (Juana, 2003, p. 162).

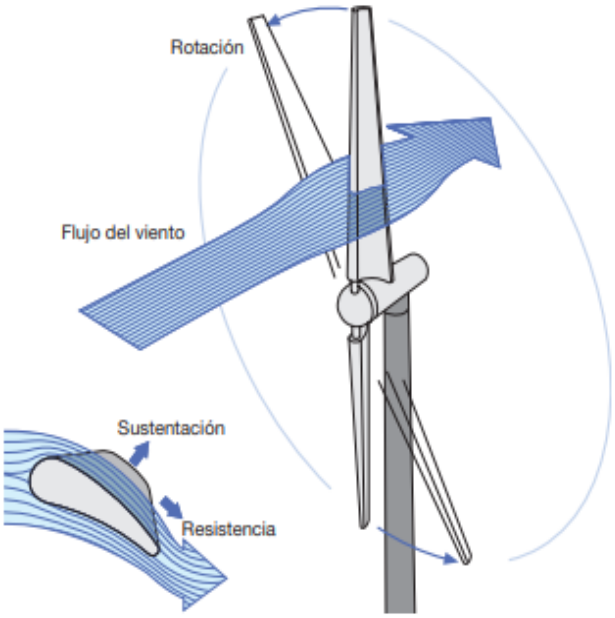
Los aerogeneradores son aparatos con forma de molinos que hacen posible aprovechar la energía del viento, multiplicando su fuerza y convirtiéndola en energía eléctrica (Álvarez, C. 2006).

En el funcionamiento del aerogenerador, su potencia de salida, estará determinada por la fuerza aerodinámica producidas por el viento, esta fuerza es de resistencia o sustentación, depende de cuál de estas fuerzas sean utilizadas como fuerza motriz. Para comprender como funciona un aerogenerador se debe referir a las turbinas de más uso actualmente, que son de “sustentación”; las que, se diferencian con las de “resistencia”, el viento circula por las dos caras de la pala, las que presentan distintos

perfiles geométricos. Esta diferencia de presiones produce una fuerza llamada sustentación aerodinámica (figura 10) sobre la superficie de la pala, de forma parecida a lo que sucede en las alas de los aviones. Esta fuerza provoca la rotación alrededor del eje del buje (ABB, 2012, p. 12).

Figura 9

Fuerza de sustentación aerodinámica



Nota: Fuerza de sustentación y de resistencia en la pala del aerogenerador. Adaptado de *Cuaderno de aplicaciones técnicas no. 12. Plantas eólicas*. ABB. 2012.

Un aerogenerador necesita una velocidad del viento mínima (velocidad de acoplamiento o de arranque) y entrega la potencia nominal a velocidades elevadas (velocidad de desconexión o corte), este es el sistema de frenado para la turbina. El bloqueo se puede efectuar por medio de frenos mecánicos que hacen que se detenga el rotor o, en el caso de palas de inclinación variable, “escondiéndolas” del viento al colocarlas en una posición conocida como “bandera” (ABB, 2012, p. 12).

2.1.11.1. Tipos de aerogeneradores

Se clasifican según la disposición del eje del rotor y su potencia. Dependiendo de la posición del eje del rotor, pueden ser de eje vertical y eje horizontal.

2.1.11.1.1. Aerogenerador de eje vertical

Das et al. (2017) indica que estos tienen un eje de rotación perpendicular al viento y son perfectas para aplicaciones domésticas y proyectos pequeños debido a su menor inversión inicial y fácil mantenimiento.

Entre las ventajas de estos aerogeneradores se distingue que captan viento en cualquier dirección, por lo tanto, no necesitan control de orientación y la conexión entre el multiplicador y generador eléctrico se realiza a nivel del piso. Uno de los inconvenientes que presenta es su mayor fatiga mecánica (figura 11). (Cucó Pardillos, 2017).

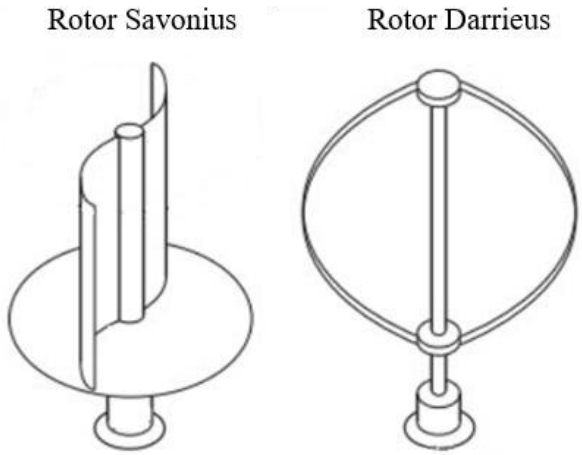
Se pueden distinguir dos tipos principales:

Aerogenerador Darreus; son máquinas donde los elementos captadores consisten en dos o tres palas con perfil en forma de C ancladas a ambos extremos del eje, presenta ventajas como que el generador eléctrico y el resto de maquinaria se sitúa a nivel del suelo, para su fácil mantenimiento, también otra ventaja es que es capaz de trabajar con cualquier dirección del viento, su desventaja es que necesita tensores para su sujeción lo que limita su localización en áreas de orografía compleja y da lugar a turbulencias que reduzcan su eficacia, motores auxiliares para su arranque (Méndez & Rodríguez, 2012).

Aerogenerador Savonius, son máquinas de eje vertical cuyos elementos captadores constan de dos o más filas de semicilindros a menudo helicoidales, son dispositivos de bajo rendimiento utilizables para bajas potencias (Méndez & Rodríguez, 2012)

Figura 10

Aerogenerador Savonius y Darreus



Nota: Aerogeneradores de eje vertical. Adaptado de *Ingeniería de la Energía eólica*, (p. 129) por Villarrubia López, 2012.

2.1.11.1.2. Aerogenerador de eje horizontal

Para Villarrubia López (2012) tienen como ventajas más significativas las de tener un mayor coeficiente de potencia (Cp). Los de eje horizontal presentan una mayor eficiencia global debido a su capacidad para aprovechar mejor la velocidad y dirección del viento. Su característica principal es que su eje de rotación está dispuesto paralelo al suelo y sus palas se sitúan perpendicularmente a dicho eje. (Méndez & Rodríguez, 2012)

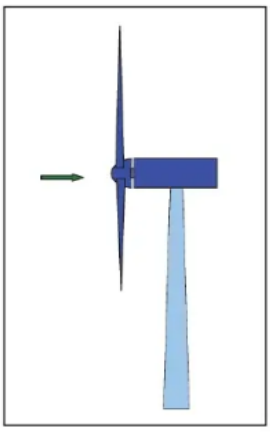
Según Cucó Pardillos, (2017) en este tipo de aerogenerador el eje de giro del rotor se encuentra ubicado en posición horizontal, presenta una pequeña inclinación llamado ángulo de inclinación, en función a la disposición de cara al viento los aerogeneradores se dividen en:

A Barlovento: el rotor está colocado enfrentando al viento y antes de la torre que lo sustenta. Es más común entre los aerogeneradores de eje horizontal, el viento

incide con toda su energía sobre las palas del rotor sin obstáculo (figura 12) (Cucó Pardillos, 2017).

Figura 11

Aerogenerador de eje horizontal a Barlovento

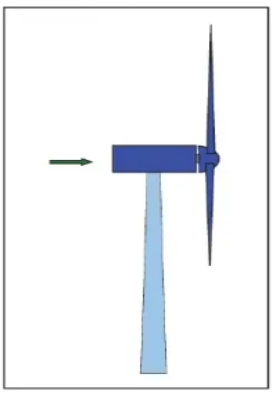


Nota: El viento incide directamente sobre las palas. Adaptado de *Manual de energía eólica*. Cucó Pardillos, Universidad Politécnica de València. 2017

A Sotavento: El rotor se dispone orientado tras la torre, la extracción de energía es reducida por el obstáculo que ofrece la torre para el viento, éste solo se emplea en aerogeneradores de baja y muy baja potencia (figura 13) (Cucó Pardillos, 2017).

Figura 12

Aerogenerador horizontal a Sotavento



Nota: Adaptado de *Manual de energía eólica*. Cucó Pardillos, Universidad Politécnica de València. 2017.

Cucó Pardillos, (2017) afirma que de acuerdo al número de palas del rotor se pueden clasificar en:

- **Monopala:** presenta inestabilidad y fatiga, poco utilizados, su curva característica tiene valores máximos de Cp cerca de 0.4.
- **Bipala:** poco utilizados, presentan problemas dinámicos, pero menos que el monopala, este tipo existen pocos generalmente en instalaciones comerciales, su curva de potencia tiene valores máximos de Cp cercanos a 0.45.
- **Multipala:** estos aerogeneradores se caracterizan por girar a bajas velocidades, se utiliza en aplicaciones que requiere más fuerza como la extracción de agua a través de aerobombas, presenta una curva característica de Cp (coeficiente de potencia), muy bajos, no se emplean para producir energía eléctrica.
- **Aerogenerador tripala**

  En este diseño se reduce la velocidad de giro, eliminando problemas de ruido, su disposición espacial es más armoniosa visualmente y equilibrada mecánicamente. (Méndez & Rodríguez, 2012).

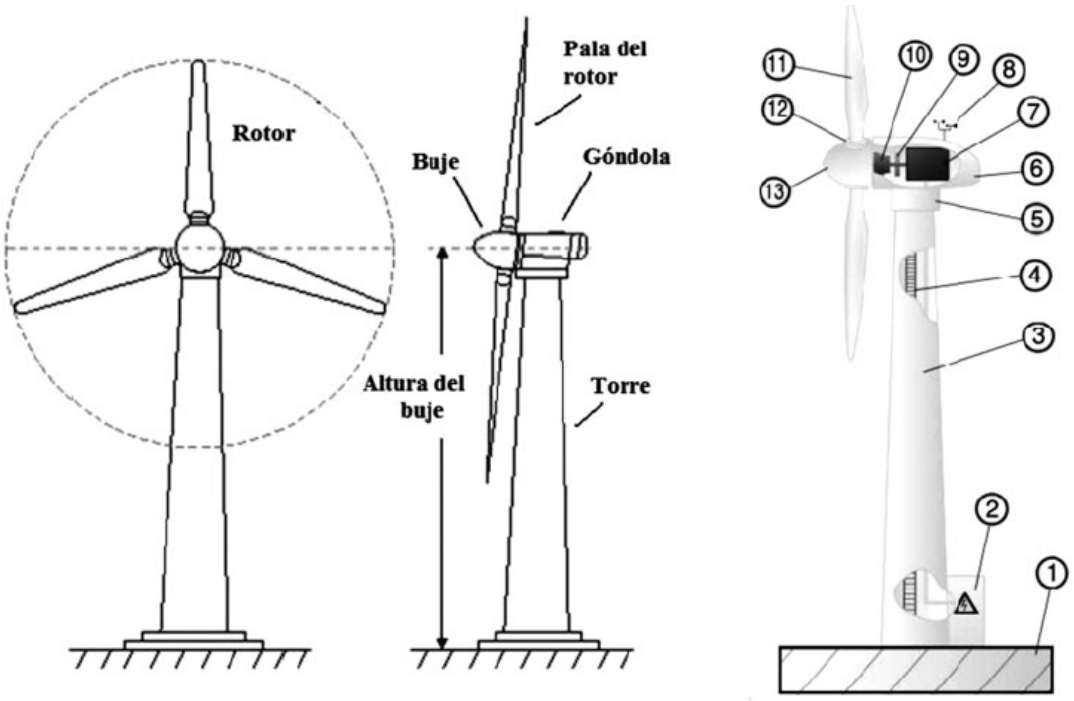
  Este diseño es el más utilizado por los aerogeneradores comerciales para la producción de energía eléctrica, alcanzan valores mayores de Cp en su curva característica (Cucó Pardillos, 2017).

  El aerogenerador de eje horizontal tripala (figura 14), orientado a barlovento es el más utilizado en instalaciones de parque eólicos y en instalaciones de pequeña potencia, en estos la fuerza que produce el giro es de sustentación, este aerogenerador necesita un sistema de control de orientación al viento, en base a un pequeño motor eléctrico (Cucó Pardillos, 2017).

2.1.11.1.2.1. Componentes del aerogenerador tripala

Figura 13

Componentes de un aerogenerador horizontal tripala



Nota: Componentes del aerogenerador tripala. Adaptado de. *Ingeniería de la energía eólica*. Villarrubia López, M. 2012. Marcombo Ediciones Técnicas.

La figura 14, muestra un esquema de un aerogenerador de eje horizontal tripala. Sus principales elementos son: (Villarrubia, 2012)

1. Base y cimientos
2. Punto de conexión a la estación transformadora de baja a alta tensión
3. Torre de sustentación
4. Escalera interior para acceso a la góndola
5. Sistema de orientación del rotor hacia el viento
6. Góndola
7. Generador eléctrico (asíncrono o síncrono)
8. Anemómetro y veleta

9. Freno para fijación del rotor

10. Caja multiplicadora de velocidad (gear box)

11. Pala o álabe del rotor

12. Punto de inserción de la pala en el buje

13. Buje o nariz del aerogenerador

- **Los cimientos:** La cimentación es esencial para garantizar la firmeza, la fuerza que experimenta la base es muy alta, ya que el viento ejerce un empuje intenso a alturas elevadas (Aerogeneradores, 2025).
- **La torre:** Soporta la góndola y el rotor. Actualmente son tubulares de acero. Las de celosía (perfiles de acero soldados) son más económicas, se dejaron de usar por estética y por ser incómodas e inseguras (Álvarez, 2006).
- **Rotor:** es el conjunto formado por las palas y el buje. Es necesario para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica. Si el área barrida por el rotor es mayor entonces también la generación de energía lo será. Los rotores pueden ser de paso variable (que permiten girar sobre sí mismas a las palas) o de paso fijo (en el que no pueden girar). También puede ser de velocidad variable (cuando la velocidad de giro del rotor es variable) o constante (Álvarez, 2006).

  Las palas tienen un diseño aerodinámico, construidas con materiales ligeros y resistentes como fibra de vidrio con resinas epóxicas o fibra de carbono. En grandes aerogeneradores tienen una longitud que puede alcanzar hasta unos 50 m. Las palas se insertan en un elemento denominado buje, (Villarrubia, 2012).
- **Sistema de orientación:** este sistema con ayuda de las medidas realizadas por la veleta, coloca al rotor de manera perpendicular al viento. Es el primer paso para instalar el aerogenerador (Álvarez, 2006).

- **Góndola:** contiene los diferentes dispositivos que transforman la energía mecánica del rotor en energía eléctrica, en su exterior cuentan con un anemómetro y una veleta que brindan información continua a todo el sistema para su control (Álvarez, 2006).
- **Caja Multiplicadora:** El generador eléctrico necesita un régimen de giro superior al que proporciona el giro de las palas por eso se utiliza una caja multiplicadora que incrementa las revoluciones por minuto a un valor óptimo para la generación eléctrica en el generador (Aerogeneradores, 2025).
- **Generador:** es el que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, así como realiza el dinamo de una bicicleta, aunque produce normalmente corriente alterna. El alternador puede ser síncrono o asíncrono. El síncrono suministra energía de mayor calidad, pero es costoso y complejo. Por esa razón el asíncrono es el más utilizado de los dos (Álvarez, 2006).
- **Las palas:** son similares a las alas de un avión. Actualmente, la mayoría de las turbinas cuentan con tres palas y suelen ser de poliéster o epoxy (Álvarez, 2006).
- **Controlador electrónico:** Un ordenador controla constantemente el funcionamiento del aerogenerador mediante el análisis de las señales captadas por múltiples sensores que miden temperaturas, presiones, velocidad y dirección del viento, tensiones e intensidades eléctricas y vibraciones (Álvarez, 2006).
- **Freno de disco:** es el encargado de frenar la rotación de las palas en caso sea necesario, cuando se experimentan fuertes rachas de viento, es recomendable detener el aerogenerador para garantizar su seguridad (Aerogeneradores, 2025).

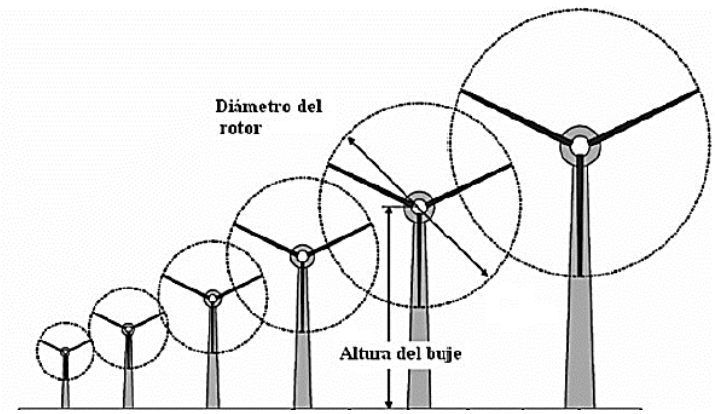
2.1.11.1.2.2. Área de barrido del rotor del aerogenerador

Según Milla, (2007), el área del rotor determina cuanta energía del viento es capaz de capturar un aerogenerador. Dado que el área del rotor aumenta con el cuadrado

del diámetro del rotor, un aerogenerador que sea dos veces más grande recibirá cuatro veces más energía (figura 15).

Figura 14

Área de barrido del rotor



Nota: Se muestra el área de barrido del rotor que varía según su diámetro. Adaptado de *Ingeniería de la energía eólica*. Villarrubia López, M. 2012. Marcombo Ediciones Técnicas.

2.1.11.2. Características de los aerogeneradores

Para el funcionamiento de un aerogenerador se determina valores específicos de velocidad del viento, relacionados con distintas fases:

- **Velocidad de arranque**, el rotor empieza a girar y el alternador genera una tensión, que aumenta con la velocidad del viento.
- **Velocidad de acoplamiento**, cuando la tensión es elevada para la aplicación específica, se produce energía y se activa el circuito, el que constituye la carga del aerogenerador;
- **Velocidad nominal**, es la velocidad a la que se genera la potencia nominal.

- **Velocidad de desconexión**, es la velocidad del viento por encima de la cual el rotor debe detenerse para evitar daños en la máquina (ABB, 2012).

En el aerogenerador también deberá prever su funcionamiento a temperaturas ambiente que van de -10 ºC a +40 ºC en condiciones normales y de -20 ºC a +50 ºC en condiciones ambientales extremas (ABB, 2012).

La vida útil de los aerogeneradores es de 30 años aproximadamente, aunque generalmente se desmantelan a los 20 años, debido a la disminución de la producción energética por el envejecimiento de sus componentes (ABB, 2012).

2.1.12. Potencia eólica

La potencia eólica es la potencia de un aerogenerador, la energía cinética del viento que se produce con el movimiento del viento sobre un objeto que desempeña un trabajo. Si se considera un flujo laminar perpendicular a la sección transversal de un cilindro, que se mueve a una velocidad v, la **energía cinética** para este flujo será (Fuentes & Jaramillo, 2007):

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (7)$$

Donde, m es la masa de aire en movimiento y *v* la velocidad del viento. La potencia P está definida como la Energía por unidad de tiempo (Mur Amada, 2001):

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}\frac{dm}{dt}v^2 \qquad (8)$$

La derivada $\frac{dm}{dt}$ es el flujo de aire a través de la superficie de un cilindro, y si se considera la masa como: $m = \rho AL$, donde:

ρ : densidad del aire.

A: área transversal del cilindro o área de barrido de un rotor.

L: longitud de un cilindro.

Derivando la masa $m = \rho$AL, en función del tiempo y si se considera:

$\frac{dL}{dt} = v$ (velocidad), entonces el flujo de aire a través del cilindro será:

$$\frac{dm}{dt} = \rho A v \qquad (9)$$

Al sustituir la ecuación (9) en la ecuación (8), se obtendrá la potencia eólica disponible P_d, que varía con el cubo de la velocidad del viento**:**

$$P_d = \frac{1}{2}\rho A v^3 \qquad (10)$$

2.1.13. Densidad de la potencia del viento

Según el Atlas eólico del Perú (2016) la densidad de potencia del viento se define como la potencia eólica aprovechable por unidad de área (m^2) y se calcula según la expresión:

$$\frac{P_d}{A} = \frac{1}{2}\rho \mathrm{v}^3 \qquad (11)$$

Donde:

P_d es la potencia eólica disponible [W];

A es el área [m^2];

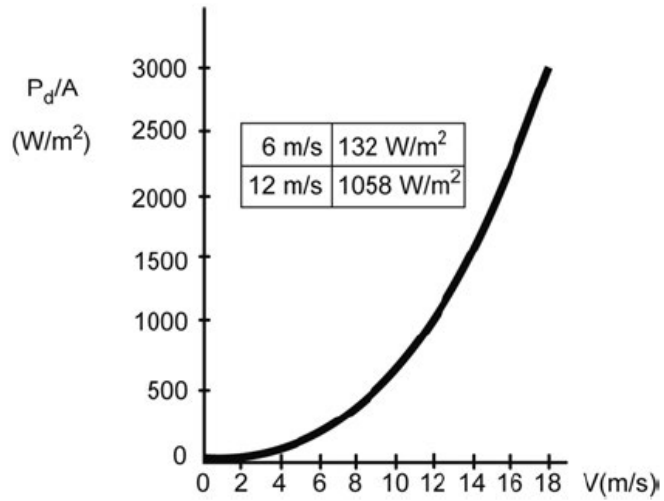
ρ es la densidad del aire [kg/m^3];

v es la velocidad media [m/s].

Esta expresión de densidad de potencia, se puede graficar en función de la velocidad, como se muestra en la figura 16.

Figura 15

Gráfico de la densidad de potencia



Nota: Densidad de potencia eólica disponible (W/m^2) en función de la velocidad, se puede observar el efecto del cubo de la velocidad. Adaptado de *Ingeniería de la energía eólica*. Villarrubia López, M. 2012. Marcombo Ediciones Técnicas.

2.1.14. Ley de Betz

Esta ley indica que no todo el viento que atraviesa el área del rotor de un aerogenerador se puede aprovechar. Existe un límite físico, conocido como ley de Betz que define la **energía máxima extraíble** por un aerogenerador (Atlas eólico del Perú, 2016).

Villarrubia López, (2012), señala que la ley de Betz establece un límite máximo para la potencia que puede extraerse del flujo de un viento de velocidad v. Sea un flujo de aire que atraviesa el área A barrida por un rotor (figura 17). Según la ecuación de continuidad:

$$v_1.A_1 = v.A = v_2.A_2 \qquad (12)$$

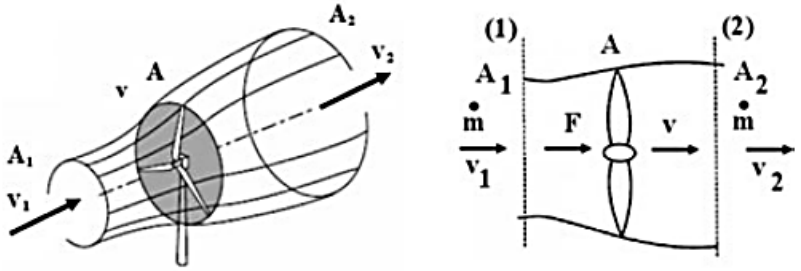
El caudal másico viene dado por:

$$\dot{m} = \rho A v \qquad (13)$$

Siendo: ρ la densidad del aire, A el área barrida por el rotor y v la velocidad a través de la sección A del rotor.

Figura 16

Flujo de aire circulando a través del área A



Nota: Flujo de aire circulando a través del área A barrida por el rotor, se considera un área A1 del viento de entrada y un área A2 de la salida del viento. Tomado de Ingeniería de la energía eólica. (p. 124). Villarrubia López (2012).

La fuerza F, se determina a partir de la variación de la cantidad de movimiento del fluido (Villarrubia López, 2012):

$$F = \dot{m}(v_1 - v_2) = \rho A v(v_1 - v_2) \qquad (14)$$

Aplicando el teorema de Bernoulli entre las secciones 1 y 2, y si se cumple que aproximadamente: $A_1 \approx A_2 \approx A$, se tiene:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \qquad (15)$$

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) \qquad (16)$$

La Fuerza F sobre el rotor será:

$$F = (P_2 - P_1)A = \frac{1}{2}A\rho(v_1^2 - v_2^2) \qquad (17)$$

Comparando la ecuación 14 con la ecuación 17 se puede afirmar que:

$$v = \tfrac{1}{2}(v_1 + v_2) \qquad (18)$$

La potencia (P) que el flujo de aire cede al rotor de la máquina es el producto de la fuerza por la velocidad F.v. Multiplicando las expresiones 17 y 18 se tiene:

$$P = \frac{1}{2}\rho A(v_1 + v_2)(v_1^2 - v_2^2) \qquad (19)$$

La máxima potencia se determina con: $\frac{dP}{dv} = 0$, lo que conduce a que la máxima potencia se alcanza para una velocidad: $v_2 = \frac{v_1}{3}$

Sustituyendo en la expresión 19, se obtiene la potencia máxima *Pmax* que teóricamente puede extraerse de un flujo de viento de velocidad v1 y viene dada por:

$$P_{max} = \frac{16}{54}\rho A v_1^3 = \frac{16}{27}\left(\frac{1}{2}\rho A v_1^3\right) = 0.593\rho A v_1^3 = 0.593\ P_d$$

Ley de Betz.

$$P_{max} = 0.593\ P_d \qquad (20)$$

Donde $P = P_d$ es la potencia eólica disponible.

El desempeño de un aerogenerador se caracteriza por el coeficiente de Potencia

$$C_p = \frac{P_{max}}{\frac{1}{2}\rho A v_1^3} \qquad (21)$$

C_p representa el limite máximo de la fraccion de la potencia en el viento que se puede transformar por medio del aerogenerador, Betz demostró que este valor máximo es:

$$C_{p\,max} = 0.59$$

Lo que implica que un aerogenerador ideal puede extraer como máximo solo el 59% de la potencia disponible del viento (Fuentes & Jaramillo, 2007).

2.1.15. Potencia mecánica P_m

La ley de Betz define la máxima energía extraíble por un aerogenerador, que puede ser convertida en potencia captada,

$$P_{max} = C_P\ P_d \qquad (22)$$

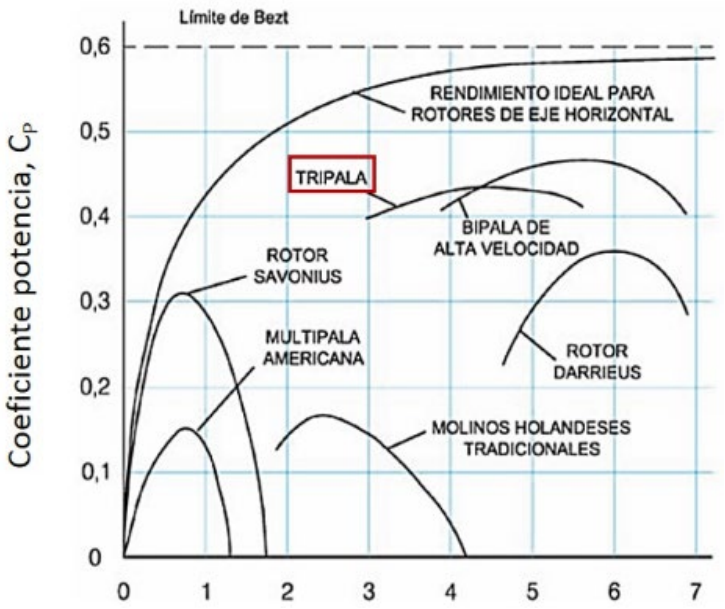
$$P_m = P_{max} = 0.593\, P_d \qquad (23)$$

Esta potencia máxima P máx. es la potencia mecánica P_m, y P_d es la potencia eólica disponible, C_p representa el limite máximo de la fracción de la potencia en el viento que se puede transformar por medio del aerogenerador (figura 18), (Villarrubia López, 2012)

$$C_{p\,max} = 0.59$$

Figura 17

Coeficiente de potencia de diversos tipos de aerogeneradores



Nota: Coeficiente de potencia $C_{p,}$ en función a la velocidad del viento. Adaptado de *Manual de energía eólica.* Cucó Pardillos, S. Desarrollo de proyectos e instalaciones. Universidad Politécnica de València. 2017.

2.1.16. Potencia eléctrica

Para el caso del aerogenerador se halla la potencia eléctrica con la relación al rendimiento o eficiencia del sistema eléctrico del aerogenerador n_e y al coeficiente de potencia, (Villarrubia López, 2012).

$$P_e = n_e\, P_m \qquad (24)$$

$$P_e = n_e \, C_P \, P_d \qquad (25)$$

Donde:

P_e es la Potencia eléctrica

n_e es la eficiencia del sistema eléctrico del aerogenerador

Cp: Coeficiente de potencia.

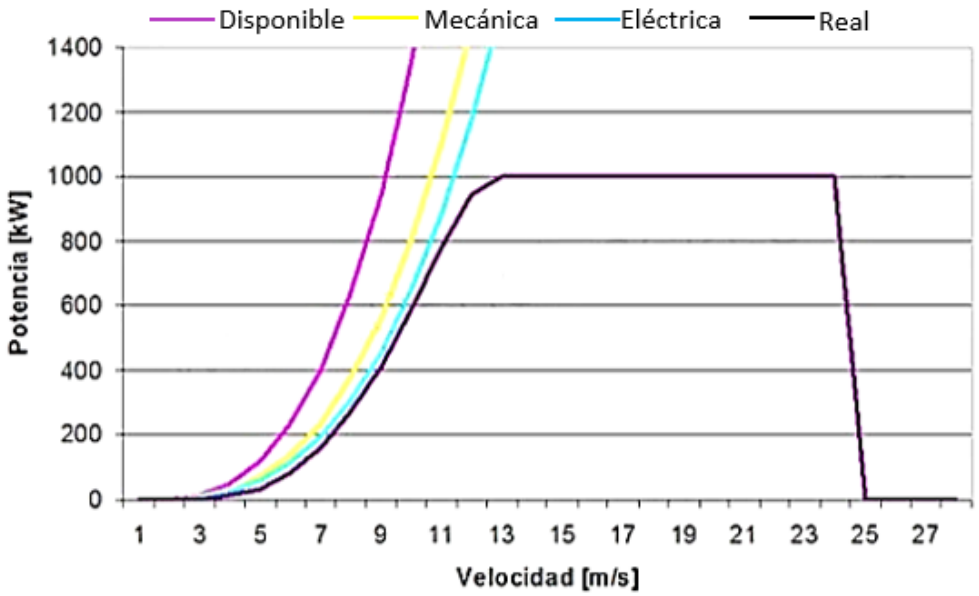
P_m: Potencia mecánica

P_d: Potencia eólica disponible

Esta ecuación 25, para la potencia eléctrica es importante porque muestra cómo se puede transformar la energía mecánica en energía eléctrica, empleando la eficiencia del aerogenerador.

Figura 18

Curvas de potencia P_d, P_m, P_e y potencia real en función a la velocidad del viento



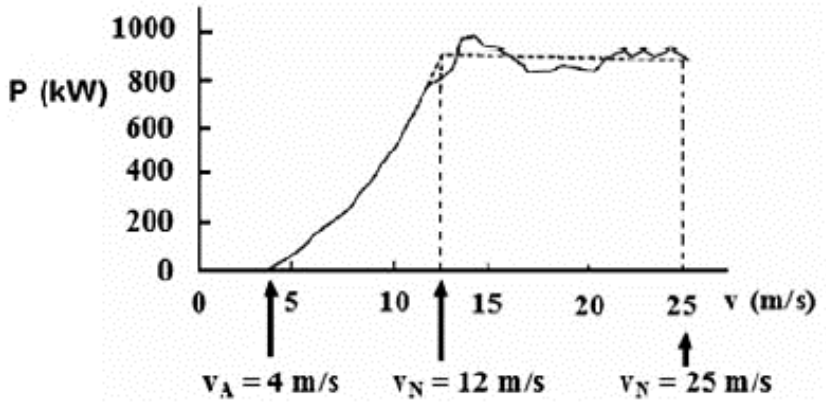
Nota: Curvas de potencia para un aerogenerador modelo Dewind D62, de diámetro 62m. Adaptado de *¿Cuánta potencia desarrolla un aerogenerador?* Munguía, I. 2009. Xataka Ciencia. https://www.xatakaciencia.com/energia/cuanta-potencia-desarrolla-un-aerogenerador-y-ii

2.1.17. Curva de potencia

La curva de potencia de un aerogenerador representa la potencia eléctrica en función de la velocidad del viento, es nula hasta la velocidad de arranque del aerogenerador crece en relación al cubo de la velocidad (figura 20). La curva de potencia, dentro del rango de funcionamiento del aerogenerador, indica cuánta potencia se produce a diferentes velocidades del viento. (LEE & ZHAO, 2022)

Figura 19

Curva de potencia del aerogenerador



Nota: Curva de Potencia de un aerogenerador tripala de potencia nominal 900kW, donde V_A es la velocidad de arranque del aerogenerador, V_N es la velocidad nominal del aerogenerador. Adaptado de *Ingeniería de la energía eólica*. Villarrubia López, M. 2012. Marcombo Ediciones Técnicas.

2.1.18. Potencia Nominal

Potencia neta especificada por el fabricante en las características del aerogenerador. Coincide con la máxima potencia neta del aerogenerador en régimen de funcionamiento permanente (Álvarez, C. 2006).

Es la potencia máxima que puede suministrar un equipo en funcionamiento continuo, según determine y garantice el fabricante, ajustándose a los rendimientos

declarados por el fabricante (*Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (España)*, 2024)

2.1.19. Batería o sistema de almacenamiento de energía

Es un sistema electroquímico capaz de acumular energía eléctrica recibida de forma química y restituirla o transmitir esa energía por medio de una reconversión (Norma EM 090, 2012).

La misión principal de una batería dentro de un sistema eólico es de acumular energía en un periodo en el que el viento es escaso o nulo, este se compone de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas debidas a la carga o descarga (Méndez & Rodríguez, 2012).

2.1.20. Inversor o convertidor

Los inversores son dispositivos eléctricos que transforman la corriente continua en corriente alterna usando componentes electrónicos con la capacidad de alternar y cambiar la polaridad de la corriente. El consumo de energía del inversor sin carga conectada no debe sobrepasar el 2 % de la potencia nominal de salida. Por otro lado, las pérdidas diarias del inversor no deben superar el 5 % del consumo diario (Méndez & Rodríguez, 2012).

2.1.21. Regulación nacional para la energía eólica en el Perú

Según el Decreto Legislativo **N.º 1002**, Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables No Convencionales, publicado en el diario oficial El Peruano, el 2 de mayo de 2008, tiene como principal objetivo, promover la inversión privada en proyectos de generación eléctrica, utilizando las energías renovables no convencionales como la energía eólica, solar, biomasa, geotérmica, etc., para fomentar el desarrollo sostenible (Decreto legislativo n. ° 1002, 2024).

La norma EM.090 sobre instalaciones con energía eólica establece las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir un sistema de energía eólica para una edificación que requiera este tipo de instalación para generar energía eléctrica, menciona todos los dispositivos necesarios y demás informaciones complementarias necesarias para los proyectos de instalación de la energía eólica (Norma EM 090, 2012).

La Ley N° 28832, del año 2006, conocida como la Ley de Promoción de la Inversión en Energía con Recursos Renovables, establece el marco legal para fomentar el desarrollo de energías renovables en Perú, tiene como objetivo principal incentivar el uso de fuentes de energía renovable como la solar, eólica, hidráulica, geotérmica y biomasa. Su objetivo principal es diversificar la matriz energética, reducir la dependencia de combustibles fósiles y promover el uso de energías limpias. Atraer inversiones nacionales e internacionales en el sector de energías renovables. Contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y proteger el medio ambiente. Brindando incentivos y beneficios y exoneraciones fiscales como del IGV, lo que reduce en gran manera los costos de implementación de las energías renovables, además brinda facilidades de trámites administrativos (Ley de energías renovables Perú, 2024).

2.1.22. Bonos de carbono

Un bono de carbono equivale a una tonelada de dióxido de carbono (CO2) que una actividad evita que sea emitida a la atmósfera o que la captura desde ella. Por ello estos bonos son considerados como la solución adecuada para la reducción de las causas del cambio climático, se generan cuando se realizan acciones para mitigar el cambio climático, como por ejemplo evitar la deforestación uso de energía renovable, etc (MINAM, 2023).

Se ha concebido desde el Protocolo de Kyoto, el mecanismo de mercado de bonos de carbono que consiste en fijar a los países desarrollados un límite máximo de emisiones de gases en una medida de 5,2% con relación a los niveles de 1990, hasta el año 2012, si es que ese límite es rebasado se tiene la obligatoriedad de adquirir certificados de emisiones reducidas que equivalen a una tonelada de CO2 que se deja de emitir a la atmósfera, para lograr equilibrar la emisión de los gases de efecto invernadero (Méndez M, Restrepo E, 2013, p. 22)

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Energía eólica

Es aquella que se obtiene del viento, esta energía del viento se deriva del calentamiento diferencial de la atmosfera por el sol, y las irregularidades de la superficie terrestre (Méndez, 2012)

2.2.2. Potencial Eólico:

Es la energía del viento disponible en una cierta ubicación que puede ser aprovechada para la generación eléctrica (Atlas Eólico del Perú, 2016).

2.2.3. Aerogenerador o turbina eólica

Un aerogenerador consiste en una máquina que integra una aeroturbina y un generador eléctrico, concebidos para aprovechar la energía del viento para convertirla en energía eléctrica (Juana, 2003, p. 162).

2.2.4. Distribución de Weibull

Función de probabilidad, representada por una curva, que muestra en tanto por ciento la distribución de la velocidad de viento (a una altura sobre el nivel del suelo dada) a lo largo de un período de tiempo en un lugar determinado (Álvarez, C. 2006).

2.2.5. Potencia eólica

La potencia disponible del viento es directamente proporcional a la densidad del aire, al área perpendicular enfrentada al rotor y al cubo de la velocidad del viento (Mur Amada, 2001).

2.2.6. Coeficiente de potencia

Coeficiente que mide la eficiencia del aerogenerador, se obtiene dividiendo la potencia suministrada por el aerogenerador entre la potencia eólica que atraviesa por el área barrida por el rotor (Álvarez, C. 2006).

2.2.7. Límite de Betz

Máximo valor del coeficiente de potencia alcanzable por el rotor de un aerogenerador. Fue establecido por el físico alemán Albert Betz en el año 1919 y su valor es el 0.59 (Álvarez, C. 2006).

2.2.8. Potencia nominal

Potencia neta especificada por el fabricante en las características del aerogenerador. Coincide con la máxima potencia neta del aerogenerador en régimen de funcionamiento permanente (Álvarez, C. 2006).

2.2.9. Norma IEC 61400-2

Requerimientos de ingeniería para asegurar que las máquinas eólicas sean diseñadas adecuadamente para operar durante su vida útil. Se ocupa de la mayor parte de los aspectos que conciernen la operación del aerogenerador, como las condiciones de emplazamiento antes de la construcción, diseño de componentes de la turbina, fabricación de generadores, torres, palas, ensayo de los compontes y de las turbinas y operación de las turbinas eólicas (UNE-EN 61400-2:2015 Aerogeneradores, 2025).

2.2.10. Batería

Es un sistema electroquímico capaz de acumular, de forma química la energía eléctrica recibida y restituirla por medio de una reconversión (Norma EM 090, 2012).

2.2.11. Bono de carbono

Un bono de carbono equivale a una tonelada de dióxido de carbono (CO2) que una actividad evita que sea emitida a la atmósfera o que la captura desde ella. Por ello estos bonos son considerados como la solución adecuada para la reducción de las causas del cambio climático, se generan cuando se realizan acciones para mitigar el cambio climático, como por ejemplo evitar la deforestación uso de energía renovable, etc (MINAM, 2023).

2.3. Antecedentes empíricos de la investigación (estado del arte)

2.3.1. Antecedentes internacionales

Aguilera Ávila et al. (2024) en su artículo de investigación "Implementación de la sostenibilidad en destinos turísticos con enfoque inteligente: práctica necesaria para destinos cubanos" tienen como objetivo la sostenibilidad en destinos turísticos, optimizar el uso de recursos ambientales y mejorar la calidad de vida de las comunidades anfitrionas. Buscan transformar la gestión turística para atraer turistas de manera competitiva y sostenible, integrando las dimensiones económicas, ambientales y socio-culturales. Para cumplir su objetivo usó técnicas como utilización de indicadores y índices para medir y gestionar la sostenibilidad, asegurando que la base de datos sea dinámica y actualizada periódicamente, uso enfoques como el propuesto por Romero Dexeus (2017), que considera las dimensiones económicas, ambiental y socio-cultural de la sostenibilidad. Como conclusión el estudio resalta que la sostenibilidad turística es crucial para mitigar los impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad.

Mantilla-Cabrera et al. (2023) en su artículo de investigación "Estudio del comportamiento del viento en zonas Alto Andinas, Chimborazo-Ecuador", tienen como

objetivo de estudio analizar estadísticamente el comportamiento estocástico del viento, su velocidad y dirección, para determinar la factibilidad técnica de aprovecharlo en la producción de energía eléctrica en las zonas alto andinas de la provincia de Chimborazo, Ecuador. Para cumplir su objetivo usaron varios métodos, instalación de estaciones meteorológicas en dos zonas (Chingazo y Chimborazo) a altitudes de 2900 y 4300 msnm respectivamente, los datos de velocidad y dirección del viento se muestrearon a 10 metros de altura cada 10 minutos, realizaron el análisis estadístico de los datos con softwares como RStudio, Matlab y Excel. Concluyen que los emplazamientos donde se realizaron los estudios son factibles, se observó que un alto porcentaje de las velocidades del viento registradas excedió los 3 m/s, además, el estudio destaca la importancia de aprovechar los recursos naturales de Ecuador para aumentar la autonomía energética del país y reducir la dependencia de fuentes no renovables. La investigación resalta la importancia de la energía eólica como una alternativa viable para diversificar la matriz energética de Ecuador.

Martínez et al. (2023) en su artículo de investigación "Estudio de sustentabilidad energética del sector hotelero de la ciudad de Guanajuato" tienen como objetivo evaluar la viabilidad técnica de un sistema energético solar sustentable y sostenible para el sector hotelero en la ciudad de Guanajuato, para generar agua caliente y energía eléctrica. También buscan diagnosticar el estado actual del sector hotelero, evaluar el impacto ambiental en términos de huella de carbono y emisiones de CO2, y revisar las políticas de incentivos del gobierno para fomentar el uso de energías renovables en este sector, para ello uso las entrevistas, encuestas para obtener información sobre el uso de energía, realizaron revisión de documentos, revisión de recibos, utilizaron también herramientas como forms para la recolección de datos, llegaron a la conclusión de que los sistemas energéticos solares son de importancia en

el sector hotelero para promover la sostenibilidad y reducir la huella de carbono, enfatizan la necesidad de alinear las políticas de incentivos gubernamentales con el impulso de energías renovables.

Castro Cepeda et al. (2019) en su artículo de investigación "Dimensionamiento y evaluación energética de un aerogenerador para instalar en una vivienda familiar" tienen como objetivo calcular y diseñar un aerogenerador que se pueda instalar en una vivienda unifamiliar, con el fin de evitar el consumo de la red eléctrica. También buscan evaluar la viabilidad de utilizar energía eólica como fuente de energía eléctrica en hogares de la ciudad, considerando las características del viento y el consumo local. Utilizaron métodos cualitativo-cuantitativo y analítico-sintético. Además, aplicaron técnicas de recolección de datos a partir de bases de datos existentes de la ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). La metodología fue de tipo científico y descriptiva, enfocándose en el dimensionamiento y evaluación energética del aerogenerador. Concluyen que al realizar la instalación de un aerogenerador puede ahorrar alrededor del 50% del costo anual de energía consumida. El sistema se vuelve más rentable y eficiente al consumir mayormente lo que se genera, reduciendo la energía vertida a la red.

2.3.2. Antecedentes nacionales

Condor (2020) en su tesis de maestría **"**Generación distribuida con energías renovables en Perú" en la Universidad de Piura, tiene como objetivo promover la generación distribuida utilizando energías renovables, para incrementar la competitividad energética y lograr un crecimiento económico sostenible en Perú. Además de impulsar la autogeneración de energía y la implementación de sistemas mixtos en los sectores residencial, comercial e industrial, para esto uso la recopilación y análisis de datos como las características de tecnologías de generación eléctrica, realizó

simulaciones para evaluar la red de distribución y clasifico las tecnologías de generación en función de ventajas técnicas, económicas y medioambientales, llegó a la conclusión que la generación distribuida mejora la eficiencia del sistema eléctrico, las energías renovables contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

2.3.3. Antecedentes locales

García (2023) en su tesis de maestría titulada **"**Evaluación de la potencia eólica en las provincias de Cusco, Calca, Canchis 2017 – 2021" cuyo objetivo fue evaluar la potencia eólica en las provincias de Cusco, Calca y Canchis. Los resultados se obtuvieron a través del análisis de datos recopilados de las velocidades del viento de las provincias de Cusco, Calca y Canchis, utilizando datos de la DATA POWER NASA y de la Estación Meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrológica-Cusco (SENAMHI) para el periodo de 2017 a 2021. Se realizaron cálculos de la velocidad del viento horario, mensual y anual, y se estimó la potencia explotable de la energía eólica utilizando la función de densidad de probabilidad de Weibull. Una de las conclusiones fue que sí es posible efectuar la evaluación de la potencia eólica en las provincias de Cusco, Calca y Canchis, encontrando que la velocidad promedio del viento fue de 4,80864057 m/s para una altura de 10 m, con una densidad de potencia promedio de 35,0876144 W/m².

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El dimensionamiento adecuado de un aerogenerador, basado en la demanda energética y el potencial eólico cubre satisfactoriamente el consumo eléctrico del hotel Life Valle Sagrado.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La velocidad del viento en el hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba es suficiente para obtener el potencial eólico.
- El tipo de aerogenerador seleccionado se adecua satisfactoriamente a las condiciones del viento y la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado.
- El costo beneficio del proyecto, de la instalación de un aerogenerador en el hotel Life Valle Sagrado genera beneficios económicos con un retorno de inversión viable.

2.5. Identificación de variables e indicadores

Variables:

Variable Independiente

Dimensionamiento del aerogenerador

Parámetros: velocidad del viento, densidad del aire.

Variable dependiente

Suministro de energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado

Indicador: Potencia eléctrica generada por el aerogenerador

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Independiente	Dimensionamiento del aerogenerador	- Velocidad media del viento (m/s) - Densidad del aire. - Demanda energética del hotel	- Revisión de documentos. - Cálculo a partir de ecuaciones. - Descarga de datos del programa NASA POWER	- Fichas técnicas. - Estación meteorológica. - Hojas de cálculo.
Dependiente	Suministro de energía eléctrica.	- Potencia que produce el aerogenerador para suministrar energía eléctrica.	- Cálculos a partir de ecuaciones y de la ficha técnica del aerogenerador. - Simulación.	- Software de simulación. - Hojas de cálculo.

Fuente: Creación Propia.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Ámbito de estudio: localización política y geográfica

La investigación se realizó en el Hotel LIFE VALLE SAGRADO ubicado en la carretera principal paradero nro. 7 sec. Rinconada Yanahuara Valle Sagrado, URU, 08660 del centro poblado de Yanahuara del distrito de Urubamba, provincia de Urubamba, departamento del Cusco, Perú, la zona se encuentra a los 2875 metros sobre el nivel del mar, y sus coordenadas son: -13.277726 Sur, -72.193110 Norte (figura 21) (Google maps, 2025).

El Hotel Life Valle Sagrado se ubica dentro del valle sagrado de los Incas, por su geografía se ubica una zona de relieve andino y montañoso, rodeado de montañas y cerros de gran altitud, su clima es templado. (*Clima y tiempo en Urubamba*, 2025)

Figura 20

Localización del Hotel Life Valle Sagrado

Nota: El punto rojo indica la ubicación del Hotel Life Valle *Sagrado*. Adaptado de Google maps. 2025. https://www.google.com/maps/.

Figura 21

Ubicación del Hotel LIFE Valle Sagrado

Nota: Hotel Life Valle Sagrado. Adaptado de Google maps. 2025. https://www.google.com/maps/.

3.2. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación.

Esta investigación es aplicada, con enfoque cuantitativo.

Aplicada porque se centra en la aplicación práctica de los conocimientos científicos para resolver problemas específicos, analizarlos y validarlos para tomar decisiones informadas, (Hernández et al., 2014).

Nivel de investigación

Es descriptivo y explicativo, porque se encarga de describir las características de un fenómeno o situación sin buscar causas o efectos (Hernández et al., 2014).

En esta investigación se describen las condiciones del potencial eólico, el consumo de energía eléctrica del hotel y el dimensionamiento del aerogenerador,

proporcionando una comprensión detallada del contexto y de los elementos que están involucrados.

Por su diseño es no experimental, transversal, porque no se manipula variables y se mide en un año en específico los datos de la velocidad del viento.

3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis considera: la velocidad del viento, así mismo la densidad del aire en el hotel Life Valle Sagrado. Para la demanda energética se considera el registro de consumo eléctrico del hotel con el que se establece el patrón de consumo para luego dimensionar el aerogenerador adecuado.

3.4. Población de estudio

La población de esta investigación está conformada por el potencial eólico en zonas alto andinas donde se desarrolla la actividad hotelera.

3.5. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra se selecciona de la población de estudio, del cual se realiza el análisis, se selecciona una muestra de velocidad del viento y la dirección del viento en el centro poblado de Yanahuara en el Hotel Life Valle Sagrado. Además, se considera también la muestra de la demanda energética o registro de consumo eléctrico del hotel en un periodo específico el que representa un consumo promedio.

3.6. Técnicas de selección de muestra

Para cumplir los objetivos de la investigación, la muestra se obtuvo por muestreo predeterminado, se seleccionó un hotel en el valle sagrado, es decir por conveniencia ya que el punto de medición de la velocidad del viento se encuentra en una zona de fácil acceso, al pie de la carretera principal del distrito de Urubamba como se ve en la Figura 23. Se eligió realizar el estudio en el Hotel Life Valle Sagrado,

porque aceptaron la solicitud para realizar la investigación e instalar una estación meteorológica en los terrenos de dicho hotel.

Figura 22

Hotel Life Valle Sagrado

Fuente: Elaboración propia

3.7. Técnicas de recolección de información

Las técnicas para la recolección de la información se detallan a continuación:

Medición directa de la velocidad del viento, para esto se utilizó la estación meteorológica PCE-FWS 20N de la marca PCE Instruments (figura 24), este instrumento nos brindó automáticamente las medidas de velocidad de viento, en su pantalla inalámbrica, además de la dirección del viento temperatura, precipitación etc. (ver Anexo A).

Por otro lado, se obtuvo los datos históricos de la velocidad del viento y dirección del viento del hotel Life, utilizando puntos de localización geográfica en la página web del programa Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y de Predicción de los Recursos Energéticos Mundiales (POWER), esta página web NASA POWER permite descargar datos meteorológicos de años atrás.

También se realizó la recolección de información mediante entrevistas a personas que conocen sobre el consumo energético del hotel.

Figura 23

Estación meteorológica PCE-FWS 20N

Nota: Adaptado de Estación meteorológica PCE-FWS 20N, PCE Instruments, 2024

Equipos e Instrumentos Utilizados

Tabla 3

Equipos e instrumentos utilizados en la recolección de información

Equipos e instrumentos	**Descripción**
Estación meteorológica portátil PCE-FWS 20N	La mini estación meteorológica portátil consta de: • Pantalla táctil de 7 pulgadas. • Sensor de velocidad del viento • Sensor de dirección del viento • Sensor de temperatura y humedad Este equipo tiene un software para sus datos registrados, panel solar para alimentar la parte exterior Mástil para instalar la estación.
Accesorios	
Equipo de cómputo conectado a internet	Laptop con programas de hojas de cálculo.

Fuente: Elaboración propia.

Se entrevistó a personal del hotel que nos brindó información cuantitativa respecto a las necesidades energéticas del hotel. También se analizó documentos como recibo de electricidad, informes de consumo energético y se utilizó también el sistema de teledetección como son imágenes satelitales para observar las características del terreno y obstáculos.

Por último, se recolectó información de tipos y características de aerogeneradores en el mercado comercial mediante sus páginas web.

3.7.1. Proceso de validación de datos del equipo PCE-FWS 20N

Para lograr la validación del equipo de medición, estación meteorológica PCE-FWS 20N se realizó la instalación de éste, en el centro meteorológico de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) como se observa en la figura 25 y 26, para realizar la calibración por comparación de las medidas de parámetros meteorológicos en especial de la velocidad del viento, se obtuvo y observó las medidas durante una semana, al comparar los datos medidos con la estación meteorológica PCE-FWS 20N con los datos de aparatos del centro meteorológico se encontró que las medidas son muy parecidas, por lo que se puede utilizar el equipo PCE-FWS 20N para la medición de la velocidad del viento y otros parámetros en la zona del hotel.

Figura 24

Equipo PCE-FWS 20N instalado en el centro meteorológico de la UNSAAC

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25

Pantallas de los instrumentos de medida de los parámetros meteorológicos

Fuente: Elaboración propia

Nota: A la izquierda la pantalla del equipo de medición del centro meteorológico de la UNSAAC, a la derecha la pantalla del equipo PCE-FWS 20N.

Se observa en la figura 25, que la velocidad del viento en el anemómetro 1 es de 9.0 m/s y en el anemómetro 2 indica 9.2m/s, la diferencia es mínima y su error relativo porcentual es de 2.2%.

3.7.2. Instalación del equipo de medición en el Hotel Life Valle Sagrado

Se realizó la instalación del equipo de medición en las mismas instalaciones del Hotel Life Valle Sagrado en el centro Poblado de Yanahuara, carretera principal Urubamba - Ollantaytambo, como se muestra en la Figura 26, se instaló el instrumento de medición en el techo del hotel a 20 metros del suelo aproximadamente, con la orientación de este a oeste según indica el manual de usuario, el cual por señales de bluetooth envía información a la pantalla táctil, se colocó la pantalla del equipo, en un lugar seguro para que registre los datos meteorológicos, los que se almacenaron automáticamente.

Figura 26

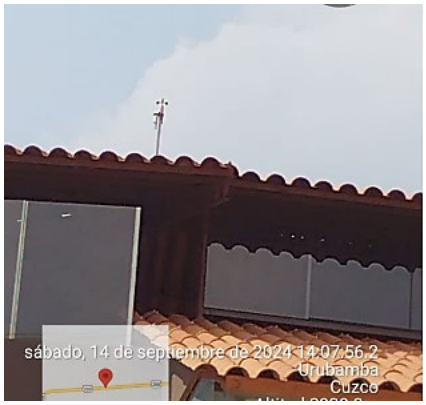
Instalación del equipo de medición en el Hotel Life Valle Sagrado

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Frontis del Hotel Life Valle Sagrado, donde se realiza la instalacion del equipo de medición PCE-FWS 20N en la parte del techo.

Figura 27

Equipo en el Techo del Hotel Life Valle Sagrado



Fuente: Elaboración propia

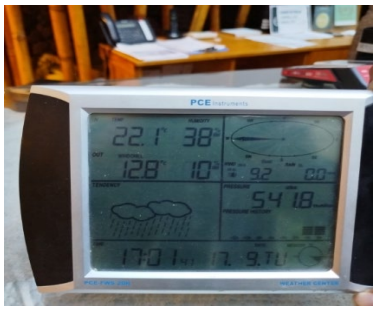
Figura 28

Equipo de medición instalado en el techo del Hotel Life Valle Sagrado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29

Pantalla del equipo de medición en el Hotel Life Valle Sagrado



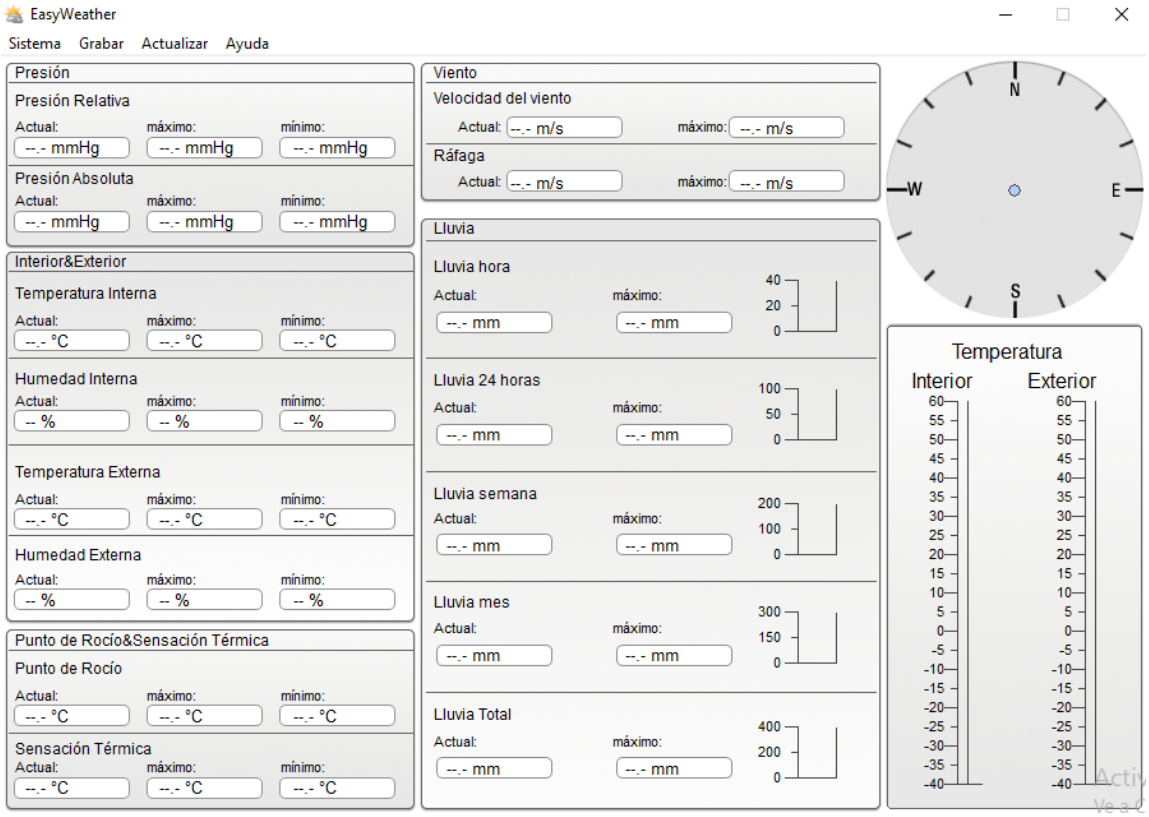
Fuente: Elaboración propia.

Este equipo de medición cuenta con su programa o software EASY WEATHER, Figura 30, en el cual se puede cambiar las unidades de medida y el intervalo de medida, en su opción Grabar esta la opción Historia, que muestra todos los datos que existen en la memoria de almacenamiento y del cual se exporta los datos y se guarda en hojas de cálculo Excel, como se muestra una fracción de estos en la tabla 4, observándose la fecha y hora de las medidas, los datos se registran cada 10 minutos que es el intervalo de medición más correcto según lo mencionado en el capítulo 2, se muestra los parámetros como: Velocidad del viento, dirección del viento, presión, temperatura, etc.

La medición de los parámetros meteorológicos se realizó desde el 26 de setiembre del 2024 al 17 de octubre del 2024, (ver anexo B).

Figura 30

Pantalla del software EASY WEATHER del equipo de medición



Nota: Ventana del programa EASY WEATHER del equipo de medición PCE-FWS 20N

Tabla 4

Fragmento de la Hoja de cálculo EXCEL de los datos de medición obtenida con el equipo de medición PCE-FWS 20N.

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
38	26/09/2024 00:09:02	10	21.1	46	--.-	762.4	543.8	0.1	0	---
39	26/09/2024 00:19:02	10	21	46	--.-	762.5	544	0	0	---
40	26/09/2024 00:29:02	10	21	46	--.-	762.2	543.7	0	0	---
41	26/09/2024 00:39:02	10	21	46	--.-	762.2	543.6	0.1	0.1	---
42	26/09/2024 00:49:02	10	20.9	48	--.-	762.2	543.6	0	0	---
43	26/09/2024 00:59:02	10	20.9	47	--.-	762.3	543.8	0.5	1	---
44	26/09/2024 01:09:02	10	20.9	48	--.-	762.3	543.8	0	0	---
45	26/09/2024 01:19:02	10	20.9	48	--.-	762.2	543.7	0	0	---
46	26/09/2024 01:29:02	10	20.9	48	--.-	762.2	543.7	0.1	0	---
47	26/09/2024 01:39:02	10	20.8	49	--.-	762.2	543.6	0.1	0.1	---
48	26/09/2024 01:49:02	10	20.8	49	--.-	762.1	543.5	0	0	---
49	26/09/2024 01:59:02	10	20.7	49	--.-	762	543.5	0.1	0.1	---
50	26/09/2024 02:09:02	10	20.7	49	--.-	762	543.5	0	0	---
51	26/09/2024 02:19:02	10	20.7	49	--.-	761.9	543.3	0	0	---
52	26/09/2024 02:29:02	10	20.7	50	--.-	761.8	543.2	0	0	---
53	26/09/2024 02:39:02	10	20.6	50	--.-	761.9	543.3	0	0	---
54	26/09/2024 02:49:02	10	20.6	50	--.-	761.7	543.2	0.1	0	---
55	26/09/2024 02:59:02	10	20.6	50	--.-	761.8	543.2	0	0	---

Fuente: Elaboración propia

Nota: Datos medidos con la estación PCE-FWS 20N, se muestra la velocidad de viento, dirección del viento y otros parámetros meteorológicos. Ver ANEXO B.

3.7.3. Datos obtenidos del programa NASA POWER

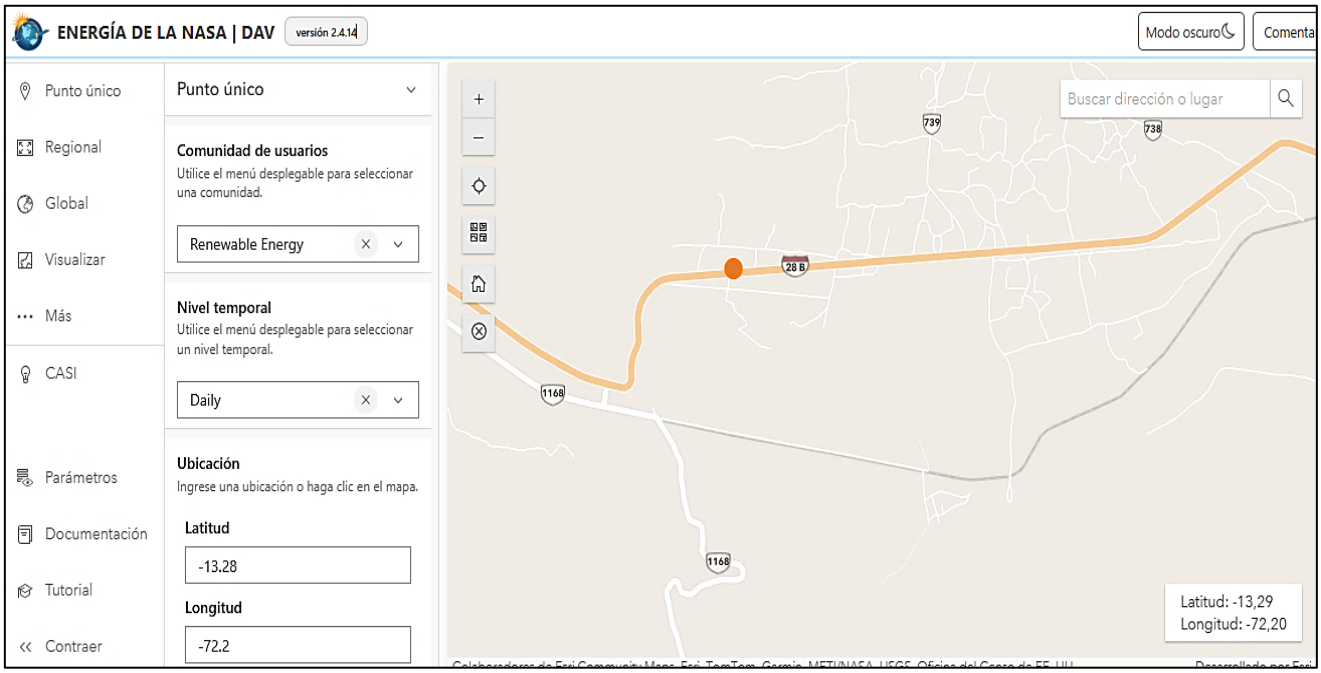
Se obtuvo los datos de la velocidad del viento y dirección del viento de la página web de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio) que creó el proyecto de Predicción de Recursos Energéticos Mundiales, NASA POWER (figura 33), programa que permite descargar parámetros meteorológicos, en este caso se seleccionó en la página web, la opción punto único, luego en comunidad de usuarios la opción energía renovable, se ingresó el nivel temporal diario, ya que se necesita medidas diarias de velocidad del viento, se ubicó al hotel Life en el mapa según sus coordenadas geográficas y se seleccionó el nivel temporal o periodo de 12 meses, desde

el mes de noviembre del 2023 al mes de octubre del 2024, se descargó los parámetros de velocidad de viento a 50 m del nivel del suelo, estos datos se guardaron en hojas de cálculo.

Lugar	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m)
Centro poblado de Yanahuara	-13.277726 Sur	-72.193110 Norte	2875

Figura 31

Página web del programa NASA POWER



Nota: Se observa el punto de ubicación del hotel Life en el mapa del programa NASA POWER. Adaptado de *NASA POWER | dav*. (2025). https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

En la siguiente tabla 5, se observa una parte de los datos descargados del programa NASA POWER, que en total fueron 58602 datos válidos. Se descargo los datos desde el mes de noviembre del 2023 al mes de octubre del 2024, por cada hora del día.

Tabla 5

Fragmento de los datos descargados del programa NASA POWER

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Hourly Data
Dates (month/day/year): 09/01/2023 through 10/31/2024
Location: Latitude -13.2767 Longitude -72.1649
Parameter(s):
WS50M MERRA-2 Wind Speed at 50 Meters (m/s)
WD50M MERRA-2 Wind Direction at 50 Meters (Degrees)
-END HEADER-

Año	Mes	Día	Hora	Velocidad	Dirección del viento
2023	11	1	0	1.31	346.21
2023	11	1	1	1.14	339.22
2023	11	1	2	0.99	327.18
2023	11	1	3	0.9	317.12
2023	11	1	4	0.88	310.33
2023	11	1	5	0.76	304.51
2023	11	1	6	0.95	296.35
2023	11	1	7	1.28	294.53
2023	11	1	8	1.69	320.06
2023	11	1	9	2.29	341.5
2023	11	1	10	3.09	354.06
2023	11	1	11	4.12	2.61
2023	11	1	12	5.28	5.61
2023	11	1	13	6.24	4.74
2023	11	1	14	7.06	2.03
2023	11	1	15	7.48	359.4
2023	11	1	16	7.3	358.1
2023	11	1	17	6.41	356.44
2023	11	1	18	5.28	354.4
2023	11	1	19	4.5	349.49
2023	11	1	20	3.85	342.78
2023	11	1	21	3.37	335.16
2023	11	1	22	3.05	329.04
2023	11	1	23	2.87	326.22
2023	11	2	4	0.88	310.33

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se observa los datos descargados del programa NASA POWER, de cada día del mes, y de cada hora del día. Ver ANEXO C.

Tabla 6

Datos de velocidad de viento descargados y organizados por día y horas

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Noviembre 2023																													
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
0	1.31	2.37	0.74	3.82	1.78	2.8	2.94	2.69	2.34	1.32	1.57	1.3	1.86	1	2.1	0.55	0.66	1.08	3.37	2	1.76	1.63	1.7	1.51	1.5	2.2	0.39	1.4	0.25	3.02
1	1.14	1.28	0.76	3.74	0.76	2.7	2.9	2.47	1.99	1.28	1.04	1.1	1.16	1.2	2.02	0.93	1.68	1.18	3.44	1.9	1.6	1.82	1.41	1.42	1.52	1.9	1.34	1.6	0.82	2.74
2	0.99	0.3	0.9	3.68	0.47	2.5	2.77	2.12	1.71	1.35	0.67	1.4	0.65	1.41	1.69	1.4	2.47	1.15	3.4	2.2	1.5	1.81	1.09	1.13	1.65	1.35	1.99	2	1.67	2.3
3	0.9	0.26	0.96	4.03	0.22	2.3	2.78	1.72	1.54	1.35	0.56	1.7	1.26	1.49	1.44	1.76	2.32	0.81	3.18	1.9	1.56	1.78	0.8	1.05	1.53	1.24	2.27	1.9	2.41	1.67
4	0.88	0.27	1.2	4.62	1.25	2.2	2.77	1.67	1.86	1.33	0.77	1.9	1.68	1.57	1.44	2.25	1.91	0.42	2.83	1.8	1.52	1.47	0.73	1.09	1.23	1.16	2.4	1.7	2.64	1.26
5	0.76	0.18	1.57	4.23	1.3	2	2.83	1.73	2.52	1.2	1.02	1.9	1.53	1.59	1.32	2.51	1.98	0.41	2.57	1.1	1.35	1.21	0.91	0.83	1.14	1.1	2.47	1.6	2.28	0.95
6	0.95	0.09	1.84	5.21	0.94	2.1	3.56	1.93	3.1	1.31	0.84	1.5	1.48	2.21	1.36	2.41	2.42	0.44	2.39	0.7	1.75	1.32	1.17	0.9	1.21	1.39	2.7	1.7	1.64	1.31
7	1.28	0.82	1.5	6.38	2.53	2.6	4.13	2.66	3.56	2.42	0.93	1.1	1.74	3.35	2.02	1.92	2.48	0.55	1.94	0.7	2.55	1.17	1.87	1.96	1.53	1.76	2.82	1.4	1.36	2.47
8	1.69	1.64	0.23	6.77	3.79	3.6	4.28	3.71	4.22	3.58	2.06	2	2.56	4.62	2.82	0.43	1.71	0.48	1.53	1.2	2.74	0.9	2.66	2.74	1.63	2.2	2.78	0.2	1.39	3.45
9	2.29	2.47	1.89	7.19	4.39	4.5	4.7	4.81	5.7	4.65	3.16	3.6	3.72	5.09	3.33	1.43	0.14	0.32	2.23	2	2.8	1.89	3.4	2.91	1.29	3.07	2.66	1.2	1.35	4.52
10	3.09	3.29	3.24	7.55	5.21	5.3	5.43	5.85	7.24	5.63	4.35	4.9	4.95	5.56	3.8	3	1.49	1.69	3.41	3.3	3.07	3.01	3.76	3.1	1.79	3.84	2.23	2	1.54	5.44
11	4.12	4.09	4.26	7.85	6.13	6	6.21	6.8	8.03	6.37	5.42	6	6.08	5.75	3.99	4.39	2.23	3.33	4.37	4.8	3.62	3.87	3.68	3.52	2.22	4.81	1.4	2.8	2.48	6.01
12	5.28	4.91	4.99	7.99	6.84	6.5	6.62	7.37	8.04	6.9	6.16	6.9	7.07	5.86	3.76	5.57	2.83	4.56	4.99	5.6	4.25	4.69	3.52	3.98	2.63	5.73	0.58	3.6	3.74	6.35
13	6.24	5.64	5.37	7.82	7.16	6.9	6.76	7.49	7.95	7.21	6.66	7.7	7.63	5.9	3.53	6.24	3.3	5.56	5.38	5.9	4.7	5.28	3.58	4.34	3.17	6.32	0.64	4.2	4.36	6.52
14	7.06	5.99	5.41	7.49	7.13	6.9	6.77	7.29	7.64	7.27	6.85	8	7.7	5.83	3.43	6.24	3.7	6.25	5.75	5.8	5	5.62	3.95	4.46	3.47	6.39	1.51	4.6	4.85	6.57
15	7.48	5.93	5.31	6.95	6.76	6.6	6.7	6.96	7.06	7.15	6.69	7.9	7.39	5.59	3.48	5.76	3.95	6.5	6.07	5.5	5.15	5.71	4.36	4.4	3.55	5.89	2.36	4.7	5.02	6.51
16	7.3	5.5	5.06	6.23	6.16	5.9	6.56	6.63	6.25	6.87	6.22	7.3	6.95	5.17	3.51	5.22	3.92	6.18	5.76	4.9	4.78	5.52	4.25	4.08	3.59	5.19	3.06	4.7	4.59	6.19
17	6.41	4.63	4.6	5.38	5.34	5	6.23	6.1	5.1	6.01	5.42	6.2	5.45	4.51	2.61	4.52	3.46	5.17	4.72	4.1	3.97	4.9	3.67	3.62	3.46	4.58	3.14	4.2	3.29	5.52
18	5.28	3.47	3.85	4.41	4.56	4.2	5.57	4.98	3.75	4.67	4.45	5.1	3.19	3.72	1.12	3.59	2.76	3.83	3.46	3.2	3.15	3.96	2.88	2.84	2.91	3.54	2.58	3.3	1.95	4.56
19	4.5	2.75	3.65	3.82	4.17	3.7	5.44	4.51	3	3.93	3.91	4.3	2.24	3.25	1.3	2.72	2.4	2.94	2.88	2.7	2.77	3.29	2.45	2.38	2.63	2.54	2.24	2.8	1.97	4.06
20	3.85	2.2	3.84	3.53	3.83	3.3	4.88	3.88	2.47	3.41	3.28	3.4	1.94	2.92	0.87	1.99	1.93	2.53	2.7	2.5	2.3	2.85	2.11	1.96	2.39	1.57	2	2.5	2.33	4.02
21	3.37	1.76	3.62	3.33	3.51	3	4.42	3.64	2.07	2.94	2.74	2.9	1.46	3.02	0.53	1.76	1.63	1.89	2.62	2.3	1.57	2.65	1.97	1.5	2.13	0.95	1.75	2	2.65	4.06
22	3.05	1.42	3.56	3.16	3.29	2.9	3.76	3	1.77	2.52	2.3	2.4	0.92	2.85	0.53	1.3	1.32	2.3	2.53	2.1	0.8	2.44	1.9	1.42	2.08	0.43	1.39	1.5	2.76	4.12
23	2.87	1.02	3.74	2.54	2.95	2.9	3.16	2.61	1.51	2	1.73	2.1	0.92	2.44	0.5	0.71	1.16	2.86	2.47	2	0.85	2.06	1.6	1.38	2.21	0.18	1.39	0.9	3.03	3.91

Fuente: Elaboración propia.

3.8. Técnicas de análisis e interpretación de la información

Al medir la velocidad del viento y otros parámetros meteorológicos, por el periodo de tres semanas desde el 26 de setiembre al 17 de octubre del 2024, en las instalaciones del Hotel Life Valle Sagrado, se adquirió datos que son organizados en hojas de cálculo EXCEL, con los que se realizó el análisis cuantitativo de las medidas directas de la velocidad del viento mediante el análisis estadístico, estos datos sirvieron para corroborar la información que se obtuvo del programa NASA POWER y para observar la variación de las medidas a lo largo del día.

Se descargó los datos de la velocidad del viento, dirección del viento del programa NASA POWER del periodo de un año, se realizó también el tratamiento estadístico mediante la distribución de Weibull, para hallar la velocidad del viento medio de la zona y comparar con los datos medidos directamente, así evaluar la potencia eólica.

3.8.1. Evaluación de la velocidad del viento con medidas directas utilizando el equipo PCE-FWS 20N

3.8.1.1. Velocidad promedio en función del tiempo

Se promedio los datos de la velocidad del viento medidas en m/s, para cada media hora del día de todos los datos que se obtuvieron al medir, desde el 26 de setiembre al 17 de octubre del 2024, que se muestra en la Tabla 3, donde se observa que la velocidad del viento promedio tiene valores entre 0 a 2 m/s de 00:00 horas a 10:30 am horas del día, y va en ascenso en horas de la tarde, tiene un valor de 4m/s a 8.5 m/s, desde las 12:00 hasta 18:00 horas, y desde las 18:30 horas va descendiendo.

Tabla 7

Datos de la velocidad del viento en los intervalos de cada 29 minutos

Hora	Velocidad (m/s)
00:00 - 00:29	0.64
00:30 - 00:59	0.48
01:00 - 01:29	0.45
01:30 - 01:59	0.22
02:00 - 02:29	0.19
02:30 - 02:59	0.16
03:00 - 03:29	0.28
03:30 - 03:59	0.19
04:00 - 04:29	0.20
04:30 - 04:59	0.16
05:00 - 05:29	0.26
05:30 - 05:59	0.32
06:00 - 06:29	0.36
06:30 - 06:59	0.21
07:00 - 07:29	0.38
07:30 - 07:59	0.51
08:00 - 08:29	0.54
08:30 - 08:59	0.65
09:00 - 09:29	0.90
09:30 - 09:59	1.59
10:00 - 10:29	2.37
10:30 - 10:59	2.98
11:00 - 11:29	3.26
11:30 - 11:59	3.95
12:00 - 12:29	5.15
12:30 - 12:59	5.82
13:00 - 13:29	5.72
13:30 - 13:59	6.22
14:00 - 14:29	6.41
14:30 - 14:59	6.65
15:00 - 15:29	7.05
15:30 - 15:59	7.86
16:00 - 16:29	7.78
16:30 - 16:59	8.30
17:00 - 17:29	8.19
17:30 - 17:59	8.72
18:00 - 18:29	8.82
18:30 - 18:59	8.49
19:00 - 19:29	8.37
19:30 - 19:59	7.34

20:00 - 20:29	6.50
20:30 - 20:59	5.90
21:00 - 21:29	5.23
21:30 - 21:59	4.09
22:00 - 22:29	2.45
22:30 - 22:59	2.02
23:00 - 23:29	1.05
23:30 - 23:59	0.83

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos de la velocidad del viento promedio están organizados por cada 29 minutos del día.

Los datos de la velocidad del viento se graficaron y se obtuvo la figura 32, que muestra la variación de la velocidad del viento en metros por segundo por cada 29 minutos, para observar los promedios de la velocidad del viento durante el día.

Figura 32

Gráfico de la velocidad del viento en función del tiempo

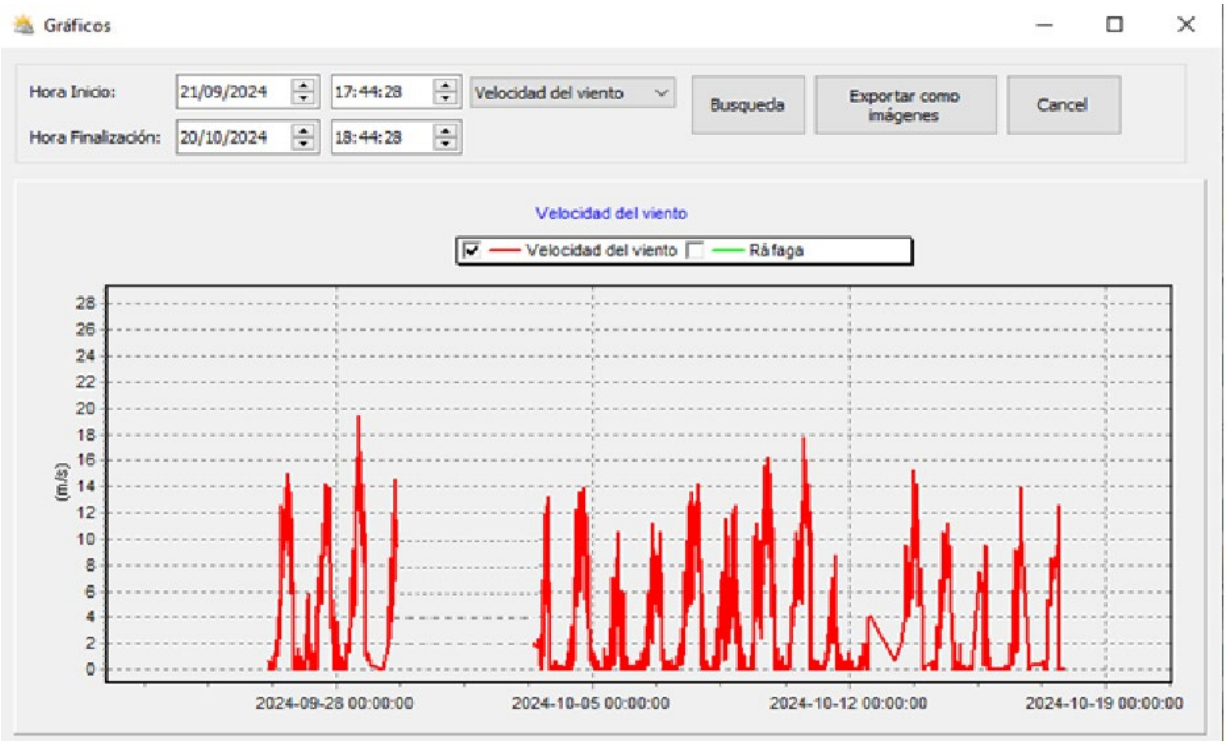
Fuente: Elaboración propia

Nota: Variación de la velocidad del tiempo cada 29 minutos desde las 00:00 horas hasta 23:59 horas.

Se muestra en la figura 33, el gráfico de la velocidad del viento en función del tiempo de medición, registrado por el software EASY WEATHER, del equipo de medición PCE-FWS 20N, que se usó para medir la velocidad del viento en el hotel, del periodo de tiempo del 26 de setiembre al 17 de octubre, se observó medidas de velocidad de viento que llegan hasta los 18 m/s como máximo siguen un modelo no lineal, pero se puede afirmar que en promedio la velocidad de viento puede estar entre 6 a 10 m/s, según el gráfico, presenta mayores valores de velocidad del viento en horas de la tarde.

Figura 33

Gráfica de la velocidad del viento en el programa del EASY WEATHER



Fuente: Elaboración Propia

3.8.1.2. Distribución de frecuencias y frecuencia acumulada.

En la tabla 8 se muestra los rangos mínimo y máximo de la velocidad del viento promedio, medidas durante el periodo del 26 de setiembre al 17 de octubre del 2024, se observa en la columna de la frecuencia absoluta que suman 1971 datos válidos de los 2620

recolectados, descartándose vacíos en la medición por desconexión del sistema inalámbrico del equipo de medición PCE-FWS 20N, datos distribuidos en las diferentes velocidades. Se hace uso de definiciones estadísticas como la Media aritmética, desviación estándar cuyos valores se obtuvieron con las frecuencias relativa, absoluta y acumulada, de donde se tiene:

$\boldsymbol{media}$ $\langle v \rangle = 4.392$ m/s

$\boldsymbol{Desviación\ estándar}$ $\sigma = 4.24$ m/s

Tabla 8

Distribución de frecuencias de la velocidad del viento

Rango mínimo	Rango máximo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
0	1	893	0.453	0.453
1	2	155	0.079	0.532
2	3	99	0.050	0.582
3	4	71	0.036	0.618
4	5	95	0.048	0.666
5	6	87	0.044	0.710
6	7	104	0.053	0.763
7	8	75	0.038	0.801
8	9	79	0.040	0.841
9	10	72	0.037	0.878
10	11	52	0.026	0.904
11	12	53	0.027	0.931
12	13	62	0.031	0.962
13	14	38	0.019	0.982
14	15	16	0.008	0.990
15	16	13	0.007	0.996
16	17	5	0.003	0.999
17	18	1	0.001	0.999
18	19	1	0.001	1.000
		N= 1971		

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se muestra el rango mínimo y máximo de las velocidades de viento registradas con el equipo de medición y las frecuencias con que se presentan en el periodo de medición, se observa que las medidas con mayor frecuencia absoluta están en el rango de 0 a 1 m/s.

3.8.2. Evaluación de la velocidad del viento con datos obtenidos de NASA POWER

La NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio) creó el proyecto de Predicción de Recursos Energéticos Mundiales, NASA POWER, esta iniciativa brinda datos meteorológicos para diferentes proyectos, como energías renovables, agroclimatología y eficiencia energética de edificios. Su página web es https://power.larc.nasa.gov/, utilizando geolocalización se ubica el punto de donde se desea obtener los datos y se procede a la descarga.

Para esta investigación se descargó datos de velocidad y dirección del viento a 50 m, del periodo del mes de noviembre del 2023 al mes de octubre del 2024, a esta altitud porque el programa solo muestra las medidas a 10m y 50m y para tener una mejor estimación de la velocidad del viento se decidió la descarga de las medidas a 50m, también para asemejar la instalación del aerogenerador a esta altura aproximada, estos datos están organizados por día y por hora, obteniéndose 10176 datos válidos, (Ver Anexo C).

3.8.2.1. Distribución de frecuencias con los datos del programa NASA POWER

Con los datos descargados y organizados por mes y por horas del día, (ANEXO C), se realiza el tratamiento estadístico de las frecuencias obteniéndose la siguiente tabla 9, de distribución de frecuencias, se observa la frecuencia absoluta, la frecuencia relativa y la frecuencia acumulada, a partir de esta tabla se halla la media o promedio de los datos utilizando la definición de la distribución de Weibull, del capítulo 2, además se observa que se tiene un número de datos total de 58602 del periodo de 12 meses del mes de noviembre del 2023 al mes de octubre del 2024, del tratamiento con las frecuencias se obtiene una media de las velocidades del viento de :

$\boldsymbol{Media}$ $\langle v \rangle = 5.45$ m/s.

Tabla 9

Distribución de frecuencias para la velocidad del viento

Velocidad m/s	***Frecuencia Absoluta***	***Frecuencia Relativa***	***Frecuencia Acumulada***
0.555	346	0.006	0.006
1.089	1055	0.018	0.024
1.709	2255	0.038	0.062
2.329	3259	0.056	0.118
2.949	4148	0.071	0.189
3.569	4725	0.081	0.269
4.189	5083	0.087	0.356
4.809	5334	0.091	0.447
5.429	5403	0.092	0.539
6.049	5292	0.090	0.630
6.669	5027	0.086	0.715
7.289	4700	0.080	0.796
7.909	4352	0.074	0.870
8.529	3993	0.068	0.938
9.149	3630	0.062	1.000
	N=58602		

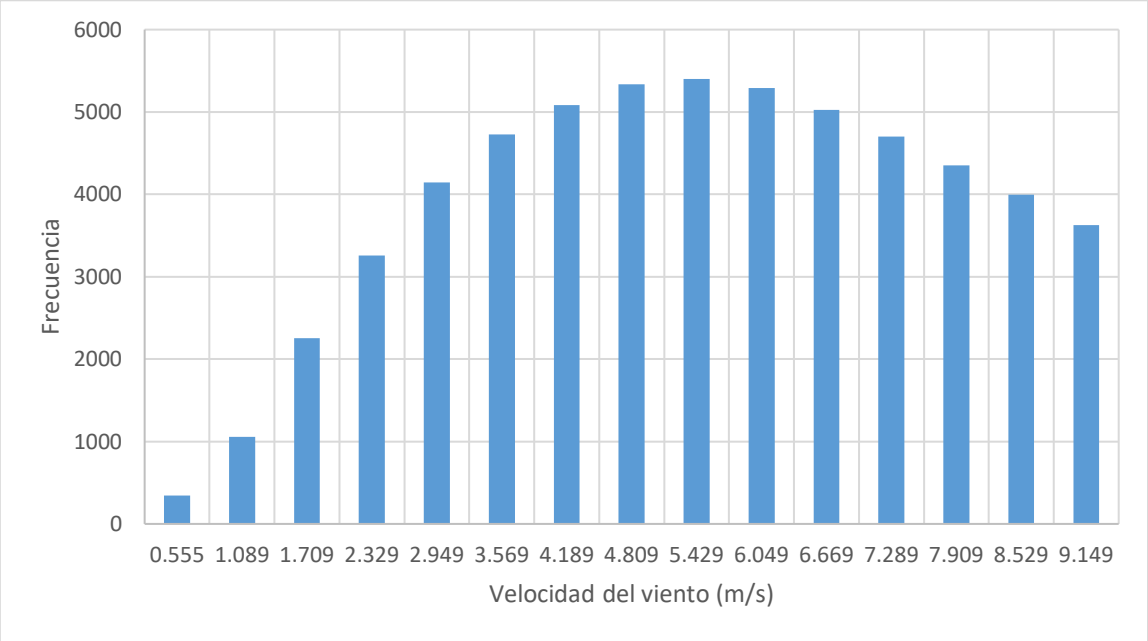
Fuente: Elaboración propia

Nota: Frecuencias de las velocidades del viento, de donde se tiene el valor de 5.429 m/s, como la velocidad con más frecuencia absoluta, el número total de datos es de N=58602.

Se graficó el histograma de la frecuencia en función a la velocidad del viento en la figura 37, donde se observa que la velocidad más registrada es la de 5.429 m/s ≈ 5.43 m/s.

Figura 34

Histograma de la frecuencia absoluta con respecto a la velocidad del viento



Fuente: Elaboración propia

3.8.2.2. Distribución de Weibull para la velocidad del viento de datos obtenidos de NASA POWER

La distribución de Weibull se determina con los datos de la tabla de frecuencias de los datos obtenidos para la velocidad del viento del programa NASA POWER, para hallar esta distribución primero se debe obtener **c** que es el **factor de escala** (m/s) y **k** que es el **factor de forma** que caracteriza la asimetría o sesgo de la función **f(v)**, según la teoría definida en el capítulo 2 para este análisis.

$$\mathrm{F(v)} = 1 - \mathrm{e}^{\left(\frac{v}{c}\right)^{-k}}$$

Donde F(v) es la frecuencia acumulada.

Aplicando el método de mínimos cuadrados para hallar los factores de forma y escala, siendo la ecuación Y=mX+b. Entonces:

$$\ln\left(-ln\left(1 - \mathrm{F(v)}\right)\right) = Y$$

$$k = m$$

$$\ln(v) = X$$

$$-k \ln(c) = b$$

Utilizando estas definiciones se tiene la tabla 10, que muestra los valores de X, Y y la frecuencia acumulada para luego hallar el factor de escala y de forma, mediante el ajuste lineal de mínimos cuadrados.

Tabla 10

Valores X, Y y frecuencia acumulada para los datos medidos de velocidad del viento

Nro.	*Velocidad (m/s)*	*Frecuencia Acumulada*	*X*	*Y*	*Frec. de WEIBULL F(v)*
1	0.555	0.006	-0.589	-5.129	0.0229694
2	1.089	0.024	0.086	-3.722	0.0476651
3	1.709	0.062	0.536	-2.742	0.0755079
4	2.329	0.118	0.846	-2.075	0.1002433
5	2.949	0.189	1.082	-1.564	0.1201323
6	3.569	0.269	1.272	-1.159	0.1340298
7	4.189	0.356	1.433	-0.820	0.1414168
8	4.809	0.447	1.571	-0.523	0.1423912
9	5.429	0.539	1.692	-0.255	0.137593
10	6.049	0.630	1.800	-0.007	0.1280738
11	6.669	0.715	1.898	0.229	0.1151313
12	7.289	0.796	1.986	0.462	0.1001366
13	7.909	0.870	2.068	0.713	0.0843808
14	8.529	0.938	2.144	1.023	0.0689576
15	9.149	1.000	2.214	0.000	0.0546939

Nota: En la tabla 10 se observa la velocidad tomada de la tabla de datos del rango máximo de las velocidades que se muestran en las tablas de datos descargados. ANEXO C.

En la figura 35 se observa el ajuste lineal, realizado en el programa Excel, observando la ecuación de la recta y=m x+ b, se encuentra los valores de m y b haciendo uso de las ecuaciones, con los que se halla el factor de forma k y el factor de escala c,

$$k = m = 2.112$$

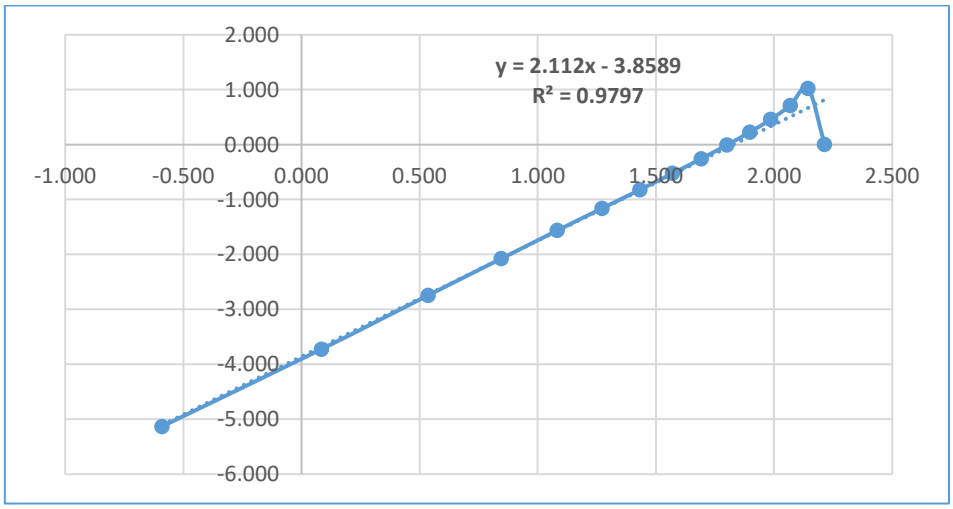
$$\ln(v) = X$$

$$-k \ln(c) = b = 3.8589$$

siendo **k = 2.11,** y **c=6.23 m/s.**

Figura 35

Gráfico del ajuste lineal realizado en EXCEL



Fuente: Elaboración propia

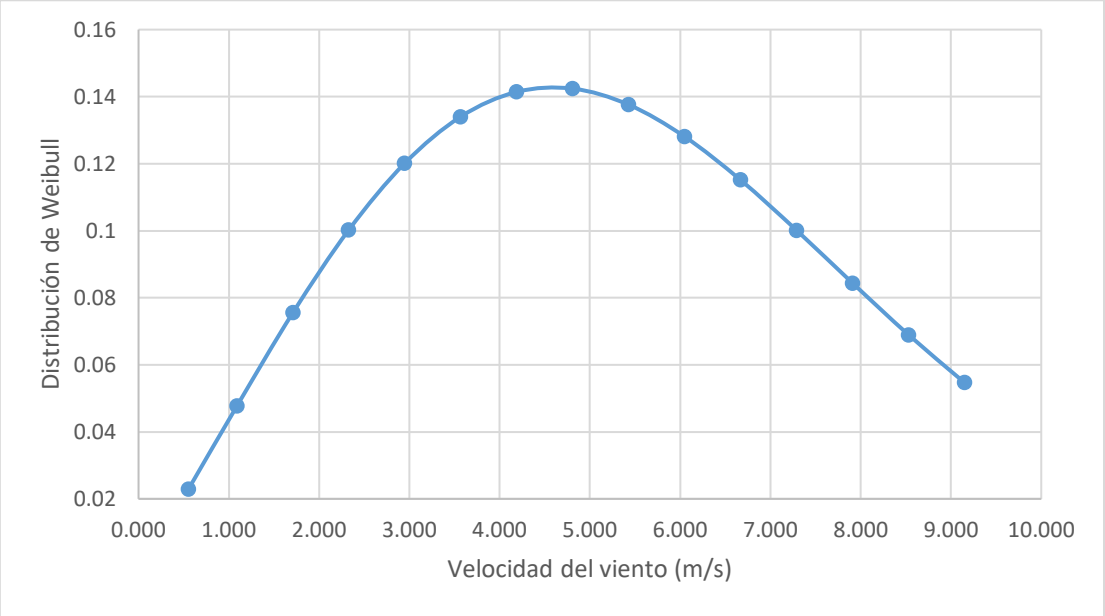
Nota: La figura muestra la ecuación para y= m x +b, el que se utiliza para hallar los parámetros de forma y escala necesarios, m=2.112 y b= 3.8589.

3.8.2.3.Gráfico de la Distribución de Weibull

A continuación, se muestra la figura 36 de la distribución de Weibull, obtenida de la tabla de frecuencias del ítem 3.8.2.1., donde se muestra la probabilidad que se registren las distintas velocidades del viento. Además, se observa en el gráfico las probabilidades de ocurrencia de las diferentes velocidades del viento, en este caso las velocidades con mayor probabilidad de ocurrencia van de 4.2 a 6.7 m/s. Los valores hallados del factor de forma **k=2.11** y el factor de escala **c=6.23m/s**, este último nos indica que la velocidad media del viento es **6.23 m/s**.

Figura 36

Distribución de Weibull



Fuente: Elaboración propia

Nota: La distribución de Weibull nos muestra las velocidades con mayor ocurrencia siendo los más frecuentes los valores de 4m/s a 5m/s.

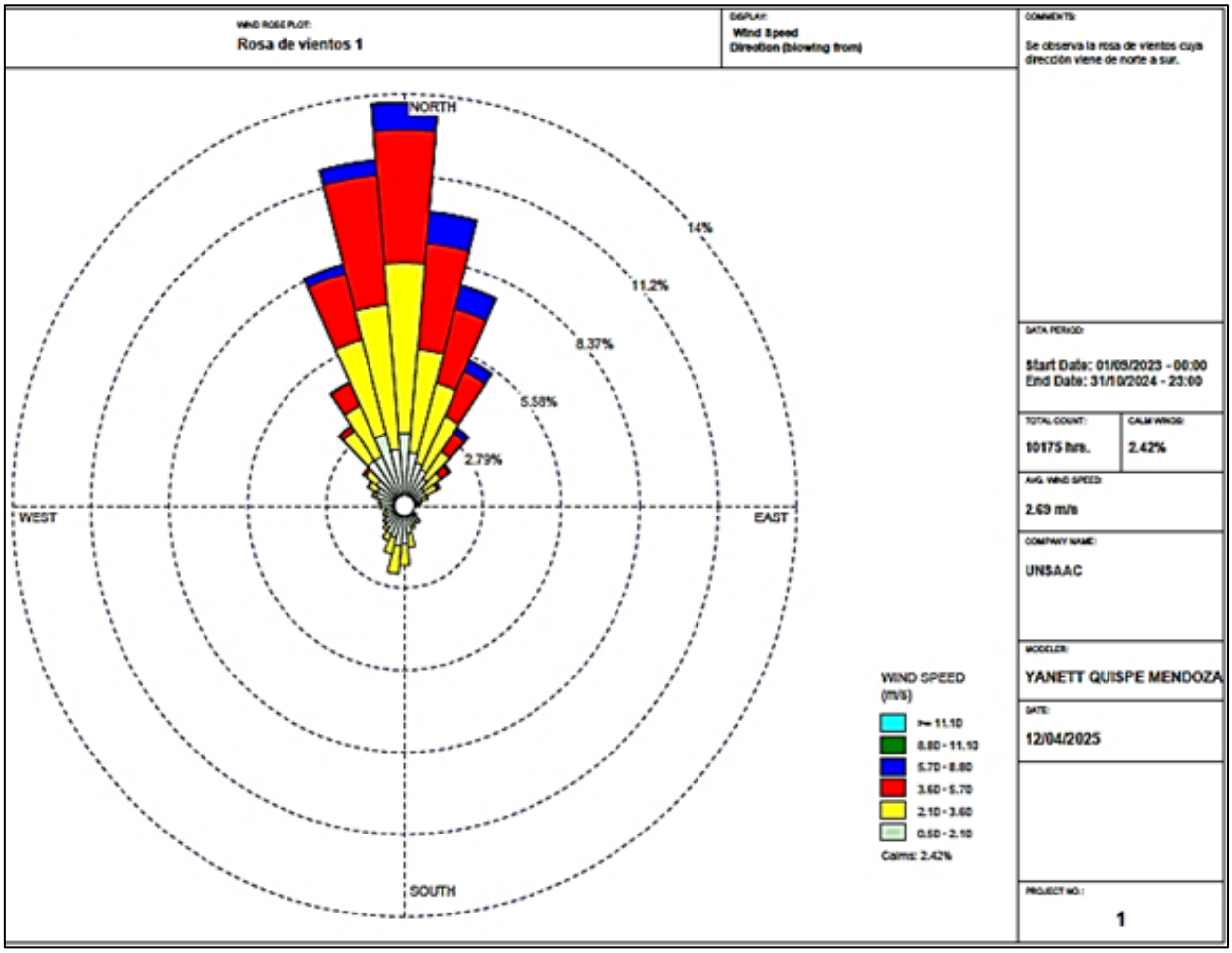
3.8.3. Dirección del viento

Rosa de vientos

Por otro lado, se obtuvo la rosa de vientos con el programa WRPLOT, (Ver Anexo E), software que grafica la dirección del viento para la ubicación del Hotel Life Valle Sagrado el cual se realizó para las medidas de direcciones del viento en un año, con los datos descargados del programa NASA POWER, del mes de setiembre del 2023, hasta el mes de octubre del 2024. En la figura 37, se observa la dirección del viento que viene del norte al sur, esto es debido a las masas de aire que se mueven cercanas al rio Vilcanota, además el hotel se ubica en una zona donde se presentan gradientes de presión ya que la zona está rodeada de montañas y se produce brisas de montaña y vientos descendentes.

Figura 37

Rosa de vientos con datos descargados del programa NASA POWER



Fuente: Elaboración propia

Nota: Dirección del viento que proviene de Norte a sur, realizado en el programa WRPLOT, con los datos del programa NASA POWER, para el centro poblado de Yanahuara.

3.8.4. Densidad del aire en la zona donde se ubica el hotel Life Valle Sagrado

Para obtener la densidad del aire en la ubicación del Hotel Life Valle Sagrado, se utiliza la ecuación 3.1, se tiene la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra

ubicado el Hotel Life que es de 2875 m, obtenido de Google maps., y la densidad a nivel del mar es $\rho_0 = 1.2 \frac{Kg}{m^3}$, entonces reemplazando en la ecuación 3:

$$\rho = \frac{P_o}{RT} e^{\left(\frac{-gh}{RT}\right)}$$

Se obtiene la densidad del aire para la ubicación del hotel Life Valle Sagrado

Donde:

ρ : es la densidad del aire (kg/m^3)

Po: Presión atmosférica a nivel del mar (101.325 kPa)

g: aceleración de la gravedad (9.81m/s^2),

h: altura sobre el nivel del mar del centro poblado Yanahuara =2875msnm.

R: = 287.05 (J/kg. K) Constante específica del gas

T: Temperatura del aire a nivel del mar = 295 K

Se obtiene la densidad del aire para la ubicación del hotel en el centro poblado de Yanahuara.

$$\rho = 0.86 \frac{Kg}{m^3}.$$

Este valor representa el 71% de la densidad del aire a nivel del mar.

3.9. Técnicas para demostrar la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

Las hipótesis de la presente investigación están basadas en el análisis del potencial eólico a través de las medidas de velocidad del viento, la selección del tipo de aerogenerador adecuado y el análisis de costo beneficio, esto para dimensionar un aerogenerador que cubra la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado, para comprobar estas hipótesis se hace uso de: las técnicas cuantitativas de los datos de velocidad del viento y dirección del viento del programa NASA POWER del periodo de un

año y mediante la distribución de Weibull se halló la velocidad del viento que representa a las medidas, también se hizo uso del análisis del consumo eléctrico del hotel mediante la técnica de entrevista y recolección de información, para la selección e investigación del aerogenerador más adecuado se evaluó e investigó en el mercado comercial el modelo que cubre la demanda energética del hotel, se hizo el modelado del aerogenerador mediante un programa de simulación llamado ETAP y para el análisis de costos y beneficios del proyecto se evalúa los costos del aerogenerador y de los componentes necesarios para su instalación y funcionamiento.

Por otra parte, se realizó medidas directas de la velocidad del viento en el hotel Life Valle Sagrado, estas mediciones in situ permitieron comprobar las magnitudes de la velocidad del viento y contrastar con las velocidades del programa NASA POWER.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados

Con los datos históricos de velocidad de viento y dirección de viento descargados del programa NASA POWER, del periodo de un año, se realizó el procesamiento con el programa Excel, se tiene como referencia las medidas de velocidad de viento y dirección del viento en el hotel Life Valle Sagrado, los que se analizan a continuación.

4.1.1. Análisis de la velocidad del viento

Según la observación de la tabla 7, para los datos de velocidad del viento se tiene que a medida que avanza las horas del día el viento incrementa su valor, a partir de las 12:00 hasta las18:00 horas, se encuentra entre los valores de **4 m/s**, a **8.7** m/s, después va disminuyendo hasta terminar el día.

Al analizar los datos estadísticamente por la tabla de frecuencias que se realizó en el ítem 3.8.1.2., se obtiene un valor medio de velocidad del viento de las medidas obtenidas con el equipo de medición PCE-FWS 20N, que es de **4.39 m/s**.

Al analizar los datos históricos de la velocidad del viento, descargados del programa NASA POWER, de forma estadística por la tabla de frecuencias realizada en el ítem 3.8.2.1. y con la distribución de Weibull, que es un procedimiento confiable para analizar estos datos, se determina el factor de escala **c** que es el módulo de la velocidad del viento promedio y tiene un valor de **6.23 m/s**, la que se designará como la velocidad del viento para todos los análisis en adelante, porque este valor representa a los valores medidos durante un año.

Teniendo este dato obtenido se puede hallar la **densidad de potencia** mediante la ecuación 11:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2}\rho \mathrm{v}^3$$

Con: $\rho = 0.86 \frac{Kg}{m^3}$ y v = 6.23 m/s, se obtiene:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2}(0.86)(6.23)^3 = 103.98 \frac{W}{m^2}$$

4.1.2. Análisis para determinar la demanda de energía eléctrica

Para evaluar el consumo de energía eléctrica en el Hotel Life Valle Sagrado, se debe tener en cuenta varios aspectos como:

- Número de habitaciones del hotel, según el administrador del hotel Life Valle Sagrado, se cuenta con 40 habitaciones en sus 4 pisos, varía según la temporada de alta y baja del turismo, el administrador indica que, en promedio al año, están ocupadas 30 habitaciones por día
- Los servicios ofrecidos, es calefacción para algunas habitaciones.
- Equipamiento eléctrico (iluminación, cocina, ascensor, computadoras, etc.).
- Además, cuenta con salas de ocio y esparcimiento, cámaras de seguridad, wi fi, bar y diversos salones.

Se realiza un cuadro con todos los dispositivos con que cuenta el hotel para estimar el consumo eléctrico, según los recibos de energía eléctrica de los últimos meses el promedio de pago mensual es de s/2000.00. El costo de un kWh es de s/. 0.8224.

4.1.2.1. Consumo de energía eléctrica del Hotel Life Valle Sagrado

Para determinar el consumo eléctrico del Hotel Life Valle Sagrado se realizó la siguiente tabla 11, donde se considera los dispositivos eléctricos con que cuenta el hotel, número de dispositivos, la potencia de cada uno en Watts y kilowatts, las horas de uso de cada dispositivo se consideró un promedio de cada día según entrevista a los encargados de cada área, también se obtiene el consumo en kWh/ por día y el costo a pagar al mes. Se obtuvo la potencia de cada dispositivo eléctrico, según información brindada por el administrador y recopilando información de la marca de los dispositivos.

Tabla 11

Consumo energético del Hotel Life Valle Sagrado

Dispositivos eléctricos del Hotel	Unidad	Potencia (Watts)	Potencia total (W)	Potencia total (kW)	Horas de Uso (h/día)	Total, de consumo (Wh/día)	Consumo KW.h/día	Total, pagar S/.
Televisión	30	80	2400	2.4	2	4800	4.8	3.95
Refrigeradora	2	300	600	0.6	6	3600	3.6	2.96
Lavadora	2	1500	3000	3	2	6000	6	4.93
Plancha	3	1000	3000	3	2	6000	6	4.93
Licuadora	3	300	900	0.9	2	1800	1.8	1.48
Frigobar	1	250	250	0.25	6	1500	1.5	1.23
Computadora	8	120	960	0.96	6	5760	5.76	4.74
Equipo de sonido	2	30	60	0.06	4	240	0.24	0.20
Electrobomba	2	1000	2000	2	4	8000	8	6.58
Ascensor	1	2000	2000	2	5	10000	10	8.22
Servidores	1	120	120	0.12	12	1440	1.44	1.18
Cámaras de seguridad	10	20	200	0.2	12	2400	2.4	1.97
Horno microondas	1	1200	1200	1.2	0.5	600	0.6	0.49
Lugar de Iluminación								
Cocina	5	50	250	0.25	10	2500	2.5	2.06
Baño	23	15	345	0.345	1	345	0.345	0.28
Comedor	10	50	500	0.5	7	3500	3.5	2.88
Piscina	10	50	500	0.5	4	2000	2	1.64
Habitación	40	50	2000	2	4	8000	8	6.58
Recepción	3	80	240	0.24	5	1200	1.2	0.99
Iluminación exterior	10	100	1000	1	12	12000	12	9.87
Iluminación Pasadizo	20	40	800	0.8	4	3200	3.2	2.63
Total			22325				84.885	69.81
						Total, Mensual	2546.55	2094.28
						Total, Anual	30558.60	S/25131.39

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla se muestra el listado de los dispositivos eléctricos del hotel.

Se muestra en la tabla 11, que el consumo resulta 84.885 kWh por día y al mes fue de 2546.55 kWh.

Esta tabla informa detalladamente sobre la potencia eléctrica de cada aparato eléctrico, su tiempo de uso al día, el valor de la potencia total es el producto de la potencia en Watts por el número de dispositivos del hotel, se halló la potencia en kilowatts dividiendo entre 1000.

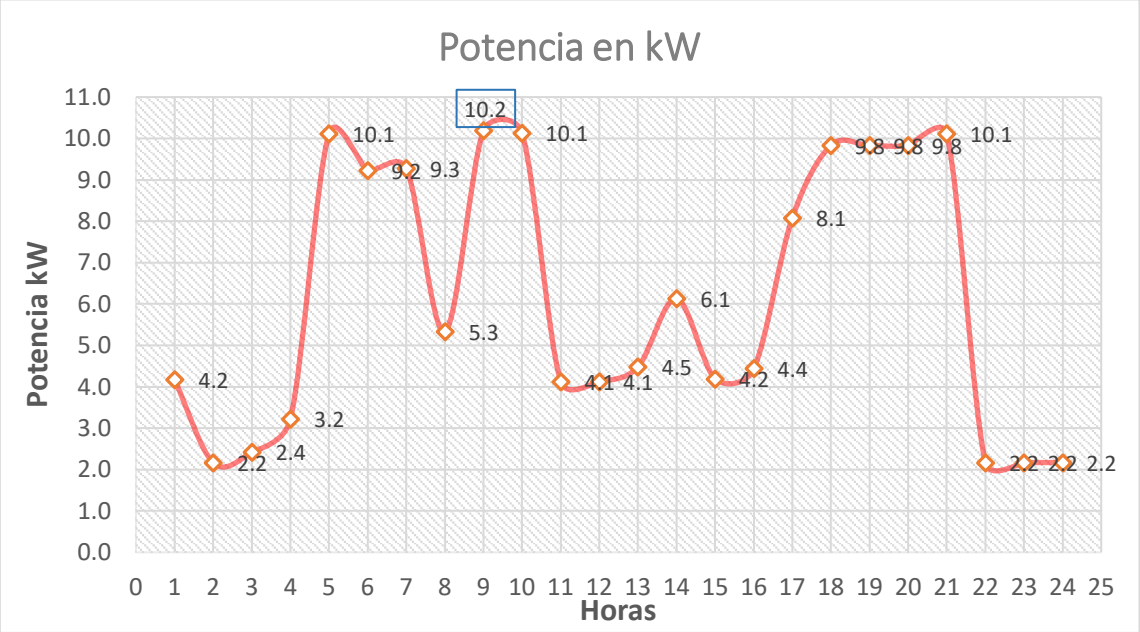
El consumo total es el producto de la potencia total por el número de horas de uso al día, y se halla también el consumo total en kWh por día, se obtuvo el total a pagar de cada dispositivo multiplicando por el cobro de kWh que se observa en el recibo de energía eléctrica que es de s/. 0.8224.

Al mes la potencia promedio obtenida es de 2546.55 kWh y el monto a pagar seria de s/2094.28, a este monto se debe adicionar el IGV, que es de 18% que es s/376.97, el total será de S/. 2471.25 que se paga al mes.

La potencia instalada para el hotel según el recibo de energía eléctrica es de 11.00 kW, con una tensión de 380V, la instalación es trifásica, se realizó una distribución de la potencia que consume cada dispositivo en el día y las horas pico de consumo que se muestra en la figura 38. (Ver Anexo D).

Figura 38

Distribución de potencias de dispositivos eléctricos en el día



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Distribución de potencia de los dispositivos eléctricos, en horas de uso en el día.

Se estimó que el hotel tiene un consumo de potencia máxima de 10.20 kW, para las 9:00 horas del día, según las horas de uso de los dispositivos, esta potencia máxima es un consumo pico, es decir, el consumo cuando todos los dispositivos estarían en uso simultáneamente, potencia que se debe cubrir con la producción de energía eléctrica del aerogenerador a evaluar.

4.1.3. Consideraciones para la elección del aerogenerador eólico

Como ya se tiene la información de la velocidad del viento promedio y el consumo energético mensual del hotel Life Valle Sagrado, además se conoce la potencia instalada en el hotel que es de 11kW según el recibo de energía eléctrica, y se analizó el consumo energético en las horas de más uso de dispositivos, denominada horas pico de consumo, de la que se tiene un consumo al día de 10.2kW, el cual debe suministrar el aerogenerador.

Se utilizó los datos obtenidos de la velocidad del viento de la tabla 5, y conociendo la densidad del aire en la zona hallada en el ítem 3.8.4 que es de 0.86 kg/m^3, para

determinar una potencia eólica disponible, potencia mecánica y potencia eléctrica que cubra la demanda energética en función al área de barrido que debe tener el aerogenerador, cuyo radio r se obtiene del diámetro del rotor del aerogenerador. Entonces:

$$A = \pi r^2$$

Si la potencia eólica disponible es: $P = \frac{1}{2}\rho A v^3$

La potencia mecánica del aerogenerador es: $P_m = C_P P_d$

donde: C_P es el coeficiente de potencia, C_P =0.59 límite de Betz

Si consideramos un radio r = 5m, entonces se puede hallar el área de barrido A, la potencia disponible P_d, la potencia mecánica P_m y la potencia eléctrica P_e, se muestra la siguiente tabla 12:

Tabla 12

Potencia eólica y mecánica para un área de barrido de radio r =5m

Nro.	V (m/s)	P_d (Watts)	P_m (Watts)	P_e (Watts)	r (m)	A (m^2)	Densidad kg/m^3
1	0.555	5.77	3.40	3.23	5	78.5	0.86
2	1.089	43.59	25.72	24.43	5	78.5	0.86
3	1.709	168.49	99.41	94.44	5	78.5	0.86
4	2.329	426.43	251.59	239.01	5	78.5	0.86
5	2.949	865.69	510.76	485.22	5	78.5	0.86
6	3.569	1534.54	905.38	860.11	5	78.5	0.86
7	4.189	2481.24	1463.93	1390.74	5	78.5	0.86
8	4.809	3754.07	2214.90	2104.16	5	78.5	0.86
9	5.429	5401.29	3186.76	3027.42	5	78.5	0.86
10	6.049	7471.17	4407.99	4187.59	5	78.5	0.86
11	6.669	10011.99	5907.07	5611.72	5	78.5	0.86
12	7.289	13072.00	7712.48	7326.85	5	78.5	0.86
13	7.909	16699.48	9852.69	9360.06	5	78.5	0.86
14	8.529	20942.69	12356.19	11738.38	5	78.5	0.86
15	9.149	25849.91	15251.45	14488.87	5	78.5	0.86

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se observa como Pd, Pm y Pe varia para los valores de velocidad del viento.

La tabla 12 nos muestra que para un radio de 5m se puede llegar a cubrir la demanda energética del hotel, considerando las velocidades de viento obtenidas.

Por otro lado, si se plantea que la potencia eléctrica que debe producir el aerogenerador sea la potencia de consumo energético máximo del hotel, que es de 10.20kW, entonces con este valor se pudo hallar un área y radio, se hizo uso de las ecuaciones para hallar las potencia disponible P_d, potencia mecánica P_m, área A y radio r, se tiene la tabla 13:

Tabla 13

Área y radio con la Pe=10200W

Nro.	V (m/s)	P_d (watts)	P_m (watts)	P_e(watts)	r (m)	A (m^2)	Densidad kg/m^3
1	0.55	18198.04	10736.84	10200.00	284.62	254371.25	0.86
2	1.089	18198.04	10736.84	10200.00	102.16	32769.70	0.86
3	1.709	18198.04	10736.84	10200.00	51.96	8478.71	0.86
4	2.329	18198.04	10736.84	10200.00	32.66	3350.02	0.86
5	2.949	18198.04	10736.84	10200.00	22.92	1650.18	0.86
6	3.569	18198.04	10736.84	10200.00	17.22	930.93	0.86
7	4.189	18198.04	10736.84	10200.00	13.54	575.74	0.86
8	4.809	18198.04	10736.84	10200.00	11.01	380.53	0.86
9	5.429	18198.04	10736.84	10200.00	9.18	264.48	0.86
10	6.049	18198.04	10736.84	10200.00	7.80	191.21	0.86
11	6.669	18198.04	10736.84	10200.00	6.74	142.68	0.86
12	7.289	18198.04	10736.84	10200.00	5.90	109.28	0.86
13	7.909	18198.04	10736.84	10200.00	5.22	85.54	0.86
14	8.529	18198.04	10736.84	10200.00	4.66	68.21	0.86
15	9.149	18198.04	10736.84	10200.00	4.20	55.26	0.86

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se observa como al considerar la potencia eléctrica de 10200 W, se obtuvo un área y radio para las distintas velocidades de viento.

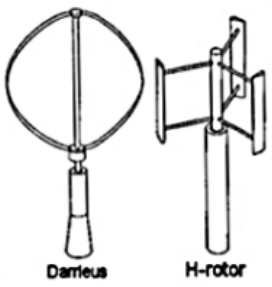
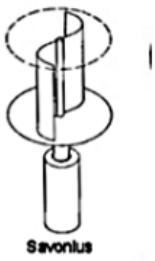
Entonces al observar las dos tablas anteriores, se obtuvo que el radio del aerogenerador debe estar alrededor de 5m, para producir energía eléctrica, que cubra la demanda de consumo máximo.

4.2.Elección del aerogenerador eólico para el Hotel Life Valle Sagrado

Primero debemos analizar las ventajas y desventajas que presentan los tipos de aerogeneradores (figura 39), como se describió en la teoría el aerogenerador de eje horizontal, este es el que presenta más eficiencia.

Figura 39

Ventajas y desventajas de los tipos de aerogeneradores

	Eje Horizontal	Eje Vertical Sustentación	Eje Vertical Arrastre
			
Ventajas	Eficiente Ampliamente probado Muy utilizado Más económico Muchos modelos	Eficiencia aceptable Indiferente a la dirección del viento Menos sensibilidad a turbulencia Crea pocas vibraciones	Producto probado Silencioso Robusto y fiable Indiferente a la dirección del viento Puede aprovechar flujos turbulentos Crea pocas vibraciones
Desventajas	No soporta adecuadamente cambios frecuentes en la dirección del viento No tolera bien vientos racheados	No muy probado Más sensible a la turbulencia que el Savonius	Baja eficiencia Económicamente costoso

Nota: Ventajas y desventajas de cada tipo de aerogeneradores. Adaptado de Clear Skies. Randall y Timmers. 2003.

Por lo tanto, para esta investigación se seleccionó el aerogenerador de eje horizontal tripala, por sus ventajas presentadas.

En la tabla 14, se muestra los parámetros hallados y propuestos con los que el aerogenerador se dimensiona.

Tabla 14

Parámetros para la selección del aerogenerador

Parámetros para la selección	**Resultados**
Velocidad promedio	6.23m/s
Altura de operación	20 m

Potencia de consumo energético del hotel	10.20 kW
Radio del rotor	4m - 5m

Fuente: Elaboración propia

Nota: El aerogenerador debe producir la potencia de consumo energético del hotel.

Habiendo realizado en la tabla 13, la variación de las potencias en función al radio del rotor del aerogenerador se seleccionará un aerogenerador con un diámetro de rotor que genere una potencia mecánica de 10.2kw, de preferencia un valor más alto.

En el mercado existen varios modelos y marcas, de aerogeneradores tripala, realizando un estudio de mercado, basado en la potencia que se desea obtener, la eficiencia y el costo, se seleccionan a los siguientes:

Figura 40

Aerogenerador marca ZONHAN

ZONHAN	
Eje	Horizontal
Diámetro del rotor (m)	7
Material y número de las cuchillas	Fibra de vidrio reforzada*3
Potencia nominal/potencia máxima	**10/15 kW**
Velocidad nominal del viento (m/s)	11
Velocidad del viento de arranque (m/s)	3
Velocidad del viento de trabajo (m/s)	3~25
Velocidad del viento sobrevivida (m/s)	45
Tensión laboral	CC96/120/240V/300V/360V/480V
Generador de estilo	Trifásico, imán permanente
Peso	530 kilos
Altura de la torre (m)	15
Durabilidad	15 años
Precio	$10200

Nota: Adaptado de *ZONHAN* - El fabricante líder de turbinas eólicas, 2025.

Figura 41

Aerogenerador SOLENER

SOLENER	
Potencia	10KW
Número de palas	3
diametro	5.05m
Peso (kg)	180
Viento de Arranque	2,5m/s
Viento de Potencia Nominal	12m/s
Freno Automático	14m/s
Desviación De Seguridad	Cola plegable
Resistencia Máxima del Viento	25m/s
Regulador Incluido	Regulador SOLENER Aero 10
Tensión	Variable
Garantia	2 años
Precio	18779.2 Euros

Nota: Adaptado de Página principal - soluciones energéticas s. A., 2025. solener.com

Figura 42

Aerogenerador ENAIR 20L

ENAIR E20L	
Potencia nominal/ pot. máxima	10kW/ 20kW
Número de palas	3
diametro	9.8
Peso (kg)	1000
Viento de Arranque	1.8 m/s
Viento de Potencia Nominal	12m/s
Corte de produccion	30m/s
Área de barrido	75.4m2
Tipo de control	Paso variable activo, regulación electrónica y freno
Tensión	Variable
Garantia	5 años
Precio	20250 euros

Nota: Adaptado de Aerogenerador E20L - La última tecnología, 2025.

De estas opciones planteadas y debiendo cubrir la demanda energética del hotel utilizando los parámetros para la selección, velocidades de viento medidas en la zona y obtenidas de NASA POWER, se elige el modelo de la marca ENAIR 20L.

Este modelo de aerogenerador ENAIR 20L, según las características mostradas en su ficha técnica, genera 10 kW de potencia nominal, lo que cubre en gran parte las

necesidades energéticas del hotel que en consumo máximo es de 10.2kW al día, además trabaja con velocidades de viento de arranque de 1.85m/s y velocidad máxima de 30m/s, lo que conviene ya que las velocidades de viento obtenidas para esta investigación varían desde 1m/s hasta 10m/s, este modelo presenta mayor eficiencia a bajas velocidades.

Este aerogenerador tiene un radio de r = 4.9 m, con el que puede generar la potencia de consumo necesaria para cubrir la demanda energética del hotel.

A partir de esta elección del aerogenerador se puede realizar los demás cálculos utilizando los datos proporcionados por la ficha técnica del aerogenerador.

4.2.1. Aerogenerador de eje horizontal Modelo ENAIR 20L

Este aerogenerador Tripala ENAIR 20L de 10kW de potencia nominal, está diseñado para cubrir demandas energéticas de pequeñas industrias, su eficiencia de generación y diseño permite abastecer instalaciones trifásicas con alto rendimiento, su producción está en más de 15- 200kWh/día, diseñado según la norma IEC 61400-2, dispone de control activo, tiene 4 sistemas de seguridad, destaca por sus técnicas de dinámica computacional de fluidos (Aerogenerador *E20L*, 2025). (Ver Anexo F).

Tabla 15

Características del aerogenerador seleccionado

Características	**Tipo de valores**
Potencia	20kW
Configuración	3 fases - 500V - transmisión directa
Configuración	3 palas, eje horizontal
Potencia Nominal	10kW, limitada por software
Aplicaciones	Conexión a red - Micro red
Velocidad nominal de rotación	120rpm

Características	Tipo de valores
Inicio de Rotación	1.85m/s
Corte de producción	30m/s
Protección	IP65 / alta protección ambiental
Peso	1000Kg
Orientación	Orientación aerodinámica
Diámetro	9.8m
Área de barrido	75.4m^2
Longitud de Pala	4.5m
Material de la pala	Fibra de vidrio, resina flex con poliuretano
Tipo de control	Paso variable activo, regulación electrónica y freno
Sistema Electrónico	Sistema programable para adaptar la turbina Registro de alarmas
Software	Software personalizado. Pantalla general de datos (opc.)

Nota: Ficha técnica del ENAIR 20L, Adaptado de *Aerogenerador E20L - La última tecnología*. 2025. https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e200l

4.2.2. Potencia eólica para el aerogenerador ENAIR 20L

Se tiene de la definición de potencia eólica o potencia disponible P_d

$$P_d = \frac{1}{2}\rho A \mathrm{v}^3$$

Donde la densidad de aire para la zona es de $\rho = 0.86\frac{kg}{m^3}$, con la velocidad del viento promedio igual a **6.23m/s** y obteniendo el área del rotor cuyo **radio** es 4.9 m, se tiene la potencia eólica.

$$A = \pi(4.9^2)m^2 = 75.4m^2$$

$$P_d = 0.5 * 0.86 * (6.23)^3 \left(\frac{W}{m^2}\right) * 75.4m^2$$

$$P_d = 7839.78\, W$$

4.2.3. Potencia mecánica del aerogenerador

De la ecuación para la potencia mecánica o potencia máxima, descrita en el ítem 2.1.14 se tiene:

$$P_{max} = C_P\, P_d$$

P_{max} es la potencia mecánica $P_{m,}$ para este caso será la potencia mecánica del rotor y P_d es la potencia eólica disponible o Potencia eólica P, C_p coeficiente de potencia. El coeficiente de potencia C_p para el aerogenerador ENAIR 20L se obtendrá de la curva de potencia del aerogenerador que se muestra en su ficha técnica, el cual es igual a $C_p = 0.48$ (*Aerogenerador E20L*, 2025), entonces:

$$P_{max} = 0.48\ (7839.78)W$$

$$P_{max} = 3763.09W$$

4.2.4. Potencia eléctrica del aerogenerador

Como se definió en el capítulo 2 la potencia eléctrica se determina con:

$$P_e = n_e\, C_P\, P_d$$

$$P_e = n_e\, P_{max}$$

Donde

n_e es la eficiencia del sistema eléctrico del aerogenerador $n_e = 0.95$, (Ramos, 2019)

$$P_e = 0.95 * 3763.09W$$

$$P_e = 3574.94W$$

Además, se puede hallar una eficiencia global, también conocido como coeficiente eólico eléctrico, es la relación entre la potencia eléctrica del aerogenerador y la potencia eólica disponible (Villarrubia,2012):

$$\eta_g = \frac{P_e}{P_d}$$

$$\eta_g = \frac{3574.94\ W}{7839.78\ W}$$

$$\eta_g = 0.46$$

4.2.5. Energía producida por el aerogenerador

La energía producida por el aerogenerador está definida por (Ramos, 2019)

$$E_{prod} = P_e * Ht * n_e$$

Donde:

E_{prod}: energía producida al día

P_e es la potencia eléctrica

Ht: horas totales de trabajo = 24h

n_e: eficiencia eléctrica = 0.95

$$E_{prod} = 3574.94W * 24h * 0.95$$

$$E_{prod} = 81{,}508.63 \text{ Wh}$$

$$E_{prod} = 81.51 \text{ kWh}$$

La energía producida por el aerogenerador por día es de 81.51 kWh lo que cubre en gran parte la demanda de energía eléctrica del hotel, según la tabla 11 del ítem 4.1.2.1. que es de 84.885kWh al día.

En la tabla 16, se muestra una evaluación de la potencia disponible P_d y potencia mecánica P_m y potencia eléctrica P_e, para el radio de 4.9m del aeroegenerador ENAIR 20L, considerando las velocidades de viento obtenidas para el hotel, se pudo encontrar que para

la velocidad del viento de 7.289 m/s se empieza a cubrir el consumo de energia máximo al día, ademas se plantea que la energía producida por las velocidades mas altas se debe almacenar en baterias, se desarrolló el dimensionamiento de baterias e inversor para el sistema eólico.

Tabla 16

Evaluación de potencias para el radio de r=4.9m del aerogenerador ENAIR 20L

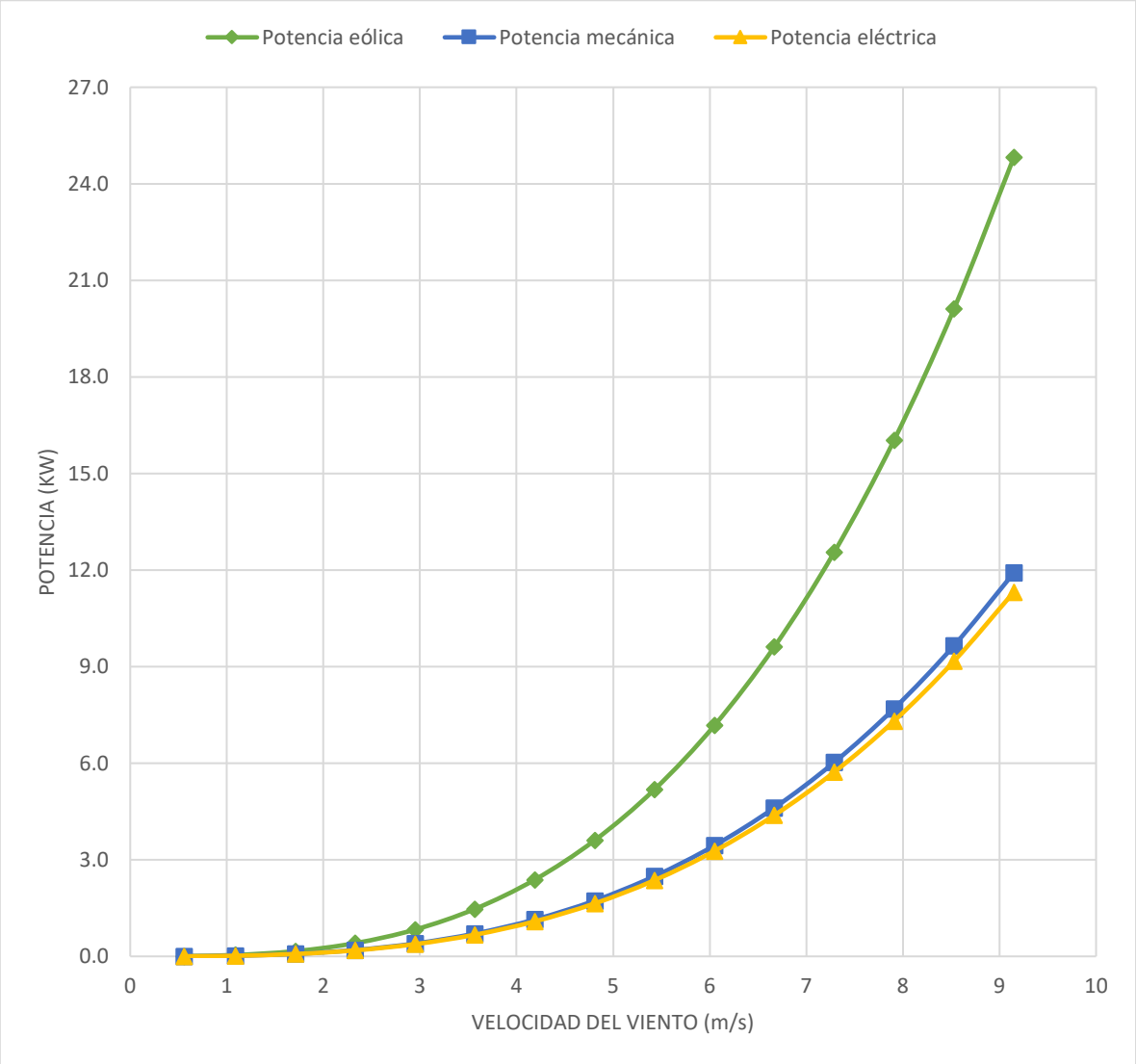
Nro.	V (m/s)	P (W)	P(kW)	P_m (kW)	P_e (kW)	r (m)	A (m^2)	Densidad kg/m^3
1	0.555	5.54	0.0	0.00	0.00	4.9	75.39	0.86
2	1.089	41.87	0.04	0.02	0.02	4.9	75.39	0.86
3	1.709	161.81	0.16	0.08	0.07	4.9	75.39	0.86
4	2.329	409.54	0.41	0.20	0.19	4.9	75.39	0.86
5	2.949	831.41	0.83	0.40	0.38	4.9	75.39	0.86
6	3.569	1473.77	1.47	0.71	0.67	4.9	75.39	0.86
7	4.189	2382.99	2.38	1.14	1.09	4.9	75.39	0.86
8	4.809	3605.41	3.61	1.73	1.64	4.9	75.39	0.86
9	5.429	5187.40	5.19	2.49	2.37	4.9	75.39	0.86
10	6.049	7175.32	7.18	3.44	3.27	4.9	75.39	0.86
11	6.669	9615.51	9.62	4.62	4.38	4.9	75.39	0.86
12	7.289	12554.35	12.55	6.03	5.72	4.9	75.39	0.86
13	7.909	16038.18	16.04	7.70	7.31	4.9	75.39	0.86
14	8.529	20113.36	20.11	9.65	9.17	4.9	75.39	0.86
15	9.149	24826.25	24.83	11.92	11.32	4.9	75.39	0.86

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se observa las potencias producidas para el radio del aerogenerador seleccionado de radio de rotor r =4.9m

Figura 43

Potencia eólica, mecánica y eléctrica producidas por el aerogenerador ENAIR 20L



Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.1. Evaluación de la energía producida por el aerogenerador en el aplicativo ENAIR

La empresa Ryse Energy ENAIR, cuenta con un aplicativo para estimar la producción de energía eólica, como energía producida en el día según la ubicación del lugar en el mapa o introduciendo las coordenadas de localización.

Además, se elige el modelo del aerogenerador y nos muestra sus características, también tiene un medidor de ahorro de CO2, este aplicativo utiliza los datos de los satélites MERRA-2, DTU y PROPIA, para comenzar se puede introducir la velocidad del viento que se tiene como dato

Figura 44

Evaluación de energía producida con el aplicativo Ryse Energy ENAIR

Nota: Se observa que al introducir la velocidad de viento promedio 6.23 m/s, se genera 83.2kWh/día de energía. Adaptado de *Calcula la producción eólica y solar*. (s. f.). https://www.enair.es/es/app

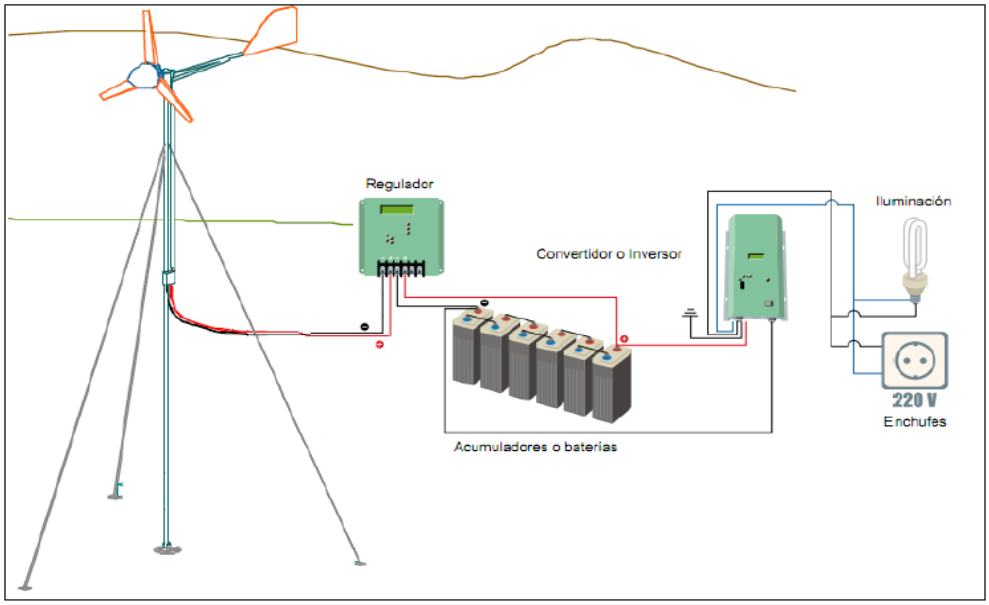
En el aplicativo ENAIR se selecciona el modelo de aerogenerador ENAIR 200L que es el mismo modelo ENAIR 20L, por sus características como la potencia nominal, área de barrido y velocidad de operación descritas en su ficha técnica, luego en el mapa se ubica la zona a evaluar en este caso el hotel Life Valle Sagrado y se coloca la velocidad promedio hallada nos muestra una energía producida de 83.2kWh/día, lo que corresponde a la generación de energía por día en 24 horas de trabajo, que cubriría la energía que demanda el hotel según la tabla 11 que es de 84.89kWh al día.

4.2.6. Dimensionamiento de las baterías

Teniendo ya el aerogenerador dimensionado ahora se debe dimensionar las baterías, el inversor y regulador, como se ve en la figura 45.

Figura 45

Configuración de la instalación del aerogenerador y sus componentes



Nota: La figura muestra la configuración de la instalación del aerogenerador y los accesorios necesarios para almacenar la energía producida.

Para aplicaciones eólicas existen diferentes tipos de baterías en el mercado, como de plomo-ácido y níquel -cadmio, esta última presenta cualidades excepcionales, pero un costo elevado, en contrario las de plomo- ácido se adaptan a cualquier corriente de carga y su costo es poco elevado (Méndez, 2012) se selecciona las baterías de plomo – acido de tensión de 12V, de 250 Ah, que son comerciales.

Para calcular el **número de baterías** se tiene:

- Tensión de instalación :48v
- Consumo diario: 84.885 kW (tabla 8)
- Autonomía de la batería: 1 día, sin velocidad del viento

$$Q_t = \frac{Q_D * n^o}{V * l_d} * 1.15$$

$$Q_t = \frac{84885 * 1}{48 * 0.8} * 1.15 = 2542.13\ Ah$$

Donde:

Q_t : es la capacidad total de baterías

Q_D: es el consumo diario de energía (Wh)

n^o: es el número de días de autosostenibilidad

V: es la tensión del sistema seleccionado 48 v (ficha técnica del aerogenerador)

1.15: factor de seguridad de carga. (Factor de seguridad i safetyculture, 2022)

l_d: límite máximo de descarga 80%. Según Méndez, (2012)

Nro. de baterías (N_{BP})

$$N_{BP} = \frac{Q_t}{Q_{bat}}$$

$$N_{BP} = \frac{2542.13}{250} = 10.20 \approx 11$$

Se elige 11 baterías para que se pueda almacenar más cantidad de energía eléctrica.

4.2.7. Dimensionamiento del inversor

Como define Méndez, (2012) los inversores de corriente son dispositivos que transforman la corriente continua en alterna, la potencia que debe ingresar al inversor se determina por la relación de la potencia de consumo entre la eficiencia del inversor. Según Cucó Pardillos, (2017 pág. 442):

$$P_e = \frac{P_b}{n_i} = \frac{10000}{0.95} = 10.53\ kW$$

Donde:

P_e: potencia nominal de entrada al inversor kW

P_b: Potencia que entrega el aerogenerador al hotel

n_i: eficiencia del inversor: 0.95 Según Cucó Pardillos, (2017 pág. 442)

Se propone el inversor Multiplus Victron 48V 5000W, entonces:

$$\text{Numero de inversores} = \frac{P_e}{P_{inv}} = \frac{10.53\ kW}{5\ kW} = 2.1 \approx 2$$

Entonces se necesita 2 inversores para la instalación del aerogenerador ENAIR 20L.

4.2.8. Modelamiento del aerogenerador ENAIR 20L en el programa ETAP

Este programa fue creado por el grupo de modelado de energía renovable del consejo de coordinación de electricidad occidental (WECC) y la comisión electrotécnica Industrial (IEC).

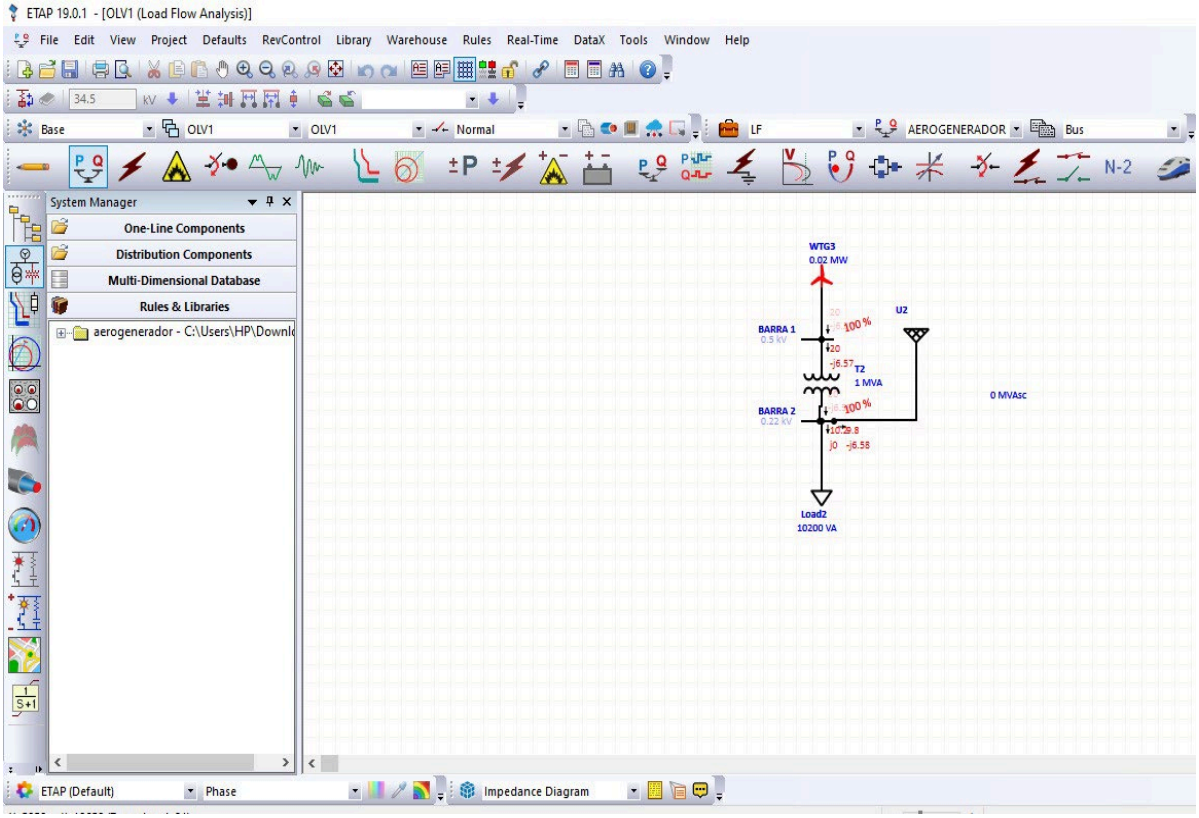
ETAP (Eelectrical Transient Analyzer Program) es un software de análisis y simulación de sistemas eléctricos de potencia. Se utiliza para diseñar, simular, operar y optimizar sistemas eléctricos en diversas aplicaciones, que incluye generación, transmisión, distribución, sistemas industriales, (*ETAP*, s. f.).

Se modeló el funcionamiento del aerogenerador ENAIR 20L, en este programa introduciendo los parámetros hallados para su funcionamiento, también con datos de la ficha técnica, el programa cuenta con herramientas que se interconectan con el aerogenerador para observar la potencia que produce como se ve en la figura 50.

En la figura 51, se obtuvo la gráfica de la potencia producida por el aerogenerador o potencia nominal de 0.01MW, con los parámetros de velocidad media del viento de 6.23 m/s, densidad del aire 0.86 Kg/m^3, el área del aerogenerador y la velocidad de arranque del aerogenerador.

Figura 46

Modelado en el programa ETAP v19

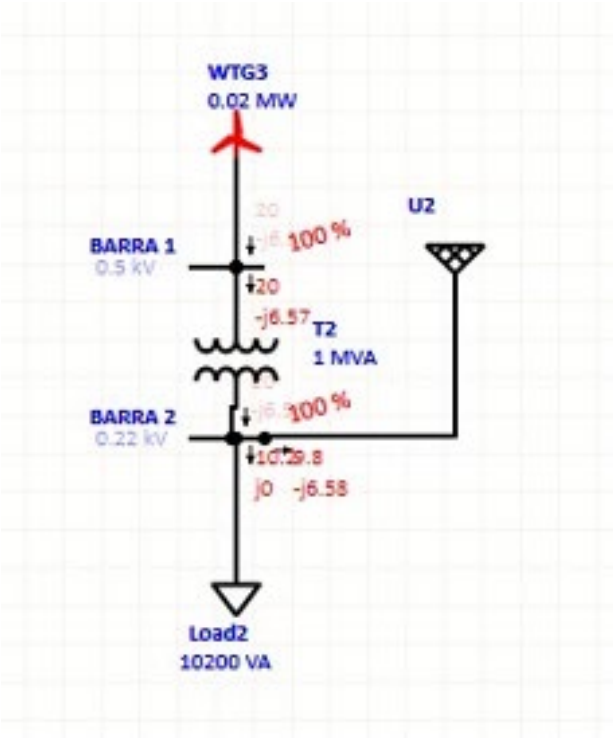


Nota: La figura muestra el aerogenerador ENAIR 20L modelado en el programa ETAP

La figura 47 muestra el aerogenerador ENAIR 20L de color rojo modelado en el programa ETAP v19, la potencia máxima del aerogenerador es de 20kW ó 0.02MW, el cual está conectado a un transformador mediante barras que son puntos de conexión, este transformador entrega la energía producida por el aerogenerador y se mide mediante la carga load la que resulta en 10.2 kW, este sistema está conectado a red (U2).

Figura 47

Modelado del aerogenerador ENAIR 20L



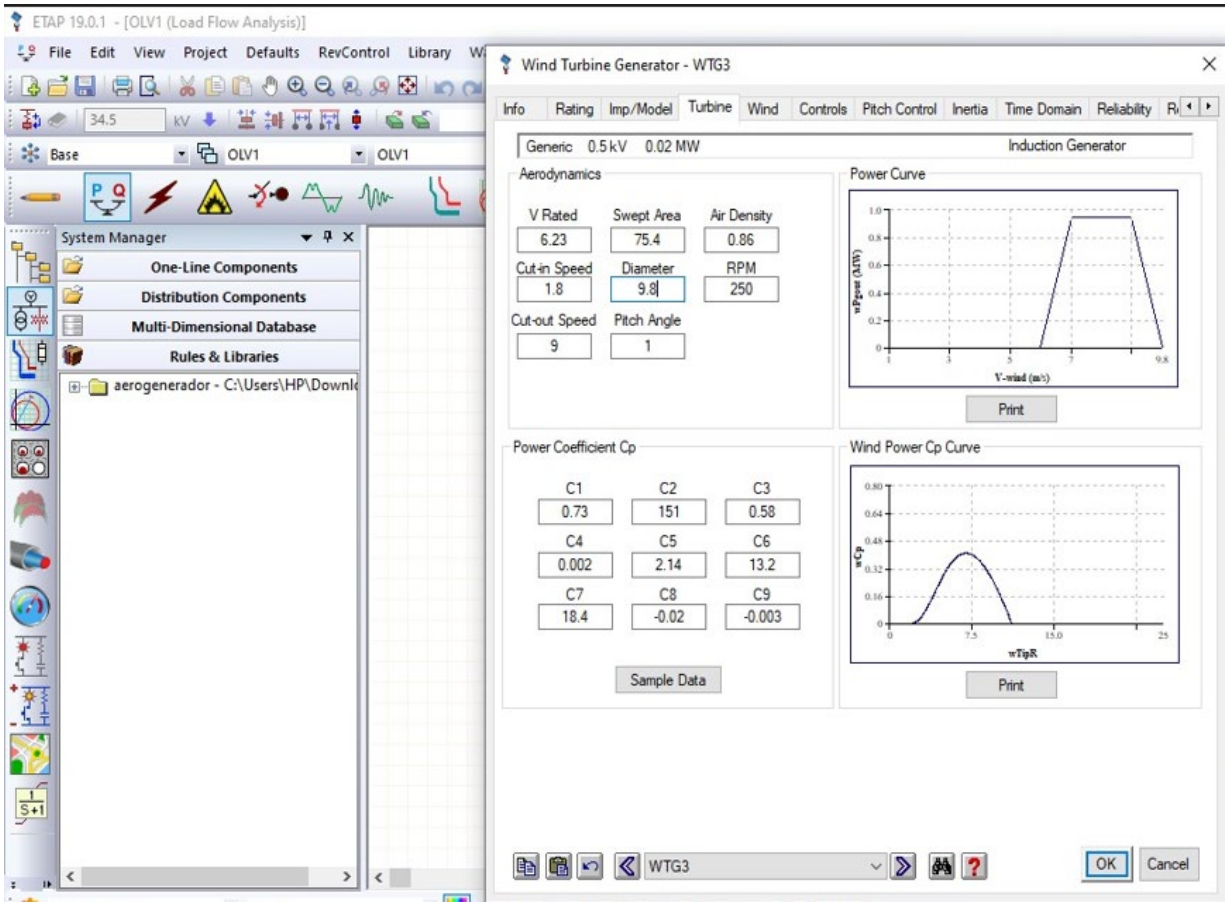
Nota: La figura muestra el sistema eólico conectado a un transformador,

En la figura 47, se observa la salida de carga que es de 10.20 kW o 10200VA, potencia que debe ser suministrada por el aerogenerador.

Este aerogenerador está conectado a la red eléctrica. También se observa en la figura 48, la curva de potencia del aerogenerador para los parámetros ingresados en el programa, se ve como varia la potencia en función a la velocidad del viento, en este caso para la velocidad de viento promedio de 6.23 m/s, la densidad del aire de0.86 kg/m^3, área del rotor de 75.4m^2.

Figura 48

Curva de potencia en el programa ETAP



Nota: La figura muestra la curva de potencia del aerogenerador ENAIR 20L en el programa ETAP.

4.2.9. Presupuesto del sistema eólico

Para la evaluación de costos se tiene en cuenta 1 aerogenerador ENAIR 20L, de potencia máxima 10kW, el que incluye regulador de baterías y resistencias, se necesita 11 baterías de 250Ah 12v, 2 inversores de corriente de 400W, acondicionamiento que incluye la torre de instalación el transporte del aerogenerador y mano de obra y accesorios que pueden ser necesarios, se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Presupuesto para el aerogenerador ENAIR 20L

Costo Total del proyecto			
Descripción	**Consumo unitario (S/.)**	**Cantidad**	**Costo total (S/)**
• Aerogenerador ENAIR 20L de 20kW de potencia máxima con 3 palas, Resistencia y Regulador de Carga de Baterías electrónico	72230.00	1	72230.00
• Baterías 250Ah 12v	1600.00	11	17600.00
• Inversor de 400w	3923.00	2	7846.00
• Acondicionamiento y transporte de la estructura para el aerogenerador	10000.00	1	10000.00
• Accesorios	3000.00	1	3000.00
		Total	110676.00

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los costos de cada elemento de esta tabla se obtuvieron de las tiendas comerciales en línea. Anexo G

De la tabla anterior se observa que el costo total del sistema eólico es de s/110676.00, considerando el transporte e instalación en el hotel.

Para evaluar el beneficio de la instalación se debe observar la energía que genera el aerogenerador que es de $E_{prod} = 81.51$ kWh al día, este valor multiplicado por el costo de kWh del recibo de energía eléctrica de s/.0.8, hace un valor de s/. 65.21 al día y al año seria de s/.23801.00, teniendo este valor se puede realizar la evaluación económica en 20 años, para evaluar el retorno que se tendrá de la inversión.

$E_{prod} =$ 81.51 kWh x s/. 0.80 = s/. 65.21 al día, s/.23801.00, al año

Este valor de s/.23801.00 se resta de s/.110676.00 que es la inversión para todo el sistema y así sucesivamente año tras año hasta llegar a cubrir el monto invertido con la generación de energía eléctrica del aerogenerador por año.

La tabla 18, muestra este proceso de evaluación de costos donde la inversión al primer año para el proyecto es de s/.110676.00, para el segundo año se le considera la resta del monto invertido menos la energía producida por el aerogenerador en soles y así sucesivamente cada año, al monto de energía eléctrica producida que es de s/11900.00 se le resta un 20% para el mantenimiento del aerogenerador por año y solo se considera s/19041.00, restando este valor de la inversión realizada para saber en cuanto tiempo se llega a cubrir el monto invertido, se grafica en la figura 49 y se obtiene que la inversión se recupera a partir del sexto año.

Tabla 18

Evaluación de costos

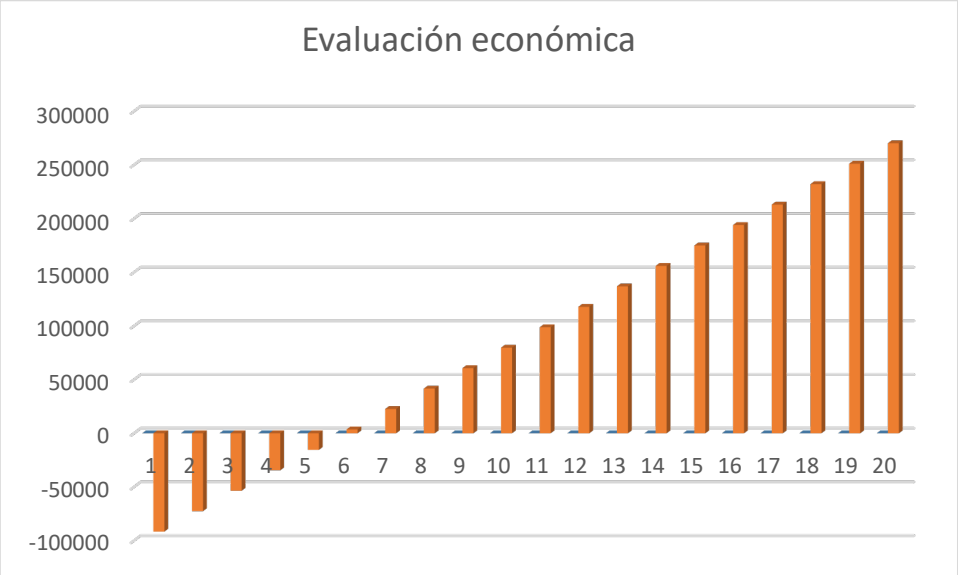
Años	Inversión de proyecto s/.	Energía producida en s/.	Diferencia
1	**110676**	19041	-91635
2	91635	19041	-72594
3	72594	19041	-53553
4	53553	19041	-34512
5	34512	19041	-15471
6	15471	19041	3570
7	-3570	19041	22611
8	-22611	19041	41652
9	-41652	19041	60693
10	-60693	19041	79734
11	-79734	19041	98775
12	-98775	19041	117816
13	-117816	19041	136857
14	-136857	19041	155898
15	-155898	19041	174939
16	-174939	19041	193980
17	-193980	19041	213021
18	-213021	19041	232062
19	-232062	19041	251103
20	-251103	19041	270144

Fuente: Elaboración propia

Nota: la tabla 14 muestra el retorno de la inversión evaluada en 20 años.

Figura 49

Evaluación de retorno de inversión



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La figura muestra la recuperación de la inversión realizada por año, se tiene que se recupera la inversión a partir del sexto año.

Estimación del costo de un kWh producida por el aerogenerador.

4.2.9.1. Estimación del costo de un kWh producido por el aerogenerador

Para estimar el costo de un kWh de energía producida por el aerogenerador, se debe obtener el costo nivelado de energía LCOE (Levelized Cost of Energy) según el IRENA (Agencia Internacional de la Energía Renovable) (*Publications*, 2025) define que:

$$\boxed{LCOE = \frac{Costos\ anuales\ equivalentes\ (soles/año)}{Producció\ de\ energía\ \ anual\ (kWh/\ año)}}$$

Donde, los costos anuales equivalentes incluyen costos de operación y mantenimiento, costos de inversión inicial anualizada, impuestos, etc.

$$Costos\ anuales\ equivalentes = costo\ de\ inversión\ anual + mantenimiento$$

$$Costo\ de\ inversión\ anual = inversión\ inicial * factor\ de\ capitalización$$

El factor de capitalización (CRF) se halla con:

$$\mathrm{CRF} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

donde i = tasa de descuento anual, n = vida útil (años).

La tasa de descuento anual si se obtiene un préstamo es de 6% y la vida útil es de 20 años.

CRF=0.08

Entonces:

$$Costo\ de\ inversión\ anual = 110676.00 * 0.08 = s/.8854.08$$

$$\boxed{Costos\ anuales\ equivalentes = \ 8854.08 + 2213.5 = s/.11067.6}$$

La producción de energía anual = potencia nominal (kW) * Factor de capacidad * 8760 horas del año.

$$Factor\ de\ capacidad = \frac{Energia\ real\ producida\ en\ un\ año\ (kWh)}{Energia\ máxima\ posible\ en\ un\ año\ (kWh)}$$

La energía producida en un año por el aerogenerador es de:

81.51kW * 365dias = 29751.15 kWh

La energía máxima posible al año = potencia nominal * horas del año.

= 10.2 kW * 8760 horas =89352kWh

Entonces:

$$Factor\ de\ capacidad = 0.33$$

La producción de energía anual =10.2 kW *0.33*8760 horas = 29486.16 kWh/año

Reemplazando en LCOE (costo nivelado de energía)

$$\boxed{LCOE = \frac{s/.11067.60/año}{29486.16\ kWh/año} = 0.38}$$

Se encuentra que el kWh producido por el aerogenerador tiene un costo de s/0.38 lo que es costo menor al costo del kWh que se paga actualmente en el hotel que es de s/0.80.

4.2.10. Bonos de carbono

El bono de carbono equivale a una tonelada de dióxido de carbono (CO2) que una actividad evita que sea emitida a la atmósfera o que la captura desde ella. Son considerados como una solución adecuada para reducir las causas del cambio climático (Bonos de carbono en nuestro país, 2023).

En la figura 44, se evalúa la reducción de CO2 con el uso del ENAIR APP, se obtiene el ahorro de CO2 en toneladas que se evita tirar a la atmosfera que es de 8.17 toneladas al año, la producción de energía eléctrica con el aerogenerador ENAIR 20L es realizar la siembra de 1256 árboles que equivale a la no emisión de 204.25 toneladas de CO2 durante los 25 años que tiene de vida útil. Además, nos muestra un ahorro económico de 8170.47 euros al año, con esta evaluación.

El hotel Life con esta instalación del aerogenerador ENAIR 2OL, accedería al mercado de bonos de carbono, donde puede poner en venta dicha reducción de gases de efecto invernadero a países desarrollados que necesiten reducir la emisión de CO2, además podría acceder al cofinanciamiento de este proyecto.

Figura 50

Evaluación de la huella de carbono según el aplicativo ENAIR

Nota: En la figura se muestra la evaluación de ahorro de CO_2, arboles sembrados por hectárea, el ahorro económico todo en el año, si se instala el aerogenerador ENAIR 20L en la ubicación seleccionada.

4.3.Pruebas de hipótesis

Para probar la hipótesis General:

Según lo planteado en la hipótesis general: “El dimensionamiento adecuado de un aerogenerador, basado en la demanda energética y el potencial eólico cubre satisfactoriamente el consumo eléctrico del hotel Life Valle Sagrado”

Al determinar el potencial eólico, mediante la evaluación de la velocidad del viento, la dirección del viento y la demanda energética en el hotel Life Valle Sagrado se puede dimensionar el aerogenerador ENAIR 20L que es adecuado para el suministro de energía eléctrica al hotel.

Para probar la hipótesis específica 1:

- La velocidad del viento en el hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba es suficiente para obtener el potencial eólico.

Al obtener el potencial eólico con las medidas de la velocidad del viento en el hotel Life Valle Sagrado, utilizando el tratamiento estadístico de la distribución de Weibull, por su factor de forma k y su factor de escala c, se obtiene una velocidad de 6.23m/s, y con los datos medidos con el equipo PCE-FWS 20N, se corrobora que las medidas de las velocidades de viento en la zona son altas en las horas de la tarde. Se utiliza esta velocidad de viento de 6.23 m/s para determinar la potencia eólica necesaria. Se tiene también la dirección del viento que es de norte a sur en la zona del centro poblado de Yanahuara, distrito de Urubamba.

Para probar la hipótesis específica 2:

- El tipo de aerogenerador seleccionado se adecua satisfactoriamente a las condiciones del viento y la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado.

Se logró seleccionar el aerogenerador ENAIR 20L cumple con cubrir satisfactoriamente la demanda de energía eléctrica del hotel, que es de 10.20kW (consumo

pico al día), utilizando las características necesarias como la velocidad del viento, y esto se comprueba con el modelado en el programa ETAP donde se observa que el aerogenerador puede entregar la potencia eléctrica necesaria para suministrar energía eléctrica al hotel, además de ser estéticamente acorde al hotel y más eficiente por ser de ultima tecnología.

Para probar la hipótesis específica 3:

- El costo beneficio del proyecto, de la instalación de un aerogenerador en el hotel Life Valle Sagrado genera beneficios económicos con un retorno de inversión viable.

Se determina los costos operativos para la instalación del aerogenerador ENAIR 20L, para el Hotel LIFE Valle Sagrado, el cual asciende al monto de s/110,676.00, estos costos incluyen la mano de obra, el traslado de los equipos, etc. Inversión que se recuperaría a partir del sexto año de instalación, según la evaluación de costos a lo largo de 20 años, generando beneficios económicos al hotel, probando que el proyecto es viable a mediano plazo.

4.4. Presentación de resultados

Se encontró que la velocidad del viento en la ubicación del hotel Life Valle Sagrado con los datos que se obtuvo del programa NASA POWER estos se midieron por geolocalización y su valor es de 6.23 m/s hallado estadísticamente mediante el uso de la distribución de Weibull que es un tratamiento confiable. Los datos medidos con el equipo de medición nos sirven para corroborar las medidas de la velocidad del viento.

Al observar y comparar las medidas obtenidas de las dos formas se tiene que la velocidad del viento presenta medidas más altas a partir de las 12 horas del día, hasta las 18 horas y sigue esta tendencia cada día, entonces existe más potencia eólica a esas horas del día que puede ser aprovechado de gran manera por el aerogenerador.

Se seleccionó el aerogenerador ENAIR 20L, por las características que presenta y su eficiencia, éste cubre la demanda energética del hotel Life. En la siguiente tabla 19, se muestra los resultados de velocidad de viento, potencias producidas por el aerogenerador, la eficiencia global que se puede hallar con las potencias generadas por el sistema eólico y la energía producida por el aerogenerador ENAIR 20L en 24 horas de trabajo.

Tabla 19

Resultados obtenidos para la instalación del aerogenerador ENAIR 20L

Velocidad del viento	6.23 m/s
Demanda energética máxima del hotel por día	10.2 kW
Potencia eólica con el aerogenerador ENAIR 20L	7.84 kW
Potencia mecánica con el aerogenerador ENAIR 20L	3.76 kW
Potencia eléctrica con el aerogenerador ENAIR 20L	3.57 kW
Eficiencia global o coeficiente eólico eléctrico	0.46
Energía producida por el aerogenerador (24 horas)	81.51 kWh
Costo de 1kWh producido por el aerogenerador	s/.0.38

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el presupuesto de los costos del aerogenerador ENAIR 20L con todos los dispositivos necesarios para su instalación se encuentra que tiene un costo de 110,676.00 soles, inversión que se recuperaría a partir del sexto año de ser instalado, con esta evaluación de costos se puede afirmar que el proyecto es viable a mediano plazo.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se dimensionó el aerogenerador con la evaluación de la velocidad del viento medida en el hotel Life y de su demanda de energía eléctrica que fue de 10.2kW de consumo máximo al día, se encontró que el aerogenerador ENAIR 20L es el más adecuado para suministrar energía eléctrica.
- Se evaluó los datos de la velocidad del viento mediante medición directa y por datos obtenidos del programa NASA POWER, se encontró que la zona donde se ubica el hotel Life Valle Sagrado presenta velocidades de viento de valores altos en horas de la tarde, analizándose los datos con la distribución de Weibull se encontró una velocidad del viento promedio de 6.23 m/s, que es mayor a 5m/s, también se obtuvo la dirección del viento en la zona que es de norte a sur, datos que son relevantes y con los que se determina el potencial eólico, información importante para el distrito de Urubamba.
- Se estimó que el aerogenerador ENAIR 20L es el más adecuado porque cubre la demanda de energía eléctrica del hotel, tiene una velocidad de arranque de 1.8 m/s, que es menor a otros, es de tamaño regular y puede ser instalado en el techo del hotel Life Valle Sagrado sin afectar demás áreas de esparcimiento, presenta buena eficiencia, es de última tecnología, no produce mucho ruido, tiene la capacidad de generar energía en condiciones adversas de clima. Su energía se puede almacenar para su uso posterior. A partir de las potencia eléctrica y potencia eólica producida por el aerogenerador se pudo encontrar una eficiencia global de 0.46, para el sistema eólico.
- Se analizó el costo beneficio del proyecto que consideró costos operativos y retorno de inversión y se encontró que se puede recuperar la inversión a partir del sexto año, hace que el proyecto sea viable a mediano plazo. Para el sector

hotelero esta opción de instalación es atractiva a los turistas ya que actualmente se busca contribuir a reducir el impacto ambiental, además el hotel puede acceder al mercado de los bonos de carbono.

- Se obtuvo el costo de 1kWh producido por el aerogenerador ENAIR 20L que es de s/. 0.38 (costo nivelado de energía) evaluado en 20 años de vida útil, lo que es menor al costo de la red del sistema interconectado que es de s/0.80 para el hotel.
- Esta investigación contribuye en el cumplimiento de los objetivos 7 y 13 de las ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible).

RECOMENDACIONES

- Utilizar sistemas híbridos que combine energía eólica y solar fotovoltaica, ya que así se puede cubrir la demanda energética de las empresas, con más eficiencia, además que los costos en paneles solares son más reducidos.
- Promover el uso de la energía eólica con el uso de aerogeneradores de diferentes tipos para uso doméstico e industrial.
- Evaluar el recurso eólico en diferentes provincias de la región Cusco, para tener mayor información del potencial eólico y para contribuir a nuevas investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. (2012). *Cuaderno de aplicaciones técnicas* n.o 12 Plantas eólicas. Asea Brown Bobery.

Aerogeneradores. (2025). *Actitud ecológica*. https://actitudecologica.com/energias-renovables/eolica/aerogeneradores/

Aerogeneradores. (2023). *Baterías para aerogeneradores*. https://aerogeneradores.com/baterias-para-aerogeneradores-eolicos/

Aeronogenerador E20L - La última tecnología. (2025). https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e200l

Álvarez, C. (2006). *Energía Eólica.* Manual de Energías Renovables

Aguilera Ávila, L., Ramírez Cruz, A. K., & Medina Labrada, J. R. (2024). Implementación de la sostenibilidad en destinos turísticos con enfoque inteligente: Práctica necesaria para destinos cubanos. *Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*, *6*(51), 89-105. https://doi.org/10.51896/rilcods.v6i51.400

Ángeles-Camacho, C., & Bañuelos-Ruedas, F. (2011). Incorporación de un modelo de generador eólico al análisis de flujos dinámicos de potencia. *Ingeniería, investigación y tecnología*, *12*(3), 311-320. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432011000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Atlas Eólico Del Perú. (2016). Biblioteca OLADE. Retrieved July 01, 2024, from https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf

Ayllón, T. (2003). *Elementos de meteorología y climatología* (2da ed.). Trillas.

Bonos de carbono en nuestro país. (2023). Ministerio del Ambiente. https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/690641-esto-debes-saber-sobre-los-bonos-de-carbono-en-nuestro-pais

Becerra, S., & González, G. (14 de octubre de 2003). *Estimación de la Incertidumbre en la determinación de la densidad del aire*. Obtenido de https://www.cenam.mx/myd/DENSIDAD DEL AIRE abril-20031.pdf

Cáceres, R. H., (2017). *Meteorología aplicada a la seguridad de las operaciones aéreas*. Primera edición. Colección Ciencia y Poder Aéreo No. 12. Bogotá, Colombia (Suraméri-ca): Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana.

Castro Cepeda, L. del R., Noguera Cundar, A., & Moreno Barriga, M. (2019). *Dimensionamiento y evaluación energética de un aerogenerador para instalar en una vivienda familiar*. Ciencia Digital, 3(4.2), 116-128. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.2.1013

Clima y tiempo en Urubamba. (2025). https://www.boletomachupicchu.com/clima-tiempo-urubamba/

Cucó Pardillos, S. (2017). *Manual de energía eólica*: Desarrollo de proyectos e instalaciones. Universidad Politécnica de València.

Das, A., Chimonyo, K., Kumar, R., Gourishankar, S., & Rani, C. (2017). A Review on Vertical and Horizontal Axis Wind Turbine. International Research Journal of Engineering and Technology. https://doi.org/10.1109/ICECDS.2017.8389937

Decreto legislativo n. ° 1002. (2024). https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/733891-1002

Durán Martínez, D. M. (2019). *Diseño y Construcción de la Góndola, Tren de Potencia y Torre de un Aerogenerador de 30 kW*. https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/1646

Edenhofer O., Pichs R., Sokona Y. (2011). Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

Escola Port. (2025). Meteorología. *Escola Port - Aula Náutica*. https://aulanautica.org/unit/2-meteorologia-py/

Estación meteorológica PCE-FWS 20N| PCE Instruments. (s. f.). Recuperado 10 de octubre de 2024, de https://www.pce-instruments.com/peru/instrumento-medida/medidor/estacion-meteorologica-pce-instruments-estaci_n-meteorol_gica-pce-fws-20n-para-casa-det_6229316.htm

ETAP| Desde el Modelado hasta la Operación | Energizando su Éxito | ETAP. (s. f.). Default. https://etap.com/es/company/why-etap

Factor de seguridad i safetyculture. (2022, mayo 9). SafetyCulture. https://safetyculture.com/es/temas/factor-de-seguridad/

Fuentes, A., & Jaramillo, O. A. (2007). *Generación eoloeléctrica con almacenamiento de hidrogeno*. https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000620074

García, M. I. (2023). *Evaluación de la potencia eólica en las provincias de Cusco, Calca, Canchis 2017 – 2021*. https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8119

Google maps. (2025). https://maps.app.goo.gl/PTCSWDuies2tiLhz6

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la Investigación. (6ª ed.). México: McGraw-Hill Education.

Juana, J. M. de. (2003). *Energías renovables para el desarrollo*. Paraninfo.

Jarabo Friedrich, F. (1988). *El Libro de las energías renovables ([1a. ed.].). S.A.P.T.*

Ley de energías renovables (Ley N° 28832) en Perú. (2024, junio). Dragon solar. https://es.linkedin.com/pulse/ley-de-energ%C3%ADas-renovables-n-28832-en-per%C3%BA-dragonsolarperu-pcsoe

LEE, J., & ZHAO, F. (2022). *GWEC: Global wind report 2022* (Primera). Global Wind Energy Council.

Mantilla-Cabrera, C. E., Barba-Vera, R. G., Morales-León, V. B., & Inca-Falconí, A. F. (2023). Estudio del comportamiento del viento en zonas Alto Andinas, Chimborazo—Ecuador. *Revista de la Universidad del Zulia*, *15*(42), 261-280. https://doi.org/10.46925//rdluz.42.15

Martínez, J., Villalobos, M. del C., Sánchez, G., Contreras, I. V., Gallardo, K. G., Perez, R. E., Fuentes, A. L., & Martínez, G. (2023). Estudio de sustentabilidad energética del sector hotelero de la ciudad de Guanajuato. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, *21*. https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3996

Méndez, J. M., & Rodríguez, L. M. (2012). *Energía Eólica* (1.ª ed.). FUNDACIÓN CONFEMETAL.

Milla, L. L. (2007). Energía Eólica: *Alternativa Energética Viable*. En ELECTRÓNICA –UNMSM.

Ministerio de comercio exterior y turismo—Web accesible. (s. f.). Recuperado 3 de octubre de 2024, de https://www.mincetur.gob.pe/accesible/

Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). https://www.gob.pe/institucion/minem/buscador?contenido=publicaciones&institucion=minem&sheet=1&sort_by=recent&term=baterias%20aerogenerador

Moebs, W., Ling, S. J., & Sanny, J. (2021, septiembre 28). *Cap. 1Introducción—Física universitaria volumen 1 | OpenStax*. https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/1-introduccion

Munguía, I. (2009). *¿Cuánta potencia desarrolla un aerogenerador?* Xataka Ciencia. https://www.xatakaciencia.com/energia/cuanta-potencia-desarrolla-un-aerogenerador-y-ii

Mur Amada, J. (2001). *Curso de energía eólica.* Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza.

NASA Power | dav. (2025). https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

Norma EM 090. (2012). EL PERUANO. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/04_EM/017-2012-EM-090.pdf

OSINERGMIN. (2019). Energías Renovables: Experiencia y Perspectivas en la Ruta del Perú Hacia la Transición Energética. En Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

Pérez Montes, D., De Ávila Solano, A., & Jiménez Cardozo, J. (2022). Análisis del potencial eólico a través de la función de distribución de Weibull y Rosa de los vientos. *LADEE*, *3*(1). https://doi.org/10.17981/ladee.03.01.2022.4

Pérez, J., Arriola, J., & Espinal, M. (2017, agosto 14). *Potencia Aprovechable y Variabilidad del viento.* Revista TECNIA vol. 27 n° 2. 2017, https://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/176/49

Ramos, J. (2019). *Dimensionamiento y selección de un sistema eólico para la generación de energía eléctrica en un sistema de bombeo de agua para el*

centro poblado La Ranchería Bodegones—Lambayeque. http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4785

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (España). (2024).

Romero, A. S. (2023). Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico – fotovoltaico de baja potencia para el suministro eléctrico en fundos agrícolas. http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/6302

Touré, S. (2005). Investigations on the Eigen-coordinates method for the 2-parameter weibull distribution of wind speed. *Renewable Energy*, *30*(4), 511-521. https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.07.007

UNE-EN 61400-2:2015 Aerogeneradores. Parte 2: Aerogeneradores... (2025). https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054627

Villarrubia López, M. (2012). *Ingeniería de la energía eólica*. Marcombo Ediciones Técnicas.

Warthon, A. J. (2017). *Energía limpia y cero emisión* (Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco). Mayo, 2017.

Wilson, J. D., & Buffa, A. J. (2003). Física (5a ed.). Pearson Educación.

Yaranga, Mario (2020). Potencial energético del Perú. MOCICC. https://mocicc.org/noticias/potencial-energetico-del-peru/

Young, H. D., Freedman, R. A., & Lewis Ford, A. (2013). Física universitaria (13a ed.). Pearson.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	TECNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
Dimensionamiento de un Aerogenerador para suministrar energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba - Cusco 2024	**Problema General:** ¿Cómo dimensionar un aerogenerador para suministrar energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba-Cusco 2024?	**Hipótesis General:** Es posible realizar el dimensionamiento de un aerogenerador para suministrar energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba- Cusco 2024	**Objetivo General:** Dimensionar un aerogenerador para suministrar energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado del distrito de Urubamba- Cusco 2024.	**Variable Dependiente**: Suministro de energía eléctrica al hotel Life Valle Sagrado. Potencia eléctrica producida por el aerogenerador.	- Cálculos a partir de ecuaciones y de la ficha técnica del aerogenerador. - Software de simulación. - Hojas de cálculo.	El tipo de investigación es aplicativo, porque se centra en la aplicación práctica de los conocimientos científicos para resolver problemas específicos, analizarlos y validarlos para tomar decisiones informadas. Es descriptivo, porque se encarga de describir las características de un fenómeno o situación sin buscar causas o efectos.
	Problemas Específicos: • ¿Como evaluar el potencial eólico en el hotel Life Valle Sagrado de la Región Cusco?	**Hipótesis Específicas** • Es posible evaluar el potencial eólico en el hotel Life	**Objetivo Específicos:** • Evaluar el potencial eólico en el hotel Life Valle Sagrado de la Región Cusco.	**Variable Independiente**: Dimensionamiento del aerogenerador: velocidad del viento y densidad del aire	- Revisión de documentos. - Cálculo a partir de ecuaciones. - Fichas técnicas. - Datos de velocidad del viento.	

	• ¿Cómo estimar el tipo de aerogenerador que se adecue a las condiciones del viento y la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado? • ¿Cuál es el resultado de analizar de costo beneficio del proyecto que considere costos operativos y retorno de inversión a mediano y largo plazo?	Valle Sagrado de la Región Cusco. • Existe un tipo de aerogenerador que se adecua a las condiciones del viento y la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado. • Al analizar el costo beneficio del proyecto, se demuestra que la instalación de un aerogenerador genera beneficios económicos con un retorno de inversión viable a mediano y largo plazo.	• Estimar el tipo de aerogenerador que se adecue a las condiciones del viento y la demanda energética del hotel Life Valle Sagrado. • Analizar el costo beneficio del proyecto que considere costos operativos y retorno de inversión a mediano y largo plazo.		- Hojas de cálculo.	En la tesis, se describen las condiciones del potencial eólico, las características del hotel y el dimensionamiento del aerogenerador. Es cuantitativo porque se recolecta datos de la medición de la velocidad del viento para analizarlos estadísticamente.

Anexo A

Instrumentos de recolección de información

Estación meteorológica PCE-FWS 20N

PCE-FWS 20N

Esta estación meteorológica inalámbrica es un equipo multifuncional que cubrirá sus expectativas. Tanto en el ámbito privado y el profesional, esta estación meteorológica inalámbrica le fascinará. Esta estación meteorológica le permite detectar de forma precisa la dirección del viento, la velocidad del viento, la temperatura, la humedad relativa y la pluviosidad. Esta es sólo una pequeña selección de las prestaciones que ofrece esta estación meteorológica. Además tiene la posibilidad de activar diferentes funciones de alarma en la estación meteorológica (velocidad del aire, presión atmosférica, etc.). Con la ayuda de esta estación meteorológica podrá decidir entre otras cosas, que clase de ropa sería apropiada ponerse, o si debe regar el jardín o no, y mucho más. Los valores meteorológicos se envían por radio a la base a una distancia máxima de 100 metros.

Esta estación meteorológica está equipada con la última tecnología en el análisis meteorológico. El transmisor es alimentado por un módulo solar y pilas recargables. La pantalla táctil le permite recuperar de forma muy sencilla los valores de la estación meteorológica. El puerto USB, que incluye el cable USB, le permite transmitir los datos de la estación meteorológica a su PC o portátil. Estos datos van acompañados de fecha y hora para poder analizarlos en período de tiempo más largo. Aquí puede memorizar los valores meteorológicos de forma ilimitada. El software de análisis que se incluye en el envío, le permite analizar y comparar la fluctuación meteorológica mediante gráficos y diagramas a través de un tiempo prolongado. Incluimos en el envío todo lo que necesita para puesta en marcha de la estación meteorológica.

- Software para el análisis de los datos registrados
- Pantalla táctil retroiluminada de 7 pulgadas
- Función de previsión del tiempo
- Ajuste automático de la franja horaria gracias a DCF
- Alarmas ajustables cuando se excede el valor de medición
- Dirección y velocidad del viento
- Indicación de temperatura y humedad
- Alimentación del módulo exterior mediante un panel solar

Velocidad del viento		
Rango	**Resolución**	**Precisión**
0 ... 50 m/s	0,1	±1 m/s a <5 m/s
0 ... 100 mph		±10 % a >5 m/s

Transmisión por radio: hasta un máx. 100 m, 300 feet
Frecuencia: 868 MHz (Europa)
Intervalo de medición: 48 segundos
Tipo de protección: IP X3

Otras especificaciones	
Pantalla	Táctil de 7 pulgadas retroiluminada
Establecer la hora	Manual y automática (DCF 77)
Alimentación de la pantalla	3 x pilas de 1,5 V, tipo AA
Alimentación del módulo exterior	2 x pilas de 1,5 V, tipo AA
Dimensiones de la pantalla	230 x 150 mm
Dimensiones del módulo exterior	400 x 117 mm
Peso de la pantalla	Aprox. 551 g
Peso del módulo exterior	Aprox. 545 g

ANEXO B

Tabla de Datos de la velocidad del viento (m/s) medidos con la estación meteorológica PCE-FWS 20N

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
38	26/09/2024 00:09:02	10	21.1	46	--.-	762.4	543.8	0.1	0	---
39	26/09/2024 00:19:02	10	21	46	--.-	762.5	544	0	0	---
40	26/09/2024 00:29:02	10	21	46	--.-	762.2	543.7	0	0	---
41	26/09/2024 00:39:02	10	21	46	--.-	762.2	543.6	0.1	0.1	---
42	26/09/2024 00:49:02	10	20.9	48	--.-	762.2	543.6	0	0	---
43	26/09/2024 00:59:02	10	20.9	47	--.-	762.3	543.8	0.5	1	---
44	26/09/2024 01:09:02	10	20.9	48	--.-	762.3	543.8	0	0	---
45	26/09/2024 01:19:02	10	20.9	48	--.-	762.2	543.7	0	0	---
46	26/09/2024 01:29:02	10	20.9	48	--.-	762.2	543.7	0.1	0	---
47	26/09/2024 01:39:02	10	20.8	49	--.-	762.2	543.6	0.1	0.1	---
48	26/09/2024 01:49:02	10	20.8	49	--.-	762.1	543.5	0	0	---
49	26/09/2024 01:59:02	10	20.7	49	--.-	762	543.5	0.1	0.1	---
50	26/09/2024 02:09:02	10	20.7	49	--.-	762	543.5	0	0	---
51	26/09/2024 02:19:02	10	20.7	49	--.-	761.9	543.3	0	0	---
52	26/09/2024 02:29:02	10	20.7	50	--.-	761.8	543.2	0	0	---
53	26/09/2024 02:39:02	10	20.6	50	--.-	761.9	543.3	0	0	---
54	26/09/2024 02:49:02	10	20.6	50	--.-	761.7	543.2	0.1	0	---
55	26/09/2024 02:59:02	10	20.6	50	--.-	761.8	543.2	0	0	---
56	26/09/2024 03:09:02	10	20.6	50	--.-	761.9	543.3	0.3	0	---
57	26/09/2024 03:19:02	10	20.6	50	--.-	761.6	543	0	0	---
58	26/09/2024 03:29:02	10	20.6	50	--.-	761.7	543.2	0	0	---
59	26/09/2024 03:39:02	10	20.6	50	--.-	761.9	543.3	0	0	---
60	26/09/2024 03:49:02	10	20.6	50	--.-	761.9	543.4	0.1	0	---
61	26/09/2024 03:59:02	10	20.6	50	--.-	761.9	543.4	0	0	---
62	26/09/2024 04:09:02	10	20.6	50	--.-	762	543.5	0	0	---

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
63	26/09/2024 04:19:02	10	20.6	50	13.2	762.2	543.7	0.7	1	WNW
64	26/09/2024 04:29:02	10	20.6	50	13.1	762.3	543.8	0.7	1	SSW
65	26/09/2024 04:39:02	10	20.6	50	13.1	762.4	543.8	0	0.7	N
66	26/09/2024 04:49:02	10	20.6	50	13	762.4	543.8	0	0	N
67	26/09/2024 04:59:02	10	20.6	50	12.7	762.7	544.1	0	0.7	N
68	26/09/2024 05:09:02	10	20.6	50	--.-	762.7	544.1	--.-	--.-	---
69	26/09/2024 05:19:02	10	20.5	50	--.-	762.8	544.2	--.-	--.-	---
70	26/09/2024 05:29:02	10	20.4	50	--.-	762.9	544.4	--.-	--.-	---
71	26/09/2024 05:39:02	10	20.4	50	--.-	762.8	544.3	--.-	--.-	---
72	26/09/2024 05:49:02	10	20.4	50	--.-	763	544.4	--.-	--.-	---
73	26/09/2024 05:59:02	10	20.4	50	--.-	763.1	544.5	--.-	--.-	---
74	26/09/2024 06:09:02	10	20.4	50	--.-	763.1	544.5	--.-	--.-	---
75	26/09/2024 06:19:02	10	20.5	50	--.-	763.1	544.5	--.-	--.-	---
76	26/09/2024 06:29:02	10	20.6	50	--.-	763.1	544.6	--.-	--.-	---
77	26/09/2024 06:39:02	10	20.6	50	--.-	763.1	544.6	--.-	--.-	---
78	26/09/2024 06:49:02	10	20.7	50	--.-	763.2	544.7	--.-	--.-	---
79	26/09/2024 06:59:02	10	20.7	50	--.-	763.4	544.9	--.-	--.-	---
80	26/09/2024 07:09:02	10	20.6	50	--.-	763.4	544.9	--.-	--.-	---
81	26/09/2024 07:19:02	10	20.5	50	14.5	763.5	545	1	1.7	ESE
82	26/09/2024 07:29:02	10	20.4	50	14.9	763.4	544.9	0	0.7	ESE
83	26/09/2024 07:39:02	10	20.4	50	15	763.5	545	0.3	1	ESE
84	26/09/2024 07:49:02	10	20.5	50	--.-	763.5	545	--.-	--.-	---
85	26/09/2024 07:59:02	10	20.6	50	15.9	763.5	545	1.4	2	ESE
86	26/09/2024 08:09:02	10	20.7	50	--.-	763.6	545	--.-	--.-	---

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
86	26/09/2024 08:09:02	10	20.7	50	--.-	763.6	545	--.-	--.-	---
87	26/09/2024 08:19:02	10	21	49	--.-	763.5	545	--.-	--.-	---
88	26/09/2024 08:29:02	10	21.2	49	--.-	763.5	545	--.-	--.-	---
89	26/09/2024 08:39:02	10	21.5	48	--.-	763.5	545	--.-	--.-	---
90	26/09/2024 08:49:02	10	21.7	44	--.-	763.4	544.9	--.-	--.-	---
91	26/09/2024 08:59:02	10	22.2	43	--.-	763.4	544.8	--.-	--.-	---
92	26/09/2024 09:09:02	10	22.7	43	--.-	763.4	544.9	--.-	--.-	---
93	26/09/2024 09:19:02	10	23.1	44	--.-	763.2	544.7	--.-	--.-	---
94	26/09/2024 09:29:02	10	23.8	43	--.-	763.1	544.5	--.-	--.-	---
95	26/09/2024 09:39:02	10	25	39	--.-	763	544.4	--.-	--.-	---
96	26/09/2024 09:49:02	10	24.7	39	18.2	763	544.4	3.1	3.7	WSW
97	26/09/2024 09:59:02	10	24.1	39	18.1	762.9	544.4	1	2.7	W
98	26/09/2024 10:09:02	10	23.7	41	18.4	762.9	544.4	2.4	3.7	WSW
99	26/09/2024 10:19:02	10	23.3	39	18.6	762.8	544.2	2.7	3.7	WSW
100	26/09/2024 10:29:02	10	23	41	18.6	762.8	544.3	2	2.7	W
101	26/09/2024 10:39:02	10	22.7	41	18.3	762.6	544.1	4.1	5.8	WSW
102	26/09/2024 10:49:02	10	22.6	40	18.1	762.7	544.1	5.4	7.1	WSW
103	26/09/2024 10:59:02	10	22.3	39	18.1	762.6	544.1	4.1	5.1	WNW
104	26/09/2024 11:09:02	10	22.1	39	18.3	762.6	544.1	2.4	3.7	W
105	26/09/2024 11:19:02	10	21.9	41	18.1	762.5	543.9	5.1	6.8	W
106	26/09/2024 11:29:02	10	21.8	41	18.1	762.5	544	5.1	7.1	WNW
107	26/09/2024 11:39:02	10	21.9	41	18.2	762.5	544	4.8	6.1	WSW
108	26/09/2024 11:49:02	10	23.3	42	19.1	762	543.5	8.2	12.9	WNW
109	26/09/2024 11:59:02	10	25.1	38	18.8	761.8	543.2	11.6	16.3	WNW
110	26/09/2024 12:09:02	10	25.1	34	18.3	761.9	543.3	12.6	17.3	W
111	26/09/2024 12:19:02	10	24.4	36	18.1	761.7	543.2	9.5	16	W
112	26/09/2024 12:29:02	10	24	37	18.1	762	543.5	7.5	15	W
113	26/09/2024 12:39:02	10	23.8	40	18.4	761.9	543.4	8.5	11.9	NW
114	26/09/2024 12:49:02	10	23.8	39	18.8	761.6	543.1	7.8	10.2	W

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
115	26/09/2024 12:59:02	10	23.7	39	18.8	761.6	543.1	10.5	13.3	W
116	26/09/2024 13:09:02	10	23.5	39	18.9	761.3	542.8	7.1	12.9	WNW
117	26/09/2024 13:19:02	10	23.3	39	18.7	761.4	542.9	9.2	12.2	W
118	26/09/2024 13:29:02	10	23.1	40	18.7	761.3	542.8	8.5	10.9	W
119	26/09/2024 13:39:02	10	23	40	18.5	761.3	542.7	12.2	14.3	WNW
120	26/09/2024 13:49:02	10	23	38	18.6	760.8	542.3	9.2	17	W
121	26/09/2024 13:59:02	10	22.9	39	18.4	760.7	542.2	11.6	13.9	WNW
122	26/09/2024 14:09:02	10	22.9	40	18.7	760.7	542.2	9.5	12.9	WNW
123	26/09/2024 14:19:02	10	23	40	18.8	760.4	541.9	10.5	14.3	WNW
124	26/09/2024 14:29:02	10	23	40	19.2	760.3	541.7	9.9	12.2	NW
125	26/09/2024 14:39:02	10	23.1	40	19	760.4	541.8	12.2	13.9	W
126	26/09/2024 14:49:02	10	23.1	40	18.9	760.3	541.7	11.9	15.3	WNW
127	26/09/2024 14:59:02	10	23.2	38	18.9	760.2	541.7	12.6	17.3	WNW
128	26/09/2024 15:09:02	10	23.2	37	19.3	760.3	541.7	11.6	15	WNW
129	26/09/2024 15:19:02	10	23.2	38	19.2	760.1	541.6	12.2	18	WNW
130	26/09/2024 15:29:02	10	23.4	38	19.1	760.2	541.7	11.2	17.3	WNW
131	26/09/2024 15:39:02	10	23.4	38	18.6	760.1	541.6	13.9	16	W
132	26/09/2024 15:49:02	10	23.4	38	18.5	760.3	541.7	15	19	WNW
133	26/09/2024 15:59:02	10	23.3	39	18.3	760.1	541.5	13.3	17	NW
134	26/09/2024 16:09:02	10	23.1	38	18.2	760.1	541.6	13.6	18	WNW
135	26/09/2024 16:19:02	10	22.9	39	18.1	760.2	541.7	11.9	16	W
136	26/09/2024 16:29:02	10	22.7	38	18.1	760.3	541.7	12.2	17.3	WNW
137	26/09/2024 16:39:02	10	22.6	38	18.3	760.1	541.6	9.9	12.9	WNW
138	26/09/2024 16:49:02	10	22.3	39	17.2	760.4	541.8	11.6	19	W
139	26/09/2024 16:59:02	10	22.2	39	17.1	760.4	541.8	14.3	20.1	W
140	26/09/2024 17:09:02	10	22.1	39	17	760.4	541.8	12.9	16.3	WNW
141	26/09/2024 17:19:02	10	21.9	41	16.3	760.7	542.1	13.6	19.4	WNW
142	26/09/2024 17:29:02	10	21.8	41	17	760.7	542.2	8.8	13.3	WNW
143	26/09/2024 17:39:02	10	21.7	41	16.5	760.8	542.3	11.6	18	WNW

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
144	26/09/2024 17:49:02	10	21.6	41	16.8	761	542.4	12.6	15.3	WNW
145	26/09/2024 17:59:02	10	21.5	42	16.7	761.1	542.6	13.3	16	WNW
146	26/09/2024 18:09:02	10	21.3	42	16.4	761.3	542.7	13.6	19.4	W
147	26/09/2024 18:19:02	10	21.2	42	16.7	761.3	542.8	11.9	16	WNW
148	26/09/2024 18:29:02	10	21.2	42	16.6	761.4	542.9	10.9	14.3	W
149	26/09/2024 18:39:02	10	21.2	43	15.4	761.6	543.1	5.8	7.8	WNW
150	26/09/2024 18:49:02	10	21.2	44	15.5	761.6	543.1	7.8	10.9	W
151	26/09/2024 18:59:02	10	21.2	44	15.7	761.9	543.3	5.8	7.1	WNW
152	26/09/2024 19:09:02	10	21.2	44	15.6	761.9	543.4	9.5	12.2	W
153	26/09/2024 19:19:02	10	21.2	44	16.5	762	543.5	11.6	15	WNW
154	26/09/2024 19:29:02	10	21.2	45	15.6	762.1	543.5	6.8	12.2	WNW
155	26/09/2024 19:39:02	10	21.2	44	15.6	762.4	543.8	9.2	14.3	WNW
156	26/09/2024 19:49:02	10	21.1	44	16.1	762.7	544.1	6.8	8.2	WNW
157	26/09/2024 19:59:02	10	21.1	45	15.5	762.8	544.2	3.1	3.7	WNW
158	26/09/2024 20:09:02	10	21.1	45	15.5	763	544.4	1.7	2	WNW
159	26/09/2024 20:19:02	10	21.1	46	15.5	763.1	544.6	3.1	4.1	WNW
160	26/09/2024 20:29:02	10	21.1	46	15.2	763.2	544.7	1	1.7	NW
161	26/09/2024 20:39:02	10	21.1	46	15.5	763.4	544.8	0	0.7	WNW
162	26/09/2024 20:49:02	10	21.1	46	14.9	763.4	544.8	0	0	NW
163	26/09/2024 20:59:02	10	21.1	46	15.2	763.2	544.7	0.7	1	NW
164	26/09/2024 21:09:02	10	21.1	46	15	763.4	544.9	0	0	W
165	26/09/2024 21:19:02	10	21.1	46	14.6	763.5	545	0	0.7	W
166	26/09/2024 21:29:02	10	21.1	47	14.4	763.4	544.9	0.7	1.7	SW
167	26/09/2024 21:39:02	10	21.1	47	14.1	763.5	545	0.3	0.7	NW
168	26/09/2024 21:49:02	10	21.1	47	14	763.6	545	0.7	0.7	NW
169	26/09/2024 21:59:02	10	21	47	13.9	763.7	545.1	0	0	NW
170	26/09/2024 22:09:02	10	20.9	49	14	763.7	545.2	0	0	NW
171	26/09/2024 22:19:02	10	20.9	49	13.9	764	545.5	0	0	E
172	26/09/2024 22:29:02	10	20.9	49	13.6	763.8	545.3	0	0.7	E

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento	R
173	26/09/2024 22:39:02	10	20.9	49	13.9	763.8	545.3	0	0.7	SE	
174	26/09/2024 22:49:02	10	20.9	50	13.7	764	545.4	1	2	WNW	
175	26/09/2024 22:59:02	10	20.9	50	13.8	763.8	545.3	1.7	2.7	WSW	
176	26/09/2024 23:09:02	10	20.9	50	13.6	763.9	545.3	0.7	1	NW	
177	26/09/2024 23:19:02	10	20.9	50	13.6	763.8	545.3	0	0	NW	
178	26/09/2024 23:29:02	10	20.8	50	13.6	764	545.4	0	0	NW	
179	26/09/2024 23:39:02	10	20.8	50	13.6	763.9	545.3	0	0	NW	
180	26/09/2024 23:49:02	10	20.8	50	13.8	763.7	545.2	0	0	NW	
181	26/09/2024 23:59:02	10	20.7	50	13.6	763.4	544.9	0	0	NW	
182	27/09/2024 00:09:02	10	20.7	50	13.6	763.7	545.1	0.3	0.7	NNW	
183	27/09/2024 00:19:02	10	20.7	50	13.6	763.6	545	0	0	NNW	
184	27/09/2024 00:29:02	10	20.6	50	13.7	763.5	545	0	0	NNW	
185	27/09/2024 00:39:02	10	20.6	50	13.5	763.5	545	0	0	NNW	
186	27/09/2024 00:49:02	10	20.6	50	13.5	763.4	544.9	0.3	0.7	NNW	
187	27/09/2024 00:59:02	10	20.6	50	13.6	763.4	544.9	1	1.7	NNW	
188	27/09/2024 01:09:02	10	20.5	50	13.4	763.4	544.9	0.7	1	S	
189	27/09/2024 01:19:02	10	20.5	51	13.3	763.4	544.8	0	0	WNW	
190	27/09/2024 01:29:02	10	20.5	51	13.3	763.2	544.7	0.3	0.7	WNW	
191	27/09/2024 01:39:02	10	20.5	51	13.4	763.2	544.7	0	0.7	WNW	
192	27/09/2024 01:49:02	10	20.4	51	13.3	763.1	544.6	0.7	1.7	W	
193	27/09/2024 01:59:02	10	20.4	51	13.1	763.1	544.5	0	0	WNW	
194	27/09/2024 02:09:02	10	20.4	51	13.2	763.2	544.7	0.7	1	WNW	
195	27/09/2024 02:19:02	10	20.4	51	13.2	763.1	544.6	0.3	0.7	W	
196	27/09/2024 02:29:02	10	20.4	51	13.2	763.2	544.7	0.7	0.7	W	
197	27/09/2024 02:39:02	10	20.4	51	13.2	763.1	544.6	0	0	W	
198	27/09/2024 02:49:02	10	20.4	51	13.2	763.2	544.7	0	0	W	
199	27/09/2024 02:59:02	10	20.4	51	13.1	763.3	544.7	0	0	W	
200	27/09/2024 03:09:02	10	20.4	51	13	763.1	544.5	0.3	1	W	
201	27/09/2024 03:19:02	10	20.3	52	13.1	763	544.4	0.7	1.7	WNW	

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
202	27/09/2024 03:29:02	10	20.3	52	13	763.2	544.7	0	0.7	WNW
203	27/09/2024 03:39:02	10	20.3	52	12.9	763.1	544.6	0.3	1	WNW
204	27/09/2024 03:49:02	10	20.3	52	12.9	763.4	544.8	0	0	WNW
205	27/09/2024 03:59:02	10	20.3	52	12.9	763.2	544.7	0	1	WNW
206	27/09/2024 04:09:02	10	20.3	52	12.9	763.2	544.7	1	1.7	W
207	27/09/2024 04:19:02	10	20.3	52	12.7	763.1	544.6	2.7	3.7	W
208	27/09/2024 04:29:02	10	20.3	52	12.8	763.3	544.7	0.3	1	W
209	27/09/2024 04:39:02	10	20.4	52	12.6	763.3	544.7	2.7	4.1	W
210	27/09/2024 04:49:02	10	20.4	52	12.7	763.3	544.7	1	1.7	WSW
211	27/09/2024 04:59:02	10	20.3	52	12.5	763.4	544.9	0.7	1.7	WSW
212	27/09/2024 05:09:02	10	20.3	52	12.5	763.6	545	2.4	3.1	WNW
213	27/09/2024 05:19:02	10	20.3	52	12.4	763.6	545	1.4	2	WNW
214	27/09/2024 05:29:02	10	20.3	52	12.7	763.7	545.2	3.1	4.1	W
215	27/09/2024 05:39:02	10	20.3	51	12.7	763.8	545.3	1.4	2	WNW
216	27/09/2024 05:49:02	10	20.3	51	12.4	763.7	545.2	3.4	4.1	WNW
217	27/09/2024 05:59:02	10	20.1	50	12.7	763.8	545.3	5.4	7.8	WNW
218	27/09/2024 06:09:02	10	20	50	12.8	764	545.5	5.8	7.1	W
219	27/09/2024 06:19:02	10	19.8	51	12.3	764.2	545.6	2.4	3.1	WNW
220	27/09/2024 06:29:02	10	19.7	51	12.2	764.3	545.8	3.7	4.1	WNW
221	27/09/2024 06:39:02	10	19.6	51	12.1	764.5	545.9	1.7	3.1	W
222	27/09/2024 06:49:02	10	19.6	52	12.3	764.5	545.9	1	1.7	WNW
223	27/09/2024 06:59:02	10	19.6	52	12.1	764.7	546.2	1.7	2	W
224	27/09/2024 07:09:02	10	19.6	52	12.1	764.7	546.2	1	1	WNW
225	27/09/2024 07:19:02	10	19.7	53	12.2	765	546.5	0.3	0.7	WSW
226	27/09/2024 07:29:02	10	19.8	52	12.5	764.9	546.3	0.3	1	NW
227	27/09/2024 07:39:02	10	19.8	52	12.5	764.9	546.4	2	3.1	W
228	27/09/2024 07:49:02	10	20	51	12.7	765	546.5	0	0	W
229	27/09/2024 07:59:02	10	20	51	13.2	765	546.5	0	0	W
230	27/09/2024 08:09:02	10	20.1	51	13.3	765.3	546.8	0	0	W

No.	Fecha/Hora	Intervalo	Temp Int (°C)	Humedad Interna(%)	Temp Ext(°C)	Presión Rel (mmHg)	Presión Abs (mmHg)	Velocidad del viento(m/s)	Ráfaga(m/s)	Dirección del viento
2594	17/10/2024 15:50:32	10	23	36	--.-	759.3	540.7	--.-	--.-	---
2595	17/10/2024 16:00:32	10	23	36	--.-	759.2	540.6	--.-	--.-	---
2596	17/10/2024 16:10:32	10	22.9	38	--.-	759.4	540.8	--.-	--.-	---
2597	17/10/2024 16:20:32	10	22.9	37	--.-	759.4	540.8	--.-	--.-	---
2598	17/10/2024 16:30:32	10	22.9	37	21.1	759.3	540.7	9.5	15	WNW
2599	17/10/2024 16:40:32	10	22.7	37	--.-	759.4	540.8	--.-	--.-	---
2600	17/10/2024 16:50:32	10	22.7	37	20.8	759.5	540.9	6.8	9.2	WNW
2601	17/10/2024 17:00:32	10	22.6	38	--.-	759.7	541.1	--.-	--.-	---
2602	17/10/2024 17:10:32	10	22.6	38	20.1	759.8	541.2	12.6	18	WNW
2603	17/10/2024 17:20:32	10	23.1	36	19.6	759.2	540.6	9.9	15	NW
2604	17/10/2024 17:30:32	10	23.3	34	19.8	759.4	540.8	0	0	WSW
2605	17/10/2024 17:40:32	10	22.7	33	20.2	760.2	541.6	0	0	WSW
2606	17/10/2024 17:50:32	10	22.6	33	20.6	760.6	542	0	0	WSW
2607	17/10/2024 18:00:32	10	22.5	33	20.9	760.6	542	0	0	WSW
2608	17/10/2024 18:10:32	10	22.3	32	21.1	760.8	542.2	0	0	WSW
2609	17/10/2024 18:20:32	10	22.1	32	21.1	763.8	545.2	0	0	WSW
2610	17/10/2024 18:30:32	10	21.9	34	21.1	754.6	536	0	0	WSW
2611	17/10/2024 18:40:32	10	22	33	21	740.2	521.6	0	0	WSW
2612	17/10/2024 18:50:32	10	22.2	33	21	733	514.4	0	0	WSW
2613	17/10/2024 19:00:32	10	22.2	31	20.9	732.5	513.9	0	0	WSW
2614	17/10/2024 19:10:32	10	22.1	31	20.7	731.9	513.3	0	0	WSW
2615	17/10/2024 19:20:32	10	21.9	31	20.5	727.4	508.7	0	0	WSW
2616	17/10/2024 19:30:32	10	21.8	31	20.4	723.1	504.5	0	0	WSW
2617	17/10/2024 19:40:32	10	21.7	31	20.2	714.2	495.6	0	0	WSW
2618	17/10/2024 19:50:32	10	21	33	19.1	712.1	493.5	0	0	WNW
2619	17/10/2024 20:00:32	10	20.4	37	18.6	712.4	493.7	0	0	WNW
2620	17/10/2024 20:10:32	10	20.1	40	18.3	712.4	493.8	0	0	WNW

Tabla de Velocidades de viento promedio de los días medidos por cada media hora

	26-Set	27	28	29	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17-Oct	Vprom
t1 - t2 (hora)	PROMEDIO de velocidad del viento (m/s)																			
00:00 - 00:29	0.03	0.10	0.67			0.00	1.03	0.00	0.10	2.03	1.93	0.57	0.57	0.67						0.64
00:30 - 00:59	0.20	0.43	0.67			0.00	0.67	0.10	0.10	1.13	1.03	0.90	0.33	0.23						0.48
01:00 - 01:29	0.03	0.33	3.03			0.00	0.67	0.00	0.23	0.00	0.23	0.47	0.43	0.00						0.45
01:30 - 01:59	0.07	0.23	0.10			0.00	0.33	0.10	0.23	0.00	0.67	0.20	0.43	0.23						0.22
02:00 - 02:29	0.00	0.57	0.33			0.10	0.10	0.10	0.00	0.43	0.47	0.10	0.00	0.10						0.19
02:30 - 02:59	0.03	0.00	0.33			0.10	0.20	0.10	0.23	0.33	0.20	0.00	0.33	0.00						0.16
03:00 - 03:29	0.10	0.33	0.77			0.10	0.00	0.00	0.57	0.23	0.43	0.47	0.33	0.00						0.28
03:30 - 03:59	0.03	0.10	0.33			0.10	0.23	0.10	0.10	0.10	0.57	0.57	0.10	0.00						0.19
04:00 - 04:29	0.47	1.33	0.00			0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.33	0.10	0.00						0.20
04:30 - 04:59	0.00	1.47	0.20			0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.16
05:00 - 05:29	0.00	2.30	0.30			0.00	0.00	0.33	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00						0.26
05:30 - 05:59	0.00	3.40	0.10			0.00	0.00	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.32
06:00 - 06:29	0.00	3.97	0.57			0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.10				0.36
06:30 - 06:59	0.00	1.47	0.33			0.00	0.00	0.23	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10	0.20		0.23				0.21
07:00 - 07:29	0.33	0.53	1.23			0.00	0.23	0.30	0.20	0.57	0.20	0.10	0.00	0.90		0.33				0.38
07:30 - 07:59	0.57	0.67	1.80			0.33	0.77	0.33	0.43	0.57	0.00	0.30	0.23	0.43		0.20				0.51
08:00 - 08:29	0.00	0.00	1.80			0.70	0.33	0.57	0.30	0.67	0.77	1.23	0.20	0.33		0.10				0.54
08:30 - 08:59	0.00	0.47	2.40			0.10	0.33	0.80	1.13	0.10	1.23	0.57	1.03	0.33		0.00				0.65
09:00 - 09:29	0.00	0.57	2.17			1.13	0.33	0.47	0.53	1.23	0.57	1.13	1.10	0.90		1.60				0.90

									DATOS MEDIDOS con la estación Meteorológica											
	26-Set	27	28	29	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17-Oct	Vprom
t1 - t2 (hora)	**PROMEDIO de velocidad del viento (m/s)**																			
09:30 - 09:59	1.37	0.57	3.87			0.33	0.10	0.90	1.03	1.93	2.70	2.57	1.37	1.47		2.50				1.59
10:00 - 10:29	2.37	0.67	5.10			1.93	0.43	1.03	1.23	0.67	8.27	3.17	2.27	1.70		0.00			4.40	2.37
10:30 - 10:59	4.53	0.80	7.03			1.47	0.47	0.90	2.07	1.33	6.23	4.10	3.30	0.67		3.97			4.80	2.98
11:00 - 11:29	4.20	0.90	7.60	4.20		1.37	0.90	2.60	1.93	0.80	6.70	4.07	3.07	1.80		5.47				3.26
11:30 - 11:59	8.20	2.63	6.13	4.20		1.37	1.27	2.50	2.83	4.30	8.60	4.53	5.00	0.90		2.83				3.95
12:00 - 12:29	9.87	4.67	7.93	6.90		1.83	1.10	2.70	7.03	4.43	7.60	5.77	4.77	0.67		4.53	7.50			5.15
12:30 - 12:59	8.93	6.23	9.07	5.40		6.53	1.90	4.43	5.10	6.23	7.37	8.63	3.73	1.37	5.90	4.77	7.50			5.82
13:00 - 13:29	8.27	7.93	12.57	6.93	1.70	9.17	5.57	5.07	4.83	4.97	7.17	5.57	4.87	1.37	3.17	0.00		8.07		5.72
13:30 - 13:59	11.00	7.37	14.93	8.50	1.93	9.83	5.20	4.63	7.93	5.00	5.70	8.40	5.57	0.00	0.00	3.50				6.22
14:00 - 14:29	9.97	7.70	13.37	12.03	0.53	6.93	3.60	6.23	7.60	6.70	7.23	8.03	3.63	0.00	4.63	4.33				6.41
14:30 - 14:59	12.23	6.67	15.63	10.63	1.37	9.20	4.67	7.13	7.97	2.83	5.10	9.07	2.93	0.00	6.80	4.30	6.50			6.65
15:00 - 15:29	11.67	9.50	13.70	11.10	1.23	7.03	4.33	4.30	11.10	4.77	7.70	6.57	5.77	0.00	6.15	7.90				7.05
15:30 - 15:59	14.07	9.87	13.57		3.97	11.33	5.33	7.03	10.20	9.53	8.07	8.07	1.23	0.00	6.70	8.97				7.86
16:00 - 16:29	12.57	9.27	15.00		5.77	8.83	8.40	8.50	8.83	6.57	8.50	7.80	1.37	0.00	3.73	7.90		11.37		7.78
16:30 - 16:59	11.93	10.20	12.43		6.23	12.47	9.17	7.27	5.57	5.10	13.90	11.10	1.33	0.00	5.00	9.63		11.40	8.30	8.30
17:00 - 17:29	11.77	12.83	12.37		9.50	11.43	4.80	6.47	12.37	4.53	10.77	5.53	1.37	0.00	8.17	7.80		9.20	10.30	8.19
17:30 - 17:59	12.50	12.57	10.63		8.87	12.57	3.50	7.47	7.60	5.67	14.30	11.10	3.60	0.00	12.60	9.50			7.13	8.72
18:00 - 18:29	12.13	11.00	10.05		11.90	11.10	1.37	7.70	10.77	5.37	15.07	13.13	3.57	0.00	11.00	8.20				8.82
18:30 - 18:59	6.47	12.47	10.00		9.67	12.90	2.03	6.77	10.87	5.53	15.87	14.97	3.54	0.00	11.80	4.40				8.49
19:00 - 19:29	9.30	11.23	7.17		5.77	10.07	3.73	5.10	12.13	10.77	14.50	13.37	3.52	0.00	10.53					8.37
19:30 - 19:59	6.37	11.20	2.73		2.93	9.17	2.87	8.30	11.87	6.37	13.37	13.03	3.50	0.00	11.10					7.34
20:00 - 20:29	1.93	9.20	0.00		2.03	7.37	4.40	8.50	12.47	9.97	11.13	13.73	3.48	0.00	13.27	0.00				6.50
20:30 - 20:59	0.23	5.20	0.47		0.10	6.33	4.77	7.60	11.90	9.97	10.63	12.70	3.47	0.00	9.30					5.90
21:00 - 21:29	0.23	4.33	0.00		0.20	6.00	2.27	5.77	11.57	11.13	8.17	12.13	3.46	0.00	7.93					5.23
21:30 - 21:59	0.33	4.30	0.00		0.10	4.53	0.53	1.27	7.97	6.33	9.87	11.43	3.46	0.00	7.17					4.09
22:00 - 22:29	0.00	3.03	0.10		0.00	1.37	0.33	0.33	9.73	3.17	7.83	4.73	3.46	0.00	2.37	0.23				2.45
22:30 - 22:59	0.90	2.27	0.00		0.33	1.37	0.10	0.70	5.13	3.83	3.30	3.77	3.45	0.00	5.10	0.00				2.02
23:00 - 23:29	0.23	0.47	0.00		0.00	0.30	0.20	0.30	1.47	2.40	0.10	4.30	3.45	0.00	2.60	0.00				1.05
23:30 - 23:59	0.00	0.80	0.00		0.23	0.43	0.10	0.23	1.93	0.70	0.00	2.13	3.45	0.00	2.50	0.00				0.83

Anexo C

Datos descargados del Programa NASA POWER desde mes noviembre (11) del 2023 hasta octubre (10) del 2024

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Noviembre 2023																													
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1.31	2.37	0.74	3.82	1.78	2.8	2.94	2.69	2.34	1.32	1.57	1.3	1.86	1	2.1	0.55	0.66	1.08	3.37	2	1.76	1.63	1.7	1.51	1.5	2.2	0.39	1.4	0.25	3.02
1	1.14	1.28	0.76	3.74	0.76	2.7	2.9	2.47	1.99	1.28	1.04	1.1	1.16	1.2	2.02	0.93	1.68	1.18	3.44	1.9	1.6	1.82	1.41	1.42	1.52	1.9	1.34	1.6	0.82	2.74
2	0.99	0.3	0.9	3.68	0.47	2.5	2.77	2.12	1.71	1.35	0.67	1.4	0.65	1.41	1.69	1.4	2.47	1.15	3.4	2.2	1.5	1.81	1.09	1.13	1.65	1.35	1.99	2	1.67	2.3
3	0.9	0.26	0.96	4.03	0.22	2.3	2.78	1.72	1.54	1.35	0.56	1.7	1.26	1.49	1.44	1.76	2.32	0.81	3.18	1.9	1.56	1.78	0.8	1.05	1.53	1.24	2.27	1.9	2.41	1.67
4	0.88	0.27	1.2	4.62	1.25	2.2	2.77	1.67	1.86	1.33	0.77	1.9	1.68	1.57	1.44	2.25	1.91	0.42	2.83	1.8	1.52	1.47	0.73	1.09	1.23	1.16	2.4	1.7	2.64	1.26
5	0.76	0.18	1.57	4.23	1.3	2	2.83	1.73	2.52	1.2	1.02	1.9	1.53	1.59	1.32	2.51	1.98	0.41	2.57	1.1	1.35	1.21	0.91	0.83	1.14	1.1	2.47	1.6	2.28	0.95
6	0.95	0.09	1.84	5.21	0.94	2.1	3.56	1.93	3.1	1.31	0.84	1.5	1.48	2.21	1.36	2.41	2.42	0.44	2.39	0.7	1.75	1.32	1.17	0.9	1.21	1.39	2.7	1.7	1.64	1.31
7	1.28	0.82	1.5	6.38	2.53	2.6	4.13	2.66	3.56	2.42	0.93	1.1	1.74	3.35	2.02	1.92	2.48	0.55	1.94	0.7	2.55	1.17	1.87	1.96	1.53	1.76	2.82	1.4	1.36	2.47
8	1.69	1.64	0.23	6.77	3.79	3.6	4.28	3.71	4.22	3.58	2.06	2	2.56	4.62	2.82	0.43	1.71	0.48	1.53	1.2	2.74	0.9	2.66	2.74	1.63	2.2	2.78	0.2	1.39	3.45
9	2.29	2.47	1.89	7.19	4.39	4.5	4.7	4.81	5.7	4.65	3.16	3.6	3.72	5.09	3.33	1.43	0.14	0.32	2.23	2	2.8	1.89	3.4	2.91	1.29	3.07	2.66	1.2	1.35	4.52
10	3.09	3.29	3.24	7.55	5.21	5.3	5.43	5.85	7.24	5.63	4.35	4.9	4.95	5.56	3.8	3	1.49	1.69	3.41	3.3	3.07	3.01	3.76	3.1	1.79	3.84	2.23	2	1.54	5.44
11	4.12	4.09	4.26	7.85	6.13	6	6.21	6.8	8.03	6.37	5.42	6	6.08	5.75	3.99	4.39	2.23	3.33	4.37	4.8	3.62	3.87	3.68	3.52	2.22	4.81	1.4	2.8	2.48	6.01
12	5.28	4.91	4.99	7.99	6.84	6.5	6.62	7.37	8.04	6.9	6.16	6.9	7.07	5.86	3.76	5.57	2.83	4.56	4.99	5.6	4.25	4.69	3.52	3.98	2.63	5.73	0.58	3.6	3.74	6.35
13	6.24	5.64	5.37	7.82	7.16	6.9	6.76	7.49	7.95	7.21	6.66	7.7	7.63	5.9	3.53	6.24	3.3	5.56	5.38	5.9	4.7	5.28	3.58	4.34	3.17	6.32	0.64	4.2	4.36	6.52
14	7.06	5.99	5.41	7.49	7.13	6.9	6.77	7.29	7.64	7.27	6.85	8	7.7	5.83	3.43	6.24	3.7	6.25	5.75	5.8	5	5.62	3.95	4.46	3.47	6.39	1.51	4.6	4.85	6.57
15	7.48	5.93	5.31	6.95	6.76	6.6	6.7	6.96	7.06	7.15	6.69	7.9	7.39	5.59	3.48	5.76	3.95	6.5	6.07	5.5	5.15	5.71	4.36	4.4	3.55	5.89	2.36	4.7	5.02	6.51
16	7.3	5.5	5.06	6.23	6.16	5.9	6.56	6.63	6.25	6.87	6.22	7.3	6.95	5.17	3.51	5.22	3.92	6.18	5.76	4.9	4.78	5.52	4.25	4.08	3.59	5.19	3.06	4.7	4.59	6.19
17	6.41	4.63	4.6	5.38	5.34	5	6.23	6.1	5.1	6.01	5.42	6.2	5.45	4.51	2.61	4.52	3.46	5.17	4.72	4.1	3.97	4.9	3.67	3.62	3.46	4.58	3.14	4.2	3.29	5.52
18	5.28	3.47	3.85	4.41	4.56	4.2	5.57	4.98	3.75	4.67	4.45	5.1	3.19	3.72	1.12	3.59	2.76	3.83	3.46	3.2	3.15	3.96	2.88	2.84	2.91	3.54	2.58	3.3	1.95	4.56
19	4.5	2.75	3.65	3.82	4.17	3.7	5.44	4.51	3	3.93	3.91	4.3	2.24	3.25	1.3	2.72	2.4	2.94	2.88	2.7	2.77	3.29	2.45	2.38	2.63	2.54	2.24	2.8	1.97	4.06
20	3.85	2.2	3.84	3.53	3.83	3.3	4.88	3.88	2.47	3.41	3.28	3.4	1.94	2.92	0.87	1.99	1.93	2.53	2.7	2.5	2.3	2.85	2.11	1.96	2.39	1.57	2	2.5	2.33	4.02
21	3.37	1.76	3.62	3.33	3.51	3	4.42	3.64	2.07	2.94	2.74	2.9	1.46	3.02	0.53	1.76	1.63	1.89	2.62	2.3	1.57	2.65	1.97	1.5	2.13	0.95	1.75	2	2.65	4.06
22	3.05	1.42	3.56	3.16	3.29	2.9	3.76	3	1.77	2.52	2.3	2.4	0.92	2.85	0.53	1.3	1.32	2.3	2.53	2.1	0.8	2.44	1.9	1.42	2.08	0.43	1.39	1.5	2.76	4.12
23	2.87	1.02	3.74	2.54	2.95	2.9	3.16	2.61	1.51	2	1.73	2.1	0.92	2.44	0.5	0.71	1.16	2.86	2.47	2	0.85	2.06	1.6	1.38	2.21	0.18	1.39	0.9	3.03	3.91

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Diciembre 2023																														
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
0	3.56	0.68	1.84	0.25	1.4	1.78	1.8	3.62	1.52	0.42	3.09	0.98	2.08	1.84	0.3	0.72	0.75	2.27	1.41	2.05	1.78	2.39	1.4	1.64	1.4	2.04	2	0.37	0.22	2.46	0.97
1	3.02	0.67	1.48	0.47	1.28	1.67	1.9	3.64	1.16	0.43	3.07	1.12	1.75	0.69	0.5	1.09	0.55	2.83	1.01	1.55	2.16	2.22	0.9	1.41	0.85	1.9	1.67	0.57	1.06	2.2	0.54
2	2.48	0.86	1.11	1.05	0.82	1.44	2	3.4	1.21	0.57	2.78	1.85	1.26	1.45	0.6	1.52	1.19	3.09	1.09	0.61	2.25	2.05	0.2	1.11	0.3	1.7	1.44	1.24	1.83	2.01	2.04
3	1.81	0.97	0.99	1.44	0.78	1.22	1.8	2.94	1.35	0.72	2.5	2.55	0.72	2.49	0.4	1.72	1.84	2.88	1.55	0.57	2.36	1.89	1	0.69	0.71	1.47	1.38	1.74	2.42	1.87	2.79
4	1.09	0.82	1.17	1.73	1.42	1.1	1.7	2.7	1.57	0.75	2.32	2.9	0.43	2.81	0.2	2.18	2.54	2.53	1.33	1.28	2.45	1.81	1.3	0.34	1.13	1.33	1.46	1.85	2.62	1.61	2.98
5	0.74	0.23	0.5	1.77	1.53	1.13	1.6	2.48	1.6	0.77	2	2.86	0.36	3.02	0.4	2.68	2.79	2.22	1.54	1.63	2.24	1.72	1.1	0.3	1.26	1.45	1.74	1.77	2.7	1.36	2.8
6	0.98	0.5	0.97	1.47	1.69	1.33	1.8	3.08	2.11	0.57	1.77	2.31	0.69	2.92	0.9	2.63	2.49	1.68	1.8	1.21	1.79	1.55	1.2	1.33	1.09	1.95	2.5	1.36	2.67	1.49	2.55
7	1.89	0.73	1.95	1.09	2.38	1.5	2.2	4.06	2.71	0.63	1.89	1.51	1.53	2.58	2	2.03	1.48	0.31	1.45	1.15	1.17	2.41	2.1	2.66	1.89	3.6	3.34	0.83	1.94	3.53	2.51
8	2.61	1.1	2.39	1.68	2.47	1.89	3.2	4.8	3.38	1.62	1.9	1.9	2.27	2.18	2.8	2.6	0.66	1.5	1.27	1.7	0.15	2.94	2.8	3.43	3.16	5.38	3.98	2	0.52	5.78	2.52
9	3.13	1.88	3.02	2.68	1.85	2.55	4.4	5.65	3.92	2.12	1.77	1.62	2.99	1.95	3.4	3.19	1.41	2.47	1.86	1.59	2.36	3.14	3.6	4.11	4.13	5.95	4.22	2.74	1.96	6.29	2.39
10	3.79	2.65	3.71	3.16	1.29	3.22	5.1	6.35	4.39	2.64	0.93	1.76	3.75	1.86	3.8	4.32	2.12	3.3	2.76	1.3	3.75	3.48	4.5	4.78	4.92	5.93	4.41	3.49	2.89	6.09	1.55
11	4.67	3.38	4.22	3.61	1.9	3.85	5.9	6.84	4.76	3.02	0.45	2.47	4.35	1.9	4.2	5.43	2.76	4.05	3.26	1.19	4.23	4.13	5.2	5.21	5.41	5.76	4.57	4.29	3.67	5.81	0.59
12	5.46	4.05	4.49	4.17	2.76	4.73	6.4	7.11	5.1	3.5	0.85	2.82	4.72	1.95	4.7	6.06	3.46	4.76	3.65	1.22	4.61	4.09	5.6	5.31	5.56	5.58	4.78	4.96	4.54	5.75	0.81
13	5.93	4.83	4.51	4.75	3.37	5.43	6.4	7	5.41	4	1.31	2.88	4.91	1.91	5.3	6.11	4.03	5.29	3.92	1.06	5.12	3.58	5.8	5.18	5.27	5.39	5.07	5.44	5.29	5.46	1.98
14	6.2	5.41	4.28	5.3	3.95	6	6.1	6.53	5.48	4.34	1.46	2.94	4.99	1.29	5.6	5.8	4.41	5.59	4.21	0.75	5.45	3.26	5.7	4.9	4.78	5.21	5.4	5.62	5.69	5.07	2.88
15	6.14	5.6	3.87	5.63	4.28	6.43	5.8	5.89	5.39	4.42	1.48	3.02	4.87	0.7	5.7	5.17	4.5	5.6	4.22	0.44	5.17	3.25	5.5	4.56	4.27	4.98	5.62	5.62	5.67	4.56	3.47
16	5.77	5.39	3.54	5.55	4.16	6.34	5.4	5.4	5.12	4.31	1.47	3.02	4.63	1.36	5.5	4.07	4.27	5.3	3.73	0.31	4.46	3.53	4.9	4.15	3.8	4.9	5.5	5.36	5.13	3.75	3.85
17	4.95	4.7	2.75	4.94	3.73	5.26	4.5	4.89	4.59	3.96	1.37	2.76	4.07	1.91	4.6	2.99	3.71	4.54	2.94	0.23	3.52	3.54	4.2	3.62	3.28	4.34	4.99	4.75	4.2	2.74	3.71
18	3.76	3.69	2.03	3.6	2.95	4.04	3.3	4.11	3.65	3.37	1.08	2.59	3.17	1.73	3.7	2.39	2.96	3.31	2.19	0.33	2.91	3.03	3.4	3.13	2.79	3.93	3.99	3.47	3.38	1.86	2.91
19	2.98	3.11	1.66	2.97	2.57	3.85	2.9	3.78	2.89	3.03	0.98	2.65	2.71	1.22	4.1	2.33	2.89	2.71	1.81	0.51	2.82	2.56	2.8	2.74	2.53	4.14	3.31	3.17	3.09	1.41	2.23
20	2.27	2.64	1.54	3.16	2.24	3.63	2.8	3.57	2.5	2.85	0.92	2.73	2.52	0.88	4.4	2.21	2.82	2.53	1.57	0.8	2.62	2.33	2.5	2.43	2.28	3.97	2.8	3.16	2.98	1.27	1.58
21	1.65	2.33	1.37	2.85	1.98	2.73	2.9	3.07	2.24	2.8	1.09	2.67	2.34	0.59	3.8	2.08	1.7	2.49	1.49	1.17	2.43	2.17	2.2	2.24	2.03	3.42	2.55	3	2.73	1.38	1.2
22	1.11	2.19	1.04	2.28	1.94	1.64	3.3	2.61	1.68	2.86	1.35	2.51	2.04	0.27	2.9	1.8	0.31	2.38	1.74	1.36	2.43	1.96	1.9	2.12	1.88	2.93	2.06	2.24	2.72	1.42	1
23	0.81	2.05	0.75	1.61	1.85	1.33	3.5	2.09	0.95	2.97	1.3	2.31	1.9	0.19	1.6	1.32	1.25	2	2.09	1.2	2.45	1.75	1.8	1.89	1.96	2.41	1.26	1.01	2.65	1.42	0.69

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Enero 2024																														
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
0	0.74	2.12	1.84	2.5	1.62	0.74	1.16	1.7	2	1.48	4.16	0.79	1.45	1.37	0.94	1.56	3.04	1	2.3	1.94	2.51	2.16	2.19	1.54	0.27	2.17	0.7	1.24	1.28	0.86	0.97
1	1.5	0.94	1.53	2.37	1.88	0.84	0.98	1.5	1.24	1.77	3.88	1.04	1.31	1.15	1.64	1.32	2.77	1	2.39	1.56	2.33	1.99	1.85	1.37	0.36	1.84	1.04	1	1.42	0.92	1.23
2	2.43	0.33	1.29	1.92	1.99	0.53	0.97	1.5	0.83	2.29	2.2	1.22	1.07	0.6	2.15	1.22	2.69	1	2.36	1.52	2.12	1.83	1.48	1.36	0.44	1.73	1.27	0.88	1.22	1.07	1.2
3	3	0.86	1.42	1.22	1.89	0.55	1.02	1.3	0.53	2	1.59	1.22	0.8	0.32	2.59	1.05	2.55	2	2.24	1.44	1.85	1.64	1.35	1.18	0.79	1.99	1.48	1.03	2.45	1.27	1.13
4	3.29	1.43	1.37	0.38	1.74	0.79	0.85	1	0.57	1.09	1.92	0.88	0.53	0.72	2.65	0.53	2.23	2	2.07	1.43	1.64	1.47	1.03	1.04	1.23	2.01	1.6	0.9	2.71	1.51	1.48
5	3.26	1.86	1.28	1.03	1.57	1.15	0.56	0.7	1	0.85	1.82	0.33	0.32	1.02	2	0.36	1.9	2	1.8	1.5	1.41	1.23	0.96	0.98	1.44	1.79	1.59	1.12	2.54	1.78	1.77
6	3.03	2.12	1.53	1.41	1.37	1.39	0.54	1	1.31	0.63	2.09	0.46	0.29	0.94	1.62	0.54	1.2	2	1.23	1.89	1.81	1.41	1.4	1.27	1.3	1.83	1.82	1.82	2.45	1.78	1.86
7	2.47	1.89	2.5	0.34	1.03	2.68	1.09	2	1.98	0.26	1.62	1.61	1.59	1.26	1.49	0.39	0.84	2	1.51	3.09	2.74	2.08	1.26	1.56	1.56	1.84	2.16	2.58	2.49	1.42	1.03
8	1.39	1.62	3.19	1.4	2.13	3.51	1.63	2.6	2.53	0.85	0.64	2.71	2.28	1.71	1.95	1.72	1.51	3	2.74	3.94	3.52	2.71	1.73	0.85	1.96	1.51	2.19	3.2	2.44	0.66	2.66
9	1.01	2.64	3.74	2.17	2.92	4.11	2.3	3	2.83	2.02	2.31	3.49	2.77	2.43	2.78	2.72	1.04	4	3.42	4.29	4.3	3.24	3.36	0.74	2.22	0.55	1.79	3.86	2.67	1.71	4.19
10	1.74	3.07	4.24	2.86	3.6	4.46	3.05	3.4	3.23	2.9	3.22	4.33	3.35	3.18	3.61	3.53	0.75	5	4.1	4.52	4.9	3.86	4.19	2	2.98	1.68	0.71	4.51	2.43	3.03	5.22
11	2.7	3.42	4.78	3.29	4.27	4.67	3.9	3.7	3.77	3.18	3.59	5.08	4.05	4.01	4.38	4.21	0.67	5	4.81	4.86	5.23	4.52	4.98	3.4	4.34	3.3	1.69	5.1	2.13	4.25	5.81
12	3.59	3.9	5.28	3.49	4.86	4.81	4.64	4.2	4.41	3.46	3.9	5.51	4.71	4.89	5.07	4.84	0.69	6	5.39	5.23	5.33	5	5.84	4.64	5.54	4.39	2.73	5.61	2.08	5.3	6.22
13	4.42	4.45	5.54	3.41	5.22	4.9	5.24	4.6	5.07	4.01	4.02	5.41	5.16	5.51	5.49	5.3	0.94	6	5.81	5.56	5.25	5.22	6.24	5.45	6.17	4.93	3.55	6.03	2.27	6.01	6.42
14	5.11	5	5.58	3.23	5.29	4.82	5.65	5	5.51	4.72	3.98	5.08	5.34	5.68	5.52	5.52	1.18	6	5.92	5.6	5.14	5.12	6.12	5.73	6.3	4.91	4.28	6.11	2.59	6.33	6.34
15	5.34	5.35	5.42	3.21	5.08	4.59	5.65	5.2	5.4	5.45	3.65	4.84	5.21	5.59	5.09	5.43	1.47	5	5.75	5.4	4.88	4.81	5.7	5.64	5.97	4.7	4.7	5.92	2.39	6.1	5.96
16	5.08	5.15	4.99	3.36	4.86	4.41	5.37	5.1	4.64	5.69	3.4	4.59	4.82	5.12	4.38	5.16	1.6	5	5.27	4.94	4.43	4.36	5.2	5.13	5.34	4.43	4.83	5.6	2.07	5.71	5.3
17	4.27	4.23	4.37	3.06	4.4	4.02	4.69	4.4	3.67	5.16	2.94	4.02	4.24	4.53	3.66	4.69	1.49	4	4.42	4.22	3.93	3.85	4.39	3.84	4.23	3.94	4.53	4.89	1.8	4.92	4.11
18	3.02	3.21	3.5	2.24	3.44	3.29	3.58	3.6	2.77	3.81	2.12	3.38	3.33	3.62	3.01	3.71	1.2	2	3.42	3.32	3.32	3.32	3.39	2.68	3.39	3.31	3.25	3.22	1.5	3.39	2.71
19	2.77	2.91	3.1	1.6	2.83	2.79	3.18	3.4	2.32	3.08	1.32	2.92	2.74	3.08	2.84	3.5	0.96	2	3.31	2.92	2.81	3.04	3.07	2.02	3.06	2.83	2.17	2.33	1.26	2.98	2.31
20	2.92	2.84	2.99	1.39	2.18	2.34	3.11	3.3	1.95	2.6	0.64	2.52	2.41	2.51	2.67	3.75	1.02	2	3.38	2.84	2.51	2.7	2.99	1.52	2.79	2.25	1.54	1.86	0.93	2.34	2.12
21	2.8	2.66	2.73	1.18	1.24	1.93	3.05	3.4	1.69	2.99	0.16	2.04	2.09	1.83	2.51	3.99	1.02	1	3.3	2.83	2.37	2.2	2.84	0.95	2.48	1.67	1.24	1.62	0.68	1.18	1.96
22	3.31	2.47	2.54	1.38	0.65	1.59	2.7	3	1.57	3.4	0.33	1.74	1.83	0.96	2.3	3.79	0.94	1	3	2.67	2.43	1.93	2.53	0.5	2.32	0.96	1.18	1.59	0.65	0.23	1.7
23	3.1	2.17	2.54	1.61	0.54	1.35	2.11	2.7	1.54	3.67	0.55	1.57	1.6	0.48	2.05	3.2	0.88	2	2.42	2.54	2.33	2.26	1.97	0.33	2.24	0.32	1.26	1.71	0.72	0.75	1.36

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Febrero 2024																													
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**
0	0.91	1.73	1.2	1.51	1.47	1.08	2.34	3.01	1.4	1.95	2.4	2.1	1.99	1.06	0.74	1.22	1.57	2.72	1.81	2.02	1.9	2.49	1.28	3.07	1.76	1.26	0.86	0.7	1.23
1	0.76	1.89	1.8	0.52	0.76	0.17	2.24	2.43	0.99	1.4	2.15	2.4	1.37	0.77	1.04	1.12	1.07	2.24	0.32	1.95	1.8	2.49	0.95	2.74	1.28	1.08	0.4	1	0.21
2	0.7	2.07	2.1	0.38	0.49	0.48	2.04	2.01	0.43	1.05	2.46	2.6	0.37	0.67	1.44	1.14	0.6	1.89	1.36	1.77	1.9	2.66	0.5	2.24	0.84	0.98	0.44	1.4	1.05
3	0.61	1.95	2.2	0.78	1.13	0.97	1.67	1.77	0.34	1.02	2.24	2.7	0.61	1.25	1.49	1.02	0.26	1.46	2.39	1.52	1.8	2.54	0.47	1.15	0.61	0.91	0.8	1.6	1.62
4	0.61	1.77	2.2	0.97	1.53	1.19	1.17	1.59	0.15	1.07	1.73	3	1.99	1.86	1.5	1.01	0.3	0.85	3.08	2.01	1.51	2.23	0.25	0.1	0.73	0.76	0.97	1.6	1.92
5	0.56	1.04	2.3	0.93	1.59	1.37	0.67	1.34	0.54	1.19	1.09	3.1	2.78	2.01	1.55	0.96	0.6	0.34	3.22	2.27	1.45	1.96	0.24	0.73	0.78	0.55	1.11	1.4	1.96
6	0.83	0.93	1.9	0.49	1.5	1.18	0.54	1.72	0.89	1.21	0.97	2.9	2.84	1.98	1.42	1.04	0.88	0.28	3.28	2.61	1.54	1.66	0.66	1.09	0.64	0.12	1.09	1.2	1.75
7	2.06	1.36	0.8	1.02	0.32	1.21	1.49	1.82	0.99	1.39	1.35	2.5	2.8	1.58	1.24	1.84	1.74	2.02	3.27	2.8	1.54	1.27	1.4	1.18	0.93	1.54	1.33	1.7	0.97
8	2.86	1.57	2.2	2.23	1.35	2.6	2.43	2.16	1.23	2.38	1.72	1.9	2.48	1.5	2.12	2.76	2.71	3.21	3.07	3.11	0.9	0.84	1.93	1.3	1.7	2.88	2.62	2.7	0.83
9	3.32	1.84	3.1	3.2	2.49	3.26	3.04	3.11	1.89	3.32	2.93	0.4	2.38	2.31	2.97	3.21	3.52	4.05	2.73	3.33	0.53	1.11	2.46	1.54	2.69	3.69	3.65	3.4	2.62
10	3.97	2.11	3.7	4.14	3.45	3.94	3.7	4.11	2.58	4.15	4.12	2	2.32	2.9	3.94	3.39	4.34	4.67	2.21	3.09	1.62	1.97	3.05	1.71	3.31	4.56	4.45	4.1	3.74
11	4.83	2.6	4.3	4.87	4.1	4.72	4.36	5.05	2.8	4.8	5.03	3.4	1.97	3.36	4.86	3.47	4.98	4.96	1.82	2.5	2.6	2.83	3.57	1.86	3.92	5.37	5.03	4.8	4.64
12	5.62	3.31	4.9	5.4	4.5	5.29	4.97	5.89	2.65	5.2	5.93	4.3	2.05	3.89	5.43	3.93	5.3	5	2.79	2.06	3.33	3.53	3.82	2.23	4.45	5.89	5.47	5.4	5.23
13	6.09	4.12	5.5	5.73	4.78	5.58	5.49	6.4	2.62	5.42	6.24	4.9	1.77	4.3	5.74	4.94	5.33	4.93	3.93	2.21	3.93	4.06	3.85	2.92	4.76	6.13	5.81	5.8	5.42
14	6.24	4.82	5.8	5.91	5	5.71	5.88	6.49	2.63	5.45	6.05	5	1.23	4.51	5.79	5.71	5.2	4.92	4.67	2.76	4.41	4.15	3.85	3.52	4.74	6.14	6.1	6.1	5.28
15	6.07	5.2	5.7	5.93	5.18	5.6	6.12	6.14	2.82	5.22	5.61	4.7	1.11	4.51	5.66	5.77	5.03	4.89	4.96	3.04	4.59	4.01	3.85	3.75	4.4	5.87	6.22	6	4.82
16	5.7	5.14	5.3	5.56	5.21	5.26	6.14	5.29	3	4.85	4.96	4.2	1.22	4.37	5.34	5.27	4.77	4.7	4.57	2.97	4.16	3.81	3.88	3.55	3.91	5.12	5.82	5.4	4.34
17	4.9	4.43	4.4	4.75	4.69	4.6	5.52	3.96	2.91	4.17	3.68	3.4	1.11	3.85	4.72	4.48	4.14	3.96	3.53	2.49	3.09	3.36	3.41	2.94	3.34	3.94	4.56	4.1	3.58
18	3.65	3.32	3.3	3.63	3.73	3.66	4.26	2.62	2.6	3.32	2.29	2.7	0.96	3.03	3.62	3.53	3.36	3.2	3	1.91	1.71	2.53	3.34	2.54	2.81	2.81	3.05	3.4	2.77
19	2.98	2.87	3.1	3.13	3.26	3.05	3.76	2.36	2.33	3.01	1.88	2.4	0.92	2.74	2.99	3.09	3.18	3.17	2.8	1.73	1.16	2.02	3.33	2.55	2.57	2.13	2.5	3.5	2.55
20	2.43	2.61	2.9	2.58	2.59	2.68	3.71	2.39	2.38	2.66	1.52	2.4	0.9	2.57	2.51	2.91	3.15	3.25	2.7	1.72	1.88	1.9	3.31	2.62	2.34	1.8	2.06	4	2.53
21	1.83	2.25	2.8	2.07	2.26	2.59	3.45	2.53	2.7	2.42	0.97	2.3	0.8	2.37	2.23	2.44	3.18	3.28	2.46	1.97	2.58	1.91	3.38	2.67	2.09	1.63	1.33	4.2	2.49
22	1.54	1.87	2.7	1.91	2.12	2.5	3.35	2.55	2.73	2.46	0.43	2.2	0.89	1.91	1.98	1.92	3.23	3.27	2.27	2.04	2.73	1.75	3.36	2.49	1.81	1.44	0.68	3.7	2.58
23	1.58	1.34	2.3	1.89	1.85	2.39	3.06	1.8	2.46	2.5	1.38	2.1	1.1	1.22	1.51	1.88	3.06	2.83	2.17	1.97	2.66	1.48	3.29	2.16	1.54	1.21	0.43	2.7	2.58

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Marzo 2024																														
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	2.25	1.12	1.25	1.55	1.77	2.1	3.12	2.66	2.09	1.2	1.05	1.67	3.41	0.4	1.35	2.04	4.08	1.55	3.46	1.41	1.73	1.7	1.96	2.07	1.76	1.77	1.4	2.01	1.56	1.06	1.54
1	1.2	0.66	0.69	1.16	1.48	1.9	2.56	2.71	1.88	0.78	1.15	1.26	3.77	0.5	1.09	1.62	3.62	1.67	3.4	1.07	1.92	1.9	2.14	1.91	1	1.38	1.2	1.82	1.91	1.72	1.85
2	0.09	1.19	0.19	0.84	1.1	1.6	2.1	2.86	1.73	1.62	1.2	1.04	3.94	0.8	0.62	1.09	2.17	1.72	3.22	0.91	2.05	2	2.25	1.78	0.43	1.28	0.9	1.77	2.03	2.13	2.08
3	0.89	1.37	0.77	0.83	0.73	1.2	1.67	2.82	1.49	2.47	1.05	0.74	3.55	1.1	0.02	1.27	0.88	1.72	2.57	0.99	1.9	1.6	2.28	1.67	0.78	1.16	0.9	1.64	2.1	2.27	2.21
4	1.13	1.43	1.2	0.97	0.33	0.7	1.37	2.67	1.31	2.83	0.96	0.6	2.97	1.2	0.49	1.81	0.65	1.83	2.04	1.27	1.73	1	2.23	1.53	1.26	1	1.2	1.53	2.27	2.18	2.15
5	0.99	1.46	1.38	1.01	0.18	0.3	1.26	2.62	1.13	2.86	1.28	0.73	2.59	1.1	0.86	1.99	0.4	1.8	2.02	1.43	1.53	0.6	2.09	1.39	1.42	1.04	1.6	1.49	2.3	2.08	1.96
6	0.99	1.35	1.3	1.15	0.28	0.3	1.15	2.53	0.92	2.68	1.58	1.01	2.3	0.7	0.8	2	0.29	1.73	1.98	1.33	1.2	0.2	1.97	1.23	1.43	1.3	1.9	1.55	2.06	1.99	1.84
7	1.23	2.26	0.48	1.8	1.2	0.6	1.68	3.17	1.63	2.48	1.61	1.24	2.6	0.3	1.5	1.3	1.72	2.57	2.37	1.06	1.06	0.7	1.53	1.34	1.04	1.34	1.4	1.42	2.19	1.54	1.69
8	2.5	3.42	1.61	2.65	2.14	1.8	2.54	3.31	2.57	2.11	0.98	2.23	2.71	2.4	2.65	1.25	2.96	3.14	2.86	1.02	1.39	1.1	1.78	1.82	0.29	0.95	1.3	1.38	2	0.81	2.31
9	3.35	4.08	2.41	3.29	2.95	3	3.06	3.49	3.11	2.62	1.61	3.07	3.01	3.5	3.24	2.06	4.16	3.68	3.21	1.7	2.19	0.8	2.74	2.41	1.44	2.23	2.3	2.49	1.83	0.56	3.47
10	4.05	4.63	3.14	3.79	3.85	4.1	3.61	3.89	3.6	2.98	2.83	3.82	3.6	4.3	3.65	2.79	5	4.41	3.74	2.6	2.98	1.3	3.25	3.11	2.04	2.51	2.8	3.65	2.18	1.34	4.33
11	4.76	5.22	3.86	4.35	4.94	5	4	4.49	4.34	3.14	3.8	4.56	4.47	5.1	4.15	3.37	5.67	5.19	4.1	3.44	3.64	2.8	3.54	3.7	2.58	2.76	3.3	4.29	2.86	2.36	5.17
12	5.48	5.73	4.53	4.86	5.68	5.6	4.17	5	5.04	3.22	4.59	5.13	5.24	5.6	4.62	3.92	5.92	5.77	4.38	4.2	4.11	4.2	3.81	4.36	3.18	3.18	3.8	4.68	3.61	3.2	5.81
13	6.02	6.09	5	5.23	5.95	5.8	4.15	5.17	5.43	3.84	5.13	5.51	5.68	5.9	5.01	4.34	5.7	6.11	4.58	4.73	4.35	4.8	4.13	4.76	3.63	3.67	4.2	5.04	4.24	3.78	6.04
14	6.16	6.18	5.24	5.41	5.83	5.7	4.07	5.03	5.55	3.87	5.43	5.6	5.76	5.7	5.3	4.56	5.39	6.21	4.67	4.98	4.36	5.4	4.41	4.97	3.85	4.29	4.7	5.25	4.66	4.17	5.8
15	5.98	5.95	5.15	5.39	5.62	5.5	4.07	4.72	5.4	3.48	5.43	5.39	5.54	5.3	5.32	4.5	5.1	6.03	4.71	4.97	4.15	5.9	4.62	4.86	3.8	4.7	5	5.19	4.78	4.32	5.18
16	5.34	5.4	4.78	4.83	5.23	5.1	3.88	4.27	4.89	2.96	5.02	4.92	5.06	4.9	4.87	4.1	4.61	5.45	4.27	4.54	3.63	5.5	4.51	4.53	3.56	4.55	4.9	4.76	4.52	4.2	4.21
17	4.25	4.48	4.04	3.84	4.46	4.3	3.22	3.59	3.87	2.14	4.01	3.91	4.14	4.1	3.95	3.29	3.58	4.39	3.15	3.36	2.87	4.1	3.98	3.85	3.13	3.7	4	3.83	3.72	3.54	3.01
18	3.1	3.49	3.06	2.87	3.47	3.4	2.57	3.01	2.98	1.45	3.23	3.19	3.28	3.6	3.12	2.7	3.02	3.61	2.77	2.33	2.62	3.1	3.35	3.11	2.8	2.95	3.2	2.91	2.8	3.1	2.37
19	2.53	3.17	2.48	2.33	2.82	3.3	2.29	2.67	2.87	0.97	2.91	3.01	2.58	3.2	2.66	2.41	2.72	3.5	2.75	1.97	2.43	2.3	3.16	2.87	2.51	2.62	3	2.2	2.22	2.99	2.06
20	2.21	2.97	2.06	2.15	2.44	3.4	2.25	2.47	2.87	0.68	2.64	3.06	2.19	2.7	2.4	2.26	2.35	3.18	2.59	1.87	2.29	1.8	3.05	2.63	2.31	2.36	2.9	1.55	1.66	3.2	1.83
21	2.01	2.89	1.76	2.13	2.18	3.5	2.29	2.38	2.69	0.7	2.35	3.01	1.78	2.3	2.34	2.84	1.99	2.96	2.34	1.78	2.2	1.6	2.95	2.42	2.27	2.12	2.8	1.05	0.99	3.04	1.41
22	1.86	2.42	1.73	2.11	2.1	3.5	2.4	2.28	2.45	0.9	2.18	3.11	1.4	1.9	2.29	3.77	1.67	2.99	2.11	1.3	2.03	1.5	2.8	2.47	2.24	1.79	2.5	0.84	0.31	2.79	0.84
23	1.61	1.82	1.74	1.99	2.11	3.4	2.57	2.24	1.91	0.92	2.02	3.2	0.9	1.6	2.15	3.8	1.52	3.25	1.79	1.52	1.8	1.7	2.43	2.34	2.1	1.51	2.3	1.07	0.33	2	0.42

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Abril 2024																													
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
0	0.7	1.67	2.12	0.74	2.38	1.8	2.04	2.08	1.82	3.52	3.2	2.02	0.98	1.82	1.3	1.59	2.64	2.2	0.94	2.58	1.43	1.53	1.8	1.04	1.66	1.3	0.83	1.71	1.2	2.61
1	1.1	1.06	2.12	0.22	2.21	1.51	1.75	2.04	1.48	3.11	3.1	1.97	1.22	1.38	1.1	1.26	2.23	2.22	0.68	2.32	1.03	1.21	1.7	1.13	1.53	1.15	0.53	1.69	1.28	2.62
2	1.3	0.86	1.88	0.35	1.91	1.17	1.24	1.98	1.18	2.23	2.7	1.68	1.53	1.14	0.7	1.04	1.64	1.64	0.41	2.15	0.95	0.79	1.6	1.24	1.42	1.02	0.56	1.62	1.04	2.69
3	1.4	1.08	1.79	0.64	1.52	0.78	0.77	1.9	1.46	1.67	2.1	1.59	1.53	1.02	0.7	1.21	1.95	0.3	0.8	1.95	1	0.64	1.6	1.44	1.32	0.95	0.78	1.41	0.65	2.76
4	1.4	1.46	1.72	0.83	1.25	0.33	0.31	1.73	2.07	1.36	1.7	1.2	1.16	1.12	0.7	1.5	2.53	0.58	1.26	1.71	0.82	0.96	1.6	1.59	1.45	0.94	0.97	1.22	0.57	2.64
5	1.4	1.26	1.65	0.94	1.05	0.47	0.34	1.47	2.35	0.93	1.4	0.87	0.6	1.33	0.7	1.58	2.09	0.86	1.45	1.39	0.75	1.12	1.6	1.74	1.65	0.94	0.95	1.24	1.28	2.45
6	1.3	1.14	1.64	0.85	0.82	0.8	0.92	1.32	2.36	0.52	1.3	0.61	0.23	1.59	0.9	0.99	1.53	1.26	1.45	1.17	0.86	1.1	1.5	1.95	1.74	0.94	0.99	1.41	1.72	2.51
7	0.8	0.85	1.88	1.06	1.03	1.03	0.63	2.15	2.09	0.66	1.9	0.75	1.28	3.11	0.6	0.33	0.41	1.22	1.48	1.98	0.47	0.78	1.5	2.24	2.13	1.57	1.09	2.28	1.54	3.26
8	1.6	0.69	2.15	1.96	1.72	1.63	1.56	2.62	1.49	1.35	2.9	1.62	2.22	4.26	1.2	0.83	0.93	0.79	1.65	2.84	1.66	2.07	1.7	3.01	2.97	2.65	1.75	3.65	0.36	3.72
9	2.3	1.05	2.43	2.47	2.45	2.4	2.94	3.03	0.88	1.84	3.5	2.29	2.51	4.6	2	0.41	1.62	0.92	2.36	3.42	2.32	2.86	1.6	3.5	3.59	3.28	2.1	4.4	1.66	4
10	3	2.42	2.77	3.04	2.95	3.16	3.81	3.44	0.4	2.05	4	2.88	2.82	4.8	2.4	0.27	1.67	2.55	3.01	4.04	2.8	3.41	1.1	4.05	4.11	3.69	2.48	4.87	2.72	4.36
11	3.7	3.12	3.14	3.62	3.38	3.93	4.4	3.83	2.09	2.31	4.5	3.48	3.22	5.05	2.6	0.95	2.18	3.74	3.57	4.71	3.49	4	1	4.61	4.63	4.06	3.06	5.25	3.6	4.85
12	4.3	3.79	3.36	4.09	3.78	4.62	4.72	4.28	3.22	2.77	5	4.09	3.68	5.31	2.8	1.66	2.89	4.45	4.04	5.32	4.13	4.59	1.1	5.2	4.83	4.45	3.66	5.46	4.26	5.33
13	4.6	4.45	3.45	4.47	4.18	4.99	4.7	4.71	3.67	3.39	5.4	4.4	4.12	5.57	3.1	2.34	3.48	4.67	4.43	5.79	4.5	4.99	1.2	5.51	4.7	4.61	4.18	5.58	4.64	5.72
14	4.8	4.84	3.49	4.67	4.47	5.07	4.47	4.88	3.78	3.76	5.6	4.26	4.39	5.67	3.4	2.89	3.85	4.56	4.65	6.03	4.56	5.16	1.2	5.24	4.44	4.49	4.51	5.41	4.76	5.99
15	4.7	4.92	3.46	4.71	4.48	4.83	4.15	4.8	3.69	3.7	5.6	3.85	4.43	5.47	3.8	3.33	3.95	4.07	4.79	5.98	4.45	4.93	1.4	4.75	4.06	4.22	4.66	5.03	4.67	5.97
16	4.3	4.68	3.28	4.55	4.13	4.36	3.79	4.29	3.34	3.17	5.3	3.38	4.01	4.85	3.8	3.6	3.81	3.5	4.69	5.42	4.2	4.35	1.4	4.05	3.47	3.91	4.39	4.42	4.34	5.63
17	3.5	3.82	2.76	3.8	3.36	3.55	3.29	3.39	2.85	2.85	4.3	2.48	3.07	3.68	3.3	3.36	3.25	2.54	4.01	4.18	3.62	3.39	1.6	3.11	2.65	3.42	3.64	3.37	3.58	4.38
18	3	3.27	2.28	3.35	2.86	3.28	2.92	3.03	2.71	2.78	3.6	1.8	2.91	3.04	2.9	3.14	2.84	1.78	3.34	3.23	3.2	2.91	1.8	2.72	2.17	2.92	3.2	2.56	3	3.57
19	2.8	2.89	1.92	3.13	2.59	3.14	2.59	2.92	2.75	2.65	3.2	1.43	2.33	2.55	2.4	3.09	2.68	1.46	3.03	2.76	2.75	2.66	1.9	2.33	2.02	2.6	2.78	2.14	2.65	3.3
20	2.6	2.56	1.7	2.81	2.34	3.01	2.34	2.79	2.89	2.57	2.9	1.31	1.78	2.49	2.2	3	2.39	1.4	2.8	2.48	2.41	2.41	1.9	2.08	1.99	2.35	2.41	1.81	2.47	3.03
21	2.5	2.29	1.54	2.48	2.12	2.63	2.24	2.58	3.02	2.62	2.7	1.48	2.23	2.44	2	2.75	2.05	1.4	2.76	2.27	2.21	2.23	1.7	1.99	1.86	2.03	2.09	1.54	2.39	2.89
22	2.3	2.16	1.38	2.29	2.08	2.32	2.23	2.17	3.16	2.72	2.5	1.64	2.27	1.96	2	2.7	1.98	1.32	2.79	2.02	2.02	2.1	1.4	1.93	1.71	1.73	1.85	1.38	2.42	2.86
23	2	2.09	1.12	2.39	2.01	2.03	2.16	1.88	3.26	3.03	2.2	1.43	1.92	1.55	1.9	2.65	2.17	1.14	2.78	1.74	1.78	1.93	1.1	1.83	1.5	1.31	1.75	1.23	2.5	2.82

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Mayo 2024																														
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
0	2.72	1.56	2.33	0.64	1.55	2	1.13	1.18	2.61	0.71	1.05	1.33	1.9	2.88	0.12	1.57	2.32	1.56	1.9	2	1.15	1.57	1.72	1.51	2.03	2.12	1.85	1.85	1.6	1.39	1.52
1	2.58	1.1	2.14	1.69	1.63	1.9	1.02	0.91	2.41	0.51	1	0.9	1.8	2.76	0.72	1.66	2.33	1.36	1.75	1.59	1.23	1.42	1.43	1.41	1.89	2.18	2.07	1.98	1.7	1.3	1.32
2	2.31	0.61	1.85	1.85	1.88	1.8	0.82	0.68	1.82	0.25	1.05	0.78	1.5	3.04	1.45	1.53	2.18	1.2	1.64	1.21	1.38	1.32	1.31	1.21	1.83	2.05	2.19	2.08	1.7	1.34	1.18
3	1.93	0.24	1.68	1.22	2.13	1.5	0.48	0.44	1.18	0.13	1.19	0.58	1.1	2.57	2.01	1.26	1.93	0.97	1.6	1.1	1.43	1.23	1.26	1	1.77	1.7	2.22	2.13	1.7	1.47	1.26
4	1.72	0.44	1.49	1.21	2.25	0.9	0.16	0.22	0.55	0.22	1.24	0.45	1.1	2.14	2.18	1.04	1.65	0.83	1.66	1.31	1.43	1.05	1.22	0.77	1.61	1.45	2.18	1.87	1.7	1.44	1.34
5	1.58	0.5	1.13	1.61	2.2	0.6	0.29	0.1	1.38	0.22	1.23	0.59	1.4	1.99	2.21	0.83	1.29	0.71	1.81	1.68	1.35	0.88	1.28	0.54	1.57	1.44	2.24	1.66	1.7	1.35	1.55
6	1.6	0.55	0.91	2	2.05	0.5	0.66	0.07	2.03	0.17	1.16	0.66	1.8	2.14	2.28	0.67	0.93	0.46	1.86	1.13	1.31	0.81	1.61	0.34	1.67	1.61	2.35	1.7	1.5	1.5	1.8
7	2.36	0.63	1.51	2.39	1.29	1.1	1.01	0.34	2.45	0.64	0.41	0.27	1.9	2.18	2.2	1.23	1.3	0.3	2.33	0.43	1.58	1.1	1.6	0.84	2.14	1.56	2	2.13	1.5	1.37	1.43
8	3.27	1.63	2.2	3.1	0.8	1.8	1.43	0.8	4.08	1.63	0.95	1.38	1.5	1.57	1.84	2.23	2.12	1.01	2.79	0.47	1.51	1.55	1.57	1.67	2.03	0.91	0.66	1.82	1	1.24	0.45
9	3.76	2.66	2.59	2.89	2.15	1.9	2.12	1.38	6.16	2.46	1.8	1.85	1.3	1.32	1.72	3.25	3.09	2.08	3.21	0.53	1.75	2.05	2.43	2.42	1.63	2.07	1.07	1.35	1.5	1.62	0.5
10	4.28	3.39	2.9	2.51	2.77	2.3	2.86	2.17	6.7	3.38	2.33	2.42	0.9	2.05	2.02	4.15	3.97	3.01	3.85	1.72	2.36	2.82	3.04	3.07	1.81	2.74	1.82	1.69	2.3	2.28	1.36
11	4.81	4.08	3.4	2.56	3.16	3.1	3.61	3.1	6.55	4.27	2.81	3.13	0.5	3	2.89	5.09	4.83	3.74	4.58	2.28	3.06	3.63	3.6	3.64	2.52	3.2	2.74	2.42	3.2	3.05	2.29
12	5.19	4.67	3.85	2.8	3.5	3.7	4.32	3.84	6.26	4.99	3.24	3.8	2	3.79	3.73	5.88	5.58	4.2	5.1	2.55	3.75	4.38	4.15	4.2	3.28	3.67	3.67	3.16	3.9	3.76	3.2
13	5.36	5.15	4.1	3.08	3.81	4.1	4.9	4.16	5.92	5.36	3.55	4.32	2.9	4.18	4.41	6.43	6.21	4.49	5.38	2.72	4.29	4.96	4.65	4.78	3.99	4.18	4.51	3.84	4.4	4.38	3.94
14	5.25	5.36	4.05	3.09	4.12	4.4	5.36	4.18	5.33	5.34	3.86	4.6	3.3	4.24	4.93	6.66	6.37	4.64	5.42	2.92	4.61	5.28	5.02	5.11	4.59	4.56	5.1	4.34	4.5	4.83	4.39
15	4.81	4.85	3.76	2.68	4.3	4.6	5.55	3.88	4.47	5.12	4.15	4.68	3.5	3.86	5.12	6.41	6.13	4.61	5.2	2.95	4.69	5.43	5.23	5.16	4.98	4.68	5.33	4.54	4.5	4.97	4.72
16	4.2	3.89	3.29	1.89	4.16	4.2	5.27	3.26	3.56	4.56	4.38	4.58	3.3	3.24	4.96	5.73	5.46	4.42	4.75	2.81	4.57	5.39	5.18	5.03	5.15	4.46	5.24	4.73	4.5	4.96	5.25
17	3.36	2.99	2.48	1.05	3.63	2.8	4.13	2.1	2.68	3.64	4.16	3.81	2.7	2.58	4.2	4.37	4.21	3.87	3.96	2.45	4.02	4.84	4.61	4.51	4.95	3.7	4.83	4.43	4.1	4.56	5.22
18	2.91	2.85	2.31	0.36	3.18	2	3.37	2.28	2.08	3.03	3.74	3.27	2.4	2.39	3.4	3.39	3.44	3.4	3.48	2.11	3.43	3.98	3.94	3.98	4.25	3.06	3.96	3.71	3.3	3.85	4.3
19	2.63	2.76	2.37	0.85	2.84	1.7	3.01	2.87	1.72	2.6	3.16	2.97	2.1	2.4	2.92	2.99	3.06	3.06	3.13	1.81	2.96	3.32	3.27	3.34	3.13	2.64	2.94	2.97	2.7	3.06	2.95
20	2.45	2.54	1.93	1.4	2.55	1.6	2.62	2.97	1.44	2.16	2.82	2.69	1.8	2.39	2.57	2.84	2.71	2.77	2.86	1.62	2.56	2.89	2.73	2.85	2.41	2.36	2.33	2.4	2.4	2.56	2.15
21	2.34	2.28	1.98	1.59	2.37	1.5	2.22	2.74	1.28	1.79	2.58	2.49	1.6	2.12	2.21	2.66	2.42	2.46	2.78	1.42	2.27	2.51	2.3	2.45	1.92	2.14	2.05	2.11	2.1	2.26	2.05
22	2.09	2.09	2.09	1.61	2.21	1.3	1.86	2.42	1.15	1.42	2.25	2.28	1.5	1.62	1.84	2.33	2.1	2.21	2.59	1.22	1.95	2.18	1.87	2.32	1.83	1.81	1.94	1.93	1.8	2.08	1.92
23	1.81	2.23	1.59	1.59	2.07	1.2	1.48	2.51	0.96	1.2	1.84	2.03	2	0.97	1.59	2.25	1.84	2.05	2.36	1.09	1.69	1.98	1.63	2.13	2.01	1.71	1.87	1.74	1.6	1.78	1.84

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Junio 2024																													
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
0	1.84	1.55	1.16	0.92	1.22	1.3	0.92	1.38	2.19	1.66	1.38	1.66	2.16	1.28	1.91	2.85	1.69	2.1	2.47	1.73	1.17	1.06	1.27	1.73	1.9	0.99	2.02	1.98	2.3	2.18
1	1.89	1.32	1.36	0.49	1.19	1.4	0.88	1.72	2.27	1.36	1.32	1.42	1.97	1.22	1.85	2.81	1.4	1.9	2.28	1.4	1.12	1.47	0.95	1.45	1.5	1.23	1.84	1.68	2.22	1.87
2	1.84	1.18	1.39	0.24	1.22	1.5	1.05	1.95	2.42	1.03	1.5	1.22	1.82	1.16	1.79	2.59	1.09	1.7	2.15	1.06	1.19	1.95	0.69	1.31	1.3	1.46	1.68	1.44	2.1	1.43
3	1.84	1.08	1.29	0.34	1.19	1.4	1.25	2.12	2.52	0.85	1.83	0.99	1.66	1.01	1.73	1.88	0.7	1.6	1.92	0.74	1.26	2.22	0.42	1.38	1.5	1.58	1.51	1.32	1.98	1.13
4	2.01	0.86	1.49	0.44	1.27	1.1	1.43	2.26	2.46	0.8	1.92	0.75	1.5	0.82	1.73	1.38	0.5	1.4	1.56	0.65	1.27	2.24	0.34	1.34	1.9	1.59	1.4	1.25	1.88	0.95
5	2.19	0.7	1.69	0.41	1.43	1	1.53	2.34	2.3	0.88	1.88	0.48	1.33	0.49	1.78	1.5	0.42	1.2	1.17	0.41	1.23	2.14	0.42	1.23	2.1	1.6	1.36	1.23	1.77	0.69
6	2.34	0.88	1.67	0.49	1.49	1.1	1.65	2.38	2.14	1.2	1.78	0.44	1.21	0.63	1.79	1.51	0.49	1	0.53	0.28	1.36	2.02	0.42	1.2	2	1.65	1.32	1.21	1.71	0.73
7	2.05	1.32	2.01	0.53	1.44	1	1.41	1.97	1.86	1.19	1.32	0.55	1.68	0.48	2.61	2.23	0.47	1.4	0.78	1.88	1.96	1.83	0.67	1.04	2.6	1.27	1.54	1.34	2.32	1.28
8	1.43	0.97	2.66	0.49	1.63	1.2	1.4	0.85	1.56	0.16	1.11	0.79	1.7	0.2	3.13	2.78	1.82	2.6	1.31	3.31	2.57	0.81	1.27	1.44	3	0.48	2.21	0.95	3.46	1.9
9	0.43	0.69	3.18	0.17	1.9	1.7	2.69	1.54	2.29	1.16	2.54	1.2	1.53	0.64	3.22	3.05	3.29	3.1	1.99	4.18	3.31	0.54	2.08	1.9	2.7	1.31	2.75	0.79	3.85	2.26
10	0.64	1.59	3.68	0.97	2.36	2.4	3.88	2.28	2.99	2.15	3.16	1.8	1.68	1.38	3.54	3.39	4.26	3.4	3.08	4.94	3.98	1.44	2.78	2.57	2.2	2.11	3.07	1.35	4.39	2.43
11	1.73	2.67	4.34	1.91	3.06	3.1	4.82	2.92	3.84	3.19	3.77	2.55	2.16	2.4	4.07	3.83	4.88	4.1	4.31	5.66	4.62	2.32	3.34	3.33	1.5	2.81	3.35	2.07	5.15	2.76
12	2.75	3.56	4.99	2.8	3.7	3.8	5.35	3.45	4.53	3.98	4.32	3.24	2.65	3.16	4.62	4.55	5.36	4.9	5.5	6.22	5.13	3.15	3.7	3.99	1.5	3.4	3.65	2.84	5.81	3.1
13	3.59	4.17	5.4	3.48	4.19	4.4	5.42	3.76	5.02	4.55	4.74	3.83	3.15	3.84	5.16	5.23	5.64	5.5	6.41	6.39	5.54	3.82	3.94	4.5	1.7	4	3.94	3.58	6.24	3.43
14	4.32	4.48	5.59	4.03	4.48	4.9	5.18	3.95	5.31	4.89	4.96	4.33	3.81	4.52	5.58	5.51	5.67	5.7	6.86	6.3	5.7	4.38	4.07	4.85	1.8	4.44	4.2	4.19	6.23	3.67
15	5.02	4.77	5.56	4.51	4.63	5.1	4.8	4.11	5.37	5.07	4.93	4.68	4.41	4.99	5.76	5.26	5.48	5.6	6.7	6.03	5.43	4.8	4.13	5.06	1.9	4.77	4.39	4.67	5.89	3.7
16	5.71	5.06	5.32	4.9	4.82	5.1	4.18	4.42	5.25	4.93	4.65	4.97	4.6	4.94	5.41	4.54	4.97	4.9	5.84	5.29	4.71	4.78	4.3	4.9	1.4	4.9	4.43	4.99	5.15	3.42
17	5.4	4.58	4.61	4.64	4.46	4.6	3.3	4.48	4.71	4.39	4.17	4.51	4	4.21	4.45	3.56	4.13	3.8	4.32	3.88	3.66	4.15	4.1	4.13	0.6	4.38	4	4.79	3.97	2.92
18	4.38	3.8	3.71	4.19	3.68	3.8	2.59	4.26	3.8	3.68	3.67	3.92	3.18	3.59	3.76	3.17	3.44	3.2	3.48	3.05	2.88	3.5	3.68	3.61	1	3.83	3.54	4.27	3.42	2.48
19	3.31	2.91	3.14	3.32	2.85	3	2	3.48	3.01	2.94	3.02	3.55	2.52	3.12	3.17	2.89	2.82	2.7	3.05	2.4	2.38	3	3.22	3.28	1.3	3.43	2.96	3.66	3.27	2.24
20	2.66	2.3	2.59	2.61	2.28	2.3	1.58	3	2.53	2.35	2.54	3.15	2.03	2.75	2.76	2.84	2.61	2.5	2.7	2.03	2.04	2.59	2.88	3.08	1.3	3.1	2.63	3.27	3.22	1.99
21	2.37	1.84	2.1	2.06	1.84	1.9	1.37	2.64	2.25	1.99	2.26	2.84	1.74	2.41	2.83	2.58	2.44	2.4	2.52	1.83	1.59	2.24	2.53	2.86	1.2	2.8	2.54	2.92	3.13	1.79
22	2.15	1.37	1.68	1.71	1.53	1.6	1.21	2.43	2.08	1.79	2.04	2.56	1.51	2.16	2.77	2.08	2.3	2.5	2.21	1.77	1.2	1.88	2.27	2.58	1.1	2.48	2.42	2.62	2.92	1.68
23	1.87	1.03	1.31	1.38	1.36	1.2	1.19	2.31	1.91	1.61	1.84	2.31	1.37	1.98	2.83	1.81	2.24	2.5	1.99	1.48	1.03	1.58	2.01	2.26	0.9	2.22	2.2	2.42	2.62	1.55

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Julio 2024																												
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	#	28	29	30	31
0	1.4	2.18	1.25	1.31	1.38	2.99	1.37	0.6	1.47	2.55	2.43		1.28	0.99	1.04	2	1.2	0.63	1.05	1.78	1.62	1.59	1.36	1.55	1	2.15	2.08	2.47	1.6
1	1.21	2.48	1.58	1.32	1.18	2.72	0.97	0.6	1.35	2.42	2.37		1.35	1.02	1.22	2.34	1.5	1.05	1.08	1.46	1.27	1.74	1.22	1.94	1	2.01	1.89	2.46	1.4
2	1.03	2.61	1.77	1.48	0.92	2.58	0.83	0.8	1.19	2.31	2.31		1.55	1.1	1.39	2.62	1.8	1.24	1.07	1.13	1.11	1.97	1.46	2.21	1	1.81	1.72	2.28	1.4
3	0.86	2.6	1.89	1.54	0.58	2.37	0.99	1	0.96	2.33	2.11		1.67	1.08	1.36	2.75	1.9	1.28	1.18	0.86	1.46	2.07	1.7	2.38	1	1.67	1.57	2.11	1.3
4	0.62	2.52	1.95	1.47	0.21	2.11	1.1	1.2	0.7	2.14	1.96		1.69	1.04	1.25	2.81	2	1.18	1.25	0.59	1.82	2.14	1.73	2.57	1	1.58	1.36	1.94	1.2
5	0.4	2.49	1.98	1.36	0.23	1.84	1.13	1.3	0.57	2.02	1.91		1.78	1.05	1.17	2.78	2.1	0.84	1.33	0.34	1.82	2.17	1.84	2.77	1	1.47	1.23	1.69	0.9
6	0.36	2.44	1.97	1.24	0.35	1.59	1.2	1.4	0.71	2	1.81		1.84	1.07	1.07	2.67	2.2	0.27	1.4	0.18	1.73	2.2	1.88	2.88	1	1.41	1.11	1.33	0.9
7	0.2	2.12	1.6	0.91	0.05	1.69	1.01	1.2	1.11	2.6	2.64		1.77	0.7	0.82	2.2	1.9	1	0.64	0.92	1.13	2.05	1.25	2.48	1	1.71	1.79	1.59	1.2
8	0.87	0.68	0.48	0.24	1.19	2.17	0.45	0.5	1.86	3.39	3.54		1.7	0.93	1.91	1.17	0.3	3.44	1.98	2.45	0.87	0.64	1.23	1.35	2	2.04	2.66	2.37	1
9	1.58	1.47	1.17	1.46	2.45	2.63	1.72	1.9	2.4	3.72	3.99		2.33	2.02	3.3	1.8	2.6	4.1	2.88	3.48	2.09	1.97	2.66	1.53	3	2.25	3.44	2.93	1.5
10	2.21	1.99	1.91	2.02	2.84	2.92	2.37	2.5	2.71	3.94	4.41		2.93	2.56	3.88	2.25	3.4	4.63	3.41	4.15	2.74	2.63	3.63	2.31	4	2.55	4.22	3.3	2.2
11	2.8	2.4	2.53	2.48	3.13	3.18	2.82	3	2.9	4.18	4.86		3.38	3.09	4.44	2.67	3.9	4.96	3.88	4.76	3.24	3.05	4.63	2.8	4	2.97	4.79	3.69	2.9
12	3.18	2.64	2.89	2.77	3.37	3.39	3.16	3.2	3.17	4.53	5.36		3.76	3.58	4.83	3.05	4.4	5.12	4.25	5.14	3.57	3.47	5.32	3.25	5	3.42	5.14	4.07	3.4
13	3.32	2.75	3.08	2.94	3.5	3.57	3.39	3.4	3.53	4.71	5.64		4.03	3.92	4.96	3.34	4.6	5.16	4.48	5.22	3.78	3.83	5.5	3.62	5	3.86	5.35	4.33	3.9
14	3.26	2.88	3.12	3.02	3.58	3.61	3.59	3.5	3.79	4.71	5.51		4.07	4.06	4.85	3.51	4.6	5.07	4.57	5.03	3.86	4.16	5.25	3.85	5	4.13	5.45	4.4	4.1
15	3.1	3.1	3.06	3.08	3.66	3.52	3.64	3.4	3.88	4.47	4.95		3.96	3.99	4.51	3.54	4.4	4.78	4.54	4.67	3.74	4.29	4.75	3.87	4	4.23	5.38	4.25	4.2
16	2.93	3.36	2.95	3.1	3.41	3.25	3.55	3.2	3.62	3.77	3.82		3.59	3.74	3.89	3.38	3.7	3.99	4.27	4.13	3.51	4.06	3.99	3.72	4	4.04	4.77	3.89	3.9
17	2.65	3.18	2.74	3.02	2.9	2.91	3.3	2.9	3.35	3.41	2.47		3.21	3.28	3.03	3.02	2.9	3	3.45	3.2	3.05	3.5	3.06	3.28	3	3.37	3.54	3.31	3.3
18	2.34	2.67	2.48	2.79	2.6	2.77	3.08	2.8	3.02	3.19	1.97		2.87	2.86	2.32	2.49	2.3	2.39	3.11	2.9	2.74	3.18	2.43	3.01	3	3.17	2.99	3	3
19	1.18	2.02	2.17	2.45	2.51	2.66	2.69	2.5	2.65	2.94		2.41	2.45	2.51	1.79	1.88	1.6	1.81	2.93	2.63	2.44	2.78	1.89	2.56	3	3.07	2.84	2.79	2.6
20	1.07	1.2	1.88	2.14	2.54	2.48	2.21	2.3	2.54	2.79		2.15	2.12	2.23	1.42	1.42	1.3	1.29	2.84	2.47	2.18	2.63	1.44	2.24	3	2.99	2.75	2.64	2.2
21	1.18	0.38	1.65	1.85	2.63	2.24	1.66	2.1	2.6	2.61		1.83	1.8	1.84	1.16	1.19	1	0.95	2.7	2.33	1.95	2.33	1.17	1.97	2	2.81	2.56	2.48	1.9
22	1.47	0.49	1.47	1.67	2.88	1.95	1.19	1.9	2.69	2.48		1.52	1.43	1.43	1.27	1	0.8	0.87	2.26	2.13	1.76	1.97	0.95	1.55	2	2.58	2.47	2.23	1.6
23	1.8	0.87	1.37	1.51	3.07	1.69	0.82	1.6	2.57	2.42		1.34	1.14	1.11	1.62	0.96	0.4	0.91	2	1.94	1.65	1.65	1.16	1.11	2	2.34	2.48	1.89	1.6

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Agosto 2024																														
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
0	1.48	1.66	0.56	1.72	0.9	0.79	0.9	0.84	1.34	2.17	1.86	2.18	1.72	0.86	1.04	0.6	1.4	0.95	1.75	2.13	1.85	1.2	1.03	1.6	2.87	1.94	1.55	2.55	1.75	2.14	2.43
1	1.29	1.97	0.41	1.6	0.87	0.37	1.5	1.31	1.27	2.01	1.89	2.1	1.57	1.02	0.77	1	1.08	0.61	1.4	1.88	1.52	0.9	0.63	1.43	3.14	1.75	1.32	2.28	1.39	2	2.18
2	1.13	2.07	0.43	1.53	0.66	0.5	1.9	1.49	1.37	1.81	1.65	2.08	1.47	1.16	0.55	1.3	0.45	0.92	1.23	1.65	1.11	1.2	0.49	1.27	3.32	1.81	1.26	2.02	1.01	1.95	1.96
3	0.96	1.99	0.59	1.68	0.48	0.89	2	1.33	1.26	1.58	1.35	2.08	1.39	1.31	0.54	1.6	0.17	1.43	1.25	1.61	0.98	1.6	0.48	1.17	3.54	1.94	1.33	1.79	0.74	1.93	1.76
4	0.77	1.92	0.63	1.8	0.5	1.09	1.9	1.18	1.03	1.16	1.16	2	1.31	1.36	0.71	1.7	0.53	1.79	1.35	1.64	1.19	1.8	0.57	1.2	3.5	1.85	1.37	1.72	0.44	2.03	1.61
5	0.62	1.92	0.67	1.71	0.66	1.28	1.9	1.14	1.41	0.78	1.15	1.91	1.37	1.44	0.88	1.7	0.89	2.07	1.33	1.42	1.44	1.8	0.69	1.36	3.09	1.67	1.38	1.76	0.09	2.13	1.63
6	0.57	1.99	0.66	1.49	0.88	1.48	1.9	1.44	1.92	0.44	1.23	1.72	1.54	1.44	0.95	1.7	1.2	2.21	1.4	1.38	1.65	1.6	0.67	1.54	2.64	1.66	1.37	1.74	0.23	2.18	1.71
7	1.35	1.88	0.64	1.7	0.19	1.39	1.3	0.82	2.43	1.04	1.28	2.01	1.82	0.82	0.77	1.3	1.05	1.8	0.87	1.8	1.7	1.2	0.72	2.3	3.44	1.88	1.17	2.01	0.46	2.74	2.14
8	1.77	1.55	1.2	2.18	1.97	0.61	1.1	1.19	3.42	2.2	1.95	2.69	1.74	1.17	2.2	1.4	1.44	1.08	1.56	2.48	1.15	0.8	1.67	3.28	4.76	1.63	0.61	2.38	1.23	3.32	2.68
9	2.15	1.02	1.99	2.69	3	1.1	2	2.41	4.11	3.2	2.46	3.2	1.84	2.22	3.21	2.4	2.71	1.59	2.61	3.06	1.38	0.4	2.19	3.64	5.78	0.39	1.2	2.78	2.11	3.76	3.27
10	2.69	1.05	2.64	3.25	3.79	2.32	2.3	3.16	4.45	3.82	3.09	3.64	2.37	2.9	3.93	3.1	3.28	2.4	3.15	3.53	2.11	0.7	2.52	3.97	6.06	1.32	2.02	3.12	2.81	4.19	3.71
11	3.2	1.7	3.22	3.8	4.35	2.72	2.7	3.65	4.45	4.06	3.65	4.11	3.11	3.5	4.57	3.6	3.67	3.09	3.7	3.95	2.7	1.1	2.71	4.25	5.91	2.83	2.77	3.46	3.37	4.61	4.14
12	3.58	2.29	3.64	4.31	4.76	3.17	3.2	3.96	4.45	4.04	4.19	4.51	3.78	3.91	4.89	3.9	3.86	3.6	4.16	4.23	3.24	1.6	2.96	4.44	5.41	3.85	3.35	3.8	3.8	4.93	4.48
13	3.82	2.73	3.94	4.67	4.93	3.69	3.5	4.23	4.53	4	4.67	4.76	4.22	4.13	4.93	3.9	3.9	3.94	4.53	4.4	3.66	2	3.29	4.59	4.87	4.35	3.83	4.11	4.22	5.25	4.71
14	3.89	2.94	4.07	4.78	4.87	3.96	3.5	4.36	4.62	3.83	4.8	4.91	4.41	4.21	4.74	3.8	3.91	4.07	4.8	4.44	3.89	2.4	3.81	4.62	4.44	4.51	4.22	4.4	4.55	5.49	4.77
15	3.81	3.04	3.95	4.61	4.55	3.87	3.5	4.24	4.64	3.58	4.62	4.86	4.35	4.15	4.45	3.6	3.88	4.03	4.8	4.24	3.89	2.7	4.3	4.63	4.18	4.4	4.44	4.53	4.63	5.58	4.62
16	3.57	3.05	3.4	4.1	3.88	3.23	3.2	3.72	4.16	3.24	4.04	4.45	3.99	3.97	3.97	3.5	3.77	3.99	4.33	3.9	3.68	3.3	4.54	4.36	3.88	4.07	4.36	4.4	4.5	5.09	4.13
17	3.01	2.88	2.63	3.24	3.06	2.26	2.9	2.87	3.18	2.89	3.29	3.41	3.24	3.52	3.23	3.2	3.37	3.68	3.52	3.26	3.37	3.6	3.9	3.7	3.3	3.46	3.83	3.75	3.87	4	3.21
18	2.57	2.66	2.48	2.62	2.54	1.76	2.6	2.59	2.92	2.63	2.97	2.85	2.62	3.23	2.49	2.7	2.99	3.59	3.01	2.81	3.1	3.3	3.59	3.59	3.07	2.97	3.32	3.29	3.35	3.45	2.35
19	2.02	2.33	2.4	2.12	2.16	1.43	2.3	2.25	2.72	2.22	2.78	2.5	2.1	2.73	1.76	2.3	2.62	3.12	2.51	2.49	2.85	3	3.33	3.61	3.02	2.66	3.05	2.93	3.08	3.34	1.9
20	1.43	1.98	2.26	1.73	1.86	1.21	1.9	1.78	2.61	1.86	2.61	2.23	1.67	2.37	1.35	1.9	2.35	2.73	2.27	2.37	2.46	2.7	2.88	3.38	3.01	2.42	3.07	2.71	2.92	3.26	1.95
21	1.01	1.6	2.15	1.53	1.55	0.96	1.4	1.46	2.51	1.57	2.48	1.98	1.22	2.08	1.12	1.9	2.03	2.41	2.25	2.45	2.24	2.4	2.26	2.92	2.96	2.21	3	2.47	2.82	3.07	2
22	0.96	1.13	1.94	1.22	1.27	0.63	0.9	1.61	2.47	1.48	2.42	1.88	0.81	1.72	0.82	1.8	1.7	2.25	2.33	2.28	1.99	2	1.78	2.77	2.65	2.03	2.92	2.27	2.64	2.94	2
23	1.26	0.75	1.82	0.98	1.04	0.45	0.5	1.65	2.27	1.64	2.37	1.88	0.68	1.35	0.46	1.7	1.35	2.01	2.28	2.04	1.59	1.5	1.67	2.91	2.27	1.81	2.75	2.05	2.4	2.67	1.95

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Setiembre 2024																													
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	1.7	2.2	2.39	1.91	3.15	1.88	1.33	2.5	1.24	0.16	1.03	1.37	1.12	1.84	1.97	0.84	1.15	2.31	2.77	0.9	2.53	1.1	1.04	1.45	1.85	2.18	2.3	0.91	1.38	0.7
1	1.32	1.9	2.24	1.73	2.96	1.76	0.98	2	0.9	0.63	1.51	0.99	0.93	2.08	1.91	0.43	1.19	2.17	2.46	1.5	2.15	1.39	0.79	1.24	1.75	2.09	1.9	0.74	1.18	0.57
2	1.02	1.8	2.01	1.46	2.93	1.71	0.64	1.5	0.55	1.08	2.11	0.33	1.1	1.96	1.91	0.39	1.23	2.09	2.06	1.9	1.18	1.67	0.72	1.04	1.63	1.92	1.8	0.83	0.95	0.79
3	0.72	1.6	1.74	1.12	2.92	1.68	0.53	0.9	0.23	1.39	2.48	0.41	1.34	1.77	1.68	1.36	1.29	1.89	1.82	2.3	1.04	1.86	0.89	0.92	1.53	1.51	2.1	1.2	0.76	0.96
4	0.74	1.6	1.37	0.8	2.96	1.79	0.7	0.7	0.57	1.49	2.75	0.81	1.39	1.8	1.25	2	1.3	1.49	1.78	2.5	0.99	1.99	1.05	0.99	1.42	0.94	2.2	1.23	0.51	1.12
5	0.94	1.5	0.88	0.54	3	2.05	0.87	1	1.02	1.58	2.94	1.03	1.37	1.83	0.74	2.25	1.43	1.07	1.74	2.5	0.94	2.12	1.14	1.01	1.24	0.42	1.9	1.12	0.47	1.28
6	1.09	1.4	0.5	0.53	2.94	2.24	0.76	1.2	1.23	1.64	2.97	0.98	1.31	1.83	1.17	2.57	1.43	0.77	1.64	2.4	0.7	2.2	1.12	0.9	1.03	0.17	1.7	0.82	0.48	1.28
7	1.77	1.6	0.33	0.3	3.97	2.12	0.51	1.1	1.25	1.74	2.62	0.76	0.47	1.44	1.38	2.85	0.93	1.25	1.89	1.6	0.79	1.51	1.35	0.96	1.52	0.33	1.7	0.64	0.48	0.27
8	2.74	1.8	0.66	0.28	5.04	0.98	1.37	1.8	0.88	2.45	1.56	1.39	1.66	0.73	1.81	1.69	1.6	2	2.26	1.5	1.93	1.33	2.44	1.6	1.98	1.3	1.8	0.97	1.63	2.09
9	3.6	2.2	1.69	0.55	5.79	1.03	2.14	2.8	1.41	3.12	0.33	2	2.64	1.73	2.09	1.57	2.11	2.79	2.68	2	2.73	2.12	2.96	2.21	2.43	1.32	1.4	1.93	2.46	3.08
10	4.19	2.7	2.64	1.17	6.23	2.04	2.66	3.4	2.48	3.46	1.8	2.85	3.31	2.85	2.75	3.52	2.63	3.49	3.14	2.3	3.58	2.84	3.37	2.74	2.98	0.45	0.7	3.02	3.07	3.62
11	4.69	3.2	3.29	1.89	6.73	2.75	3.11	3.7	3.31	3.67	2.74	3.7	3.9	3.62	3.77	4.37	3.18	4.05	3.58	2.7	4.51	3.39	3.82	3.22	3.59	0.92	0.2	3.41	3.62	3.94
12	5.16	3.5	3.82	2.4	7.26	2.96	3.49	3.8	4.1	3.92	3.46	4.33	4.38	4.19	4.84	4.69	3.65	4.49	3.92	3.2	5.29	3.75	4.18	3.65	4.04	2.08	0.6	3.63	4.21	4.15
13	5.49	3.9	4.17	2.77	6.97	3.11	3.87	3.9	4.71	4.02	3.98	4.6	4.67	4.68	5.88	4.42	4.03	4.81	4.22	3.8	5.72	3.99	4.32	3.94	4.35	3.02	1.2	3.87	4.56	4.24
14	5.45	4	4.29	3.09	5.15	3.2	4.15	4.1	4.94	3.95	4.32	4.69	4.78	5.01	6.4	3.91	4.25	5.01	4.44	4.3	5.62	4.13	4.3	4.16	4.52	3.52	1.7	4.15	4.71	4.17
15	5.06	4	4.16	3.44	3.65	3.34	4.3	4.1	4.82	3.84	4.48	4.59	4.75	5.07	6.32	3.51	4.26	5.05	4.65	4.6	4.91	4.15	4.18	4.24	4.6	3.5	2.3	4.23	4.61	3.96
16	4.23	3.8	3.77	3.7	1.97	3.24	4.01	4	4.24	3.63	4.39	4.24	4.46	4.71	5.35	3.04	3.97	4.63	4.74	4.6	4.01	3.96	3.82	4.1	4.34	3.22	2.9	3.85	4.3	3.63
17	3.18	3.4	3.22	3.3	1.19	2.77	3.27	3.3	3.41	3.06	3.85	3.64	3.63	3.87	3.82	2.33	3.28	3.63	4.09	3.9	3.37	3.33	3.22	3.44	3.42	2.9	2.9	3.2	3.56	3.16
18	2.73	3	2.86	3.11	0.89	2.34	3.04	2.6	2.8	2.43	3.28	3.07	3.14	3.43	3.1	1.8	2.89	3.06	3.28	3.6	3.04	2.7	2.73	3.12	3.04	1.62	2.8	2.71	3.08	3.03
19	2.69	2.6	2.64	3.17	0.77	1.9	2.95	2	2.24	1.94	2.76	2.62	2.82	3.22	2.63	1.34	2.73	2.88	2.6	3.6	2.22	2.28	2.34	2.72	2.98	1.09	2.7	2.42	3.03	3.04
20	2.69	2.5	2.49	3.21	1.02	1.57	2.79	1.6	1.73	1.58	2.52	2.51	2.71	3.13	2.32	1	2.57	2.85	1.92	3.4	1.11	2.08	2.09	2.45	2.96	2.04	2.3	2.24	2.79	2.92
21	2.67	2.6	2.34	3.24	1.27	1.45	2.83	1.5	1.29	1.37	2.17	2.19	2.46	2.91	2.02	0.9	2.39	2.85	1.27	2.7	0.44	1.9	1.96	2.19	2.78	2.63	1.9	2.03	2.35	2.62
22	2.57	2.6	2.2	3.21	1.45	1.51	2.83	1.5	0.86	1.24	1.95	1.94	2.09	2.47	1.75	1.04	2.35	2.94	0.45	2.4	0.48	1.63	1.83	2.03	2.5	2.91	1.4	1.8	1.76	2.26
23	2.4	2.6	2.07	3.26	1.78	1.52	2.72	1.4	0.45	0.99	1.62	1.55	1.76	2.19	1.43	1.09	2.28	2.94	0.06	2.6	0.8	1.31	1.61	1.95	2.26	2.71	1	1.59	1.18	1.85

	Velocidad del viento (m/s) del mes de Octubre 2024																														
HORA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
0	1.7	2.35	2.59	2.46	1.6	1.59	0.8	1.56	0.74	2.3	0.83	2.08	1.19	1.29	1.92	1.1	1.06	0.45	1.44	0.8	1.93	1.6	1.21	1.56	1.17	2.82	2.28	2.4	2.75	2.2	1.97
1	1.7	1.53	2.56	2.48	1.03	1.54	0.72	1.42	0.89	2	0.72	2.31	1.68	1.68	1.67	0.9	1.23	0.55	1.39	0.62	1.87	1.3	0.62	1.83	1.38	2.58	2.23	2.1	2.59	2.47	1.65
2	1.7	0.8	2.61	2.17	0.67	1.38	1.05	1.32	0.85	1.7	0.45	2.46	2.49	1.93	1.16	0.7	1.37	0.61	1.38	0.45	1.85	0.7	0.17	1.95	1.59	2.33	2.11	1.8	2.41	2.58	0.97
3	1.8	0.48	2.46	1.47	0.7	1.4	1.73	1.21	0.71	1.6	0.19	2.51	2.66	2.21	0.56	0.9	1.39	0.58	1.19	0.82	1.85	0.5	0.23	2	1.71	2.1	1.96	1.7	2.2	2.68	0.34
4	1.8	0.6	2.17	0.2	1.13	1.52	2.24	1.2	0.66	1.6	0.11	2	2.53	2.36	0.21	1.8	1.36	0.51	0.84	1.12	1.74	1.5	0.48	2.19	1.69	2.06	1.87	1.7	2.05	2.72	0.38
5	1.7	0.73	1.93	1.36	1.56	1.48	2.53	1.82	0.88	1.5	0.11	2.45	2.35	2.48	1.08	2.1	1.34	0.35	0.48	0.27	1.57	2	0.48	2.31	1.48	2.2	1.75	1.2	1.92	2.67	0.56
6	1.5	0.71	1.91	1.12	1.58	1.72	2.53	2.35	1.17	1.5	0.08	2.68	1.95	2.54	1.69	2.1	1.2	0.15	0.61	1.32	1.32	1.8	0.3	2.31	1.37	2.37	1.7	0.7	2.05	2.58	0.5
7	1.8	0.77	2.68	1.69	2.46	2.84	1.93	0.45	1.6	2.1	0.34	2.55	0.78	2.42	1.47	2	0.62	0.75	0.91	2.03	0.38	1.1	0.48	2.09	1.47	2.98	2.31	1.3	3.49	2.32	0.45
8	2.1	1.78	3.36	2.52	3.66	3.59	0.49	2.43	2.22	2.2	1.24	2.75	0.45	1.89	0.68	1.8	0.34	1.65	1.23	2.34	1.25	1.2	0.66	1.51	1.79	3.52	2.97	2.3	4.71	1.72	0.7
9	2.6	2.59	3.88	2.71	4.43	4.25	1.65	3.03	2.46	2.2	2.1	2.55	0.56	1.46	0.24	1.4	0.39	1.84	1.39	2.48	2.02	1.4	0.52	0.91	2.35	3.83	3.48	3.2	4.99	0.2	0.98
10	3.1	2.92	4.2	3.08	4.97	4.75	2.45	3.67	2.67	2.3	2.92	2.17	0.59	1.5	1.15	0.9	0.57	2.07	1.38	2.31	2.68	1.4	0.28	1	2.79	4	3.8	3.7	5.22	1.38	1.27
11	3.6	3.11	4.39	3.25	5.37	5.01	3.21	4.54	3.16	2.5	3.56	1.77	0.64	1.7	1.92	0.3	0.82	2.33	1.44	2.21	3.33	1.7	0.4	1.68	2.65	4.08	3.86	4.1	5.47	1.87	1.67
12	4	3.3	4.45	3.15	5.55	5.07	3.66	5.1	3.58	2.6	4.04	1.63	0.89	2.37	2.48	0.7	1.2	2.44	1.7	2.41	3.91	2.1	0.79	2.12	2.48	4.22	3.72	4.3	5.69	2.07	2.13
13	4.4	3.56	4.41	3.41	5.53	5.03	4.02	5.21	3.84	2.8	4.16	1.57	1.27	2.87	2.91	1.2	1.7	2.61	1.96	2.8	4.34	2.6	1.51	2.41	2.48	4.28	3.57	4.5	5.79	2.27	2.65
14	4.6	3.76	4.25	4.5	5.32	4.95	4.34	5.11	3.97	3	3.64	1.56	1.67	3.04	3.16	1.8	2.14	2.85	2.15	3.11	4.45	3	2.22	2.51	2.64	4.18	3.75	4.5	5.74	2.56	3.03
15	4.6	3.81	4.07	5.58	4.98	4.7	4.37	4.79	3.9	3.1	2.69	1.52	2.15	3.07	3.28	2.1	2.57	3.13	2.37	3.25	4.47	3.2	2.62	2.81	2.96	3.89	4.05	4.4	5.57	2.89	3.21
16	4.3	3.7	3.81	5.43	4.23	4.18	4.09	4.18	3.71	3.3	1.85	1.48	2.45	3.07	3.12	2.1	2.79	3.16	2.84	3.2	4.28	3.1	2.7	3.38	3.23	3.42	3.95	4.2	5.08	3.16	3.07
17	3.5	3.28	3.27	4.18	3.25	3.27	3.43	3.31	3.16	3.2	1.42	1.32	2.44	2.68	2.6	1.7	2.5	2.83	3.19	2.69	3.52	2.7	2.32	3.47	3.15	2.78	3.34	3.7	3.83	2.99	2.46
18	3.3	3.01	2.94	3.14	2.92	2.38	2.89	2.45	2.8	2.9	1.54	1.16	2.62	2.36	2.26	1.3	1.99	2.62	3.08	2.16	3.28	2.5	1.86	3.3	2.98	2.52	3.11	3.4	2.7	2.69	2.05
19	3.4	2.84	2.69	2.65	2.88	1.75	2.56	2.2	2.68	2.6	1.78	0.76	2.83	2.28	2.07	0.9	1.59	2.55	2.83	1.69	3.08	2.5	1.35	2.96	2.81	2.6	3.1	3.3	2.14	2.57	2.16
20	3.7	3.06	2.85	2.45	2.75	1.31	2.5	2.09	2.6	2	1.95	0.63	2.32	2.31	1.92	0.7	1.22	2.41	2.62	1.05	2.89	2.5	0.76	2.77	2.67	2.9	3.08	3.2	1.59	2.42	2.15
21	3.6	3.19	2.71	2.44	2.48	1.1	2.26	1.84	2.62	1.6	1.91	0.87	1.77	2.31	1.66	0.5	0.87	2.1	2.15	0.7	2.66	2.4	0.54	2.61	2.8	2.67	2.91	3.2	1.27	2.33	2.07
22	3.3	2.97	2.59	2.44	2.07	0.96	2.05	1.49	2.63	1.6	1.82	1.1	0.76	2.23	1.28	0.5	0.51	1.87	1.65	1.27	2.25	2.1	0.77	1.93	2.9	2.31	2.78	3.1	0.9	2.24	2.09
23	2.9	2.77	2.44	2.11	1.7	0.9	1.74	0.92	2.51	1.3	1.88	1.19	0.7	2.12	1.04	0.7	0.35	1.62	1.48	1.74	1.95	1.7	1.22	1.34	2.96	2.21	2.57	3	1.49	2.07	2.1

ANEXO D

Cálculo de potencias para cada dispositivo en el día

			Cuadro de potencia Kw																							
	Horas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Televisión	2.40					2.4																2.4			
	Refrigeradora	0.60	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	Lavadora	3.00									3	3														
	Plancha	3.00									3	3														
	Licuadora	0.90						0.9	0.9	0.9									0.9							
	Frigobar	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	Computadora	0.96						0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96				
	Equipo de sonido	0.06						0.06	0.06	0.06	0.06						0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06				
	Electrobomba	2.00	2						2							2							2			
	Ascensor	2.00					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	Servidores	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	Cámaras de segu	0.20	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Horno microonda	1.20							1.2										1.2							
	Lugar de Ilumina	0.00																								
	Cocina	0.25			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25									0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				
	Baño	0.35						0.35							0.35					0.35	0.35	0.35				
	Comedor	0.50					0.5	0.5	0.5											0.5	0.5	0.5	0.5			
	Piscina	0.50																	0.5	0.5	0.5	0.5				
	Habitación	2.00					2	2												2	2	2				
	Recepción	0.24						0.24	0.24	0.24									0.24	0.24	0.24	0.24	0.24			
	Iluminación exte	1.00	1	1	1	1	1													1	1	1	1	1	1	1
	Iluminación Pasa	0.80				0.8	0.8	0.8											0.8	0.8	0.8	0.8	0.8			
	Suma de potencias		4.2	2.2	2.4	3.2	10.1	9.2	9.3	5.3	10.2	10.1	4.1	4.1	4.5	6.1	4.2	4.4	8.1	9.8	9.8	9.8	10.1	2.2	2.2	2.2

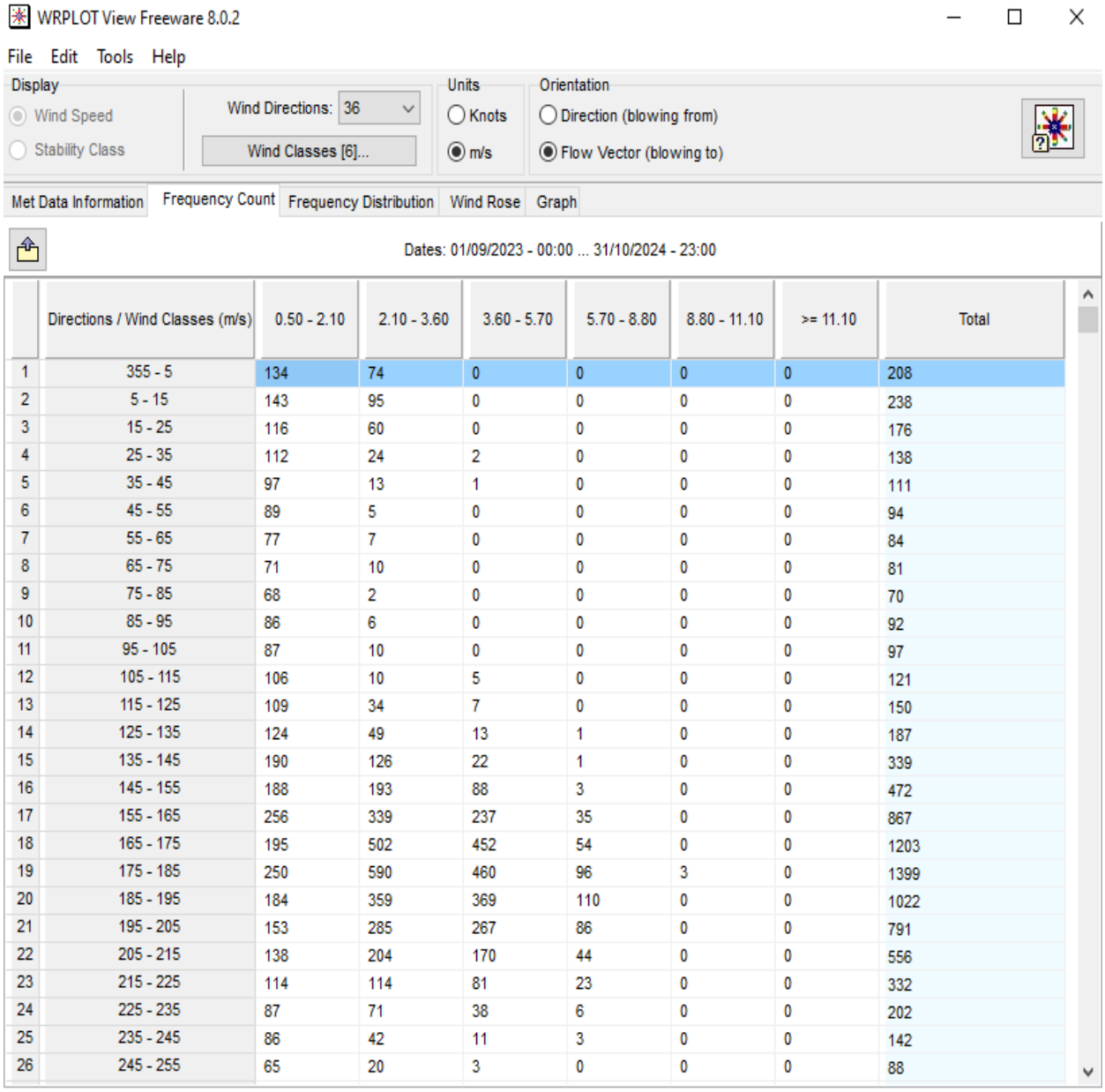
Cálculo de potencias de consumo de los dispositivos por horas en el día

	Cuadro de horas																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Horas totales
Televisión						1.00															1.00				2
Refrigeradora	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	6
Lavadora									1.00	1.00															2
Plancha									1.00	1.00															2
Licuadora						0.50	0.50	0.50									0.50								2
Frigobar	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	6
Computadora						0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40					6
Equipo de sonido						0.40	0.40	0.40	0.40						0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40					4
Electrobomba	1.00						1.00							1.00							1.00				4
Ascensor					0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29				5
Servidores	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	12
Cámaras de seguridad	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	12
Horno microondas							0.25										0.25								0.5
Lugar de Iluminación																									0
Cocina			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00					10
Baño						0.25												0.25	0.25	0.25					1
Comedor					1.00	1.00	1.00											1.00	1.00	1.00	1.00				7
Piscina																	1.00	1.00	1.00	1.00					4
Habitación					0.80	0.80												0.80	0.80	0.80					4
Recepción						0.63	0.63	0.63									0.63	0.63	0.63	0.63	0.63				5
Iluminación exterior	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	12
Iluminación pasadizo				0.50	0.50	0.50											0.50	0.50	0.50	0.50	0.50				4

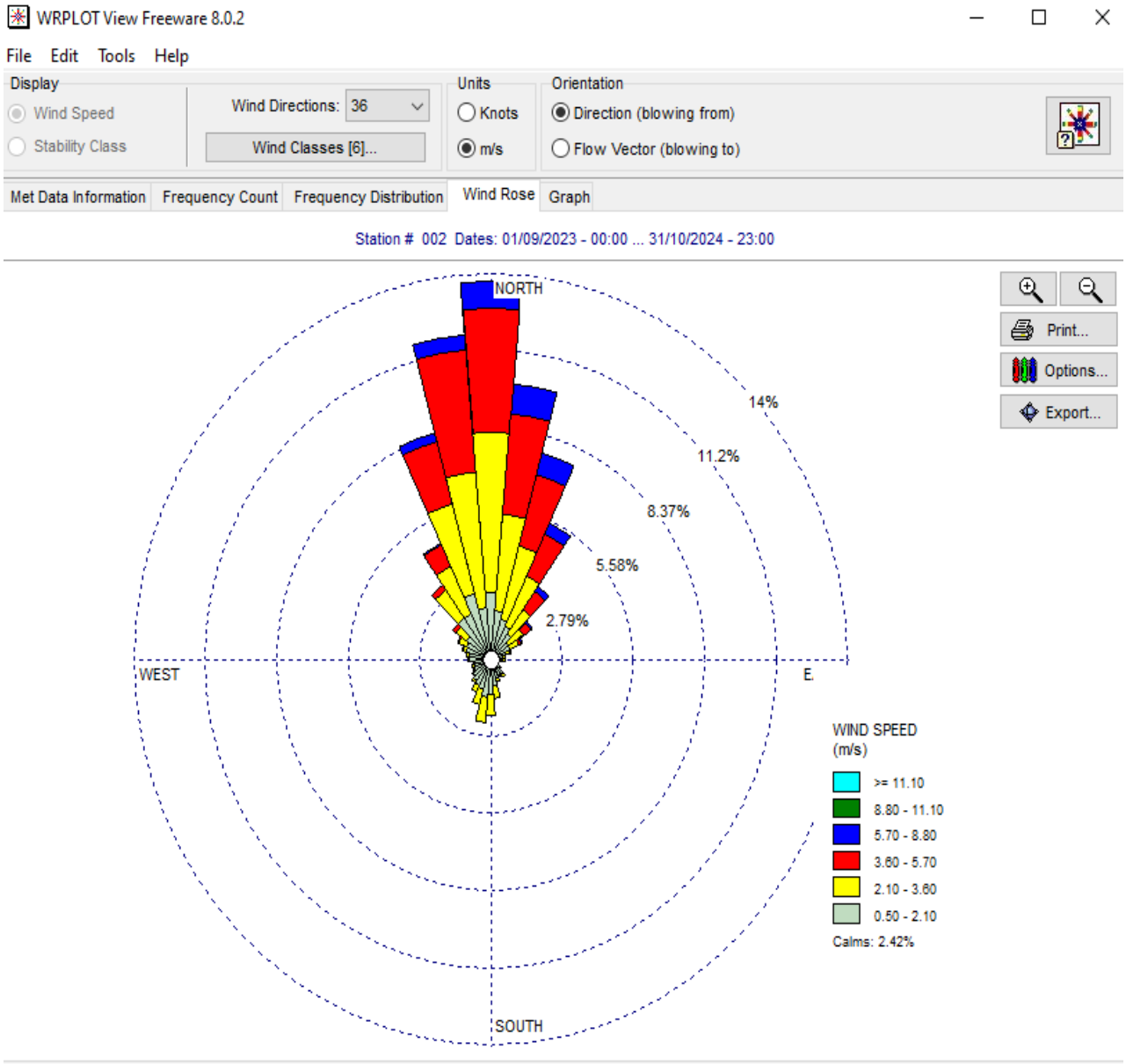
En este cuadro se muestra las horas de consumo de los artefactos en el día, 1.00 es 1 hora, 0.5 es ½ hora, 0.25 es ¼ de hora.

Anexo E:

ROSA DE VIENTOS EN EL PROGRAMA WRPLOT

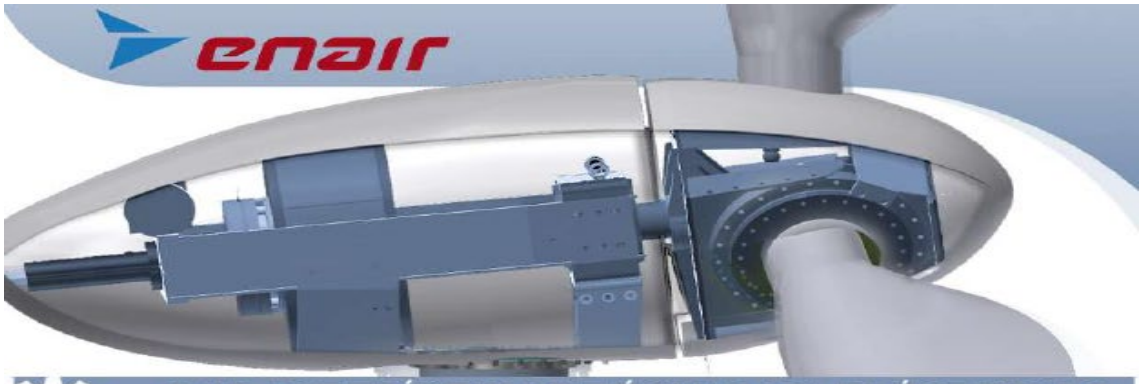


	Directions / Wind Classes (m/s)	0.50 - 2.10	2.10 - 3.60	3.60 - 5.70	5.70 - 8.80	8.80 - 11.10	>= 11.10	Total
1	355 - 5	134	74	0	0	0	0	208
2	5 - 15	143	95	0	0	0	0	238
3	15 - 25	116	60	0	0	0	0	176
4	25 - 35	112	24	2	0	0	0	138
5	35 - 45	97	13	1	0	0	0	111
6	45 - 55	89	5	0	0	0	0	94
7	55 - 65	77	7	0	0	0	0	84
8	65 - 75	71	10	0	0	0	0	81
9	75 - 85	68	2	0	0	0	0	70
10	85 - 95	86	6	0	0	0	0	92
11	95 - 105	87	10	0	0	0	0	97
12	105 - 115	106	10	5	0	0	0	121
13	115 - 125	109	34	7	0	0	0	150
14	125 - 135	124	49	13	1	0	0	187
15	135 - 145	190	126	22	1	0	0	339
16	145 - 155	188	193	88	3	0	0	472
17	155 - 165	256	339	237	35	0	0	867
18	165 - 175	195	502	452	54	0	0	1203
19	175 - 185	250	590	460	96	3	0	1399
20	185 - 195	184	359	369	110	0	0	1022
21	195 - 205	153	285	267	86	0	0	791
22	205 - 215	138	204	170	44	0	0	556
23	215 - 225	114	114	81	23	0	0	332
24	225 - 235	87	71	38	6	0	0	202
25	235 - 245	86	42	11	3	0	0	142
26	245 - 255	65	20	3	0	0	0	88


WRPLOT View Freeware 8.0.2
File Edit Tools Help
Display
Wind Speed
Stability Class
Wind Directions: 36
Wind Classes [6]...
Units
Knots
m/s
Orientation
Direction (blowing from)
Flow Vector (blowing to)
Met Data Information
Frequency Count
Frequency Distribution
Wind Rose
Graph
Station # 002 Dates: 01/09/2023 - 00:00 ... 31/10/2024 - 23:00
Print...
Options...
Export...
NORTH
14%
11.2%
8.37%
5.58%
2.79%
WEST
E.
SOUTH
WIND SPEED
(m/s)
>= 11.10
8.80 - 11.10
5.70 - 8.80
3.60 - 5.70
2.10 - 3.60
0.50 - 2.10
Calms: 2.42%

Anexo F

Ficha Técnica del Aerogenerador ENAIR 20L



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO

GENERADOR	Potencia	20kW
	Configuración	3 fases - 500V - trasmisión directa
AEROGENERADOR	Configuración	3 palas, eje horizontal sotavento
	Potencia nominal	10kW - IEC 61400, limitada por software
	Aplicaciones	Conexión a red - Micro red
	Velocidad rotación	120rpm
	Inicio de rotación	1.85m/s
	Corte producción	30m/s
	Protección	Ip-65/alta protección ambiental
	Peso	1000kg
	Orientación	Orientación aerodinámica
ROTOR	Diámetro	9.8m
	Área de barrido	75.4m²
	Longitud de pala	4.5m
	Material de pala	Fibra de vidrio, resina flex con poliuretano
	Tipo de control	Paso variable activo, regul. electrónica y freno
SISTEMA DE SEGURIDAD DE FRENADO	Paso	Paso variable con control activo Por viento y potencia
	Freno	Freno electromecánico de seguridad
	Control electrónico de:	- Velocidad de viento - Temperatura (opc.) - Voltaje - Fallos en la red - Fallo de sensores
CONTROL DE LA TURBINA	Sistema electrónico	Sistema programable para adaptar la turbina Registro de alarmas
	Software	Software personalizado. Pantalla datos (opc.)
INVERSORES	Inversor	Compatible con los inversores solares de tensión constante a 500V

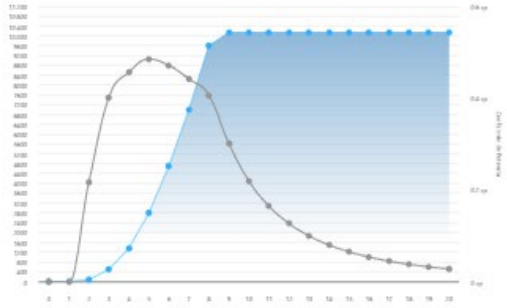
GRÁFICAS DE PRODUCCIÓN

Cp= 0.48

Potencia Energía

CURVA DE POTENCIA

Potencia (W)

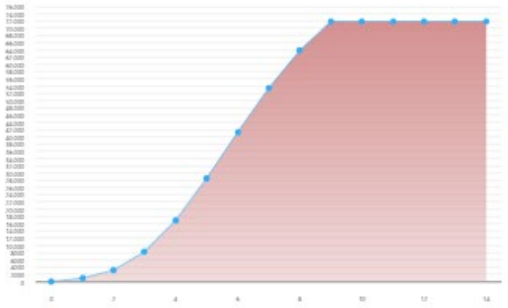


Velocidad del viento (m/s)

Valores representados según la IEC-61400-2.

PRODUCCIÓN ANUAL

Energía anual (Wh)



Velocidad del viento (m/s)

Para realizar un cálculo de producción eólico, es necesario considerar múltiples factores como los valores Weibull, la densidad del aire, el factor de rugosidad del terreno, la temperatura, etc dada la complejidad de los cálculos recomendamos utilizar esta **sencilla herramienta**

La tecnología más avanzada de la minieólica

Mínimo ruido

El ruido está entorno a un 1% por encima del ruido ambiente, siendo prácticamente inapreciable para nuestro oído.

Safety-System

Dispone de 3 sistemas de seguridad activos: freno mecánico, posición stall e inducción magnética y 2 sistemas pasivos: Bloqueo de eje y freno aerodinámico.

Anticorrosivo

Tratado con pintura epoxi se convierte en un conjunto **anticorrosivo** y **anti-salino** ideal para islas y costas.

Máxima eficiencia

Funciona con una simple brisa de **2m/s** y continúa produciendo a más de **40m/s** sin perder eficacia de productividad.

Remote-Control

Permite la customización completa del aerogenerador de más de 700 parámetros de forma remota para garantizar siempre el rendimiento óptimo

Storm-Detection

Algoritmo inteligente de detección de tormentas y bloqueo de seguridad del aerogenerador totalmente automático combinado con el Safety-System.

Anti-Icing and Hermetic

Uretano acrílico de resina estructural con una composición química antiadherente al hielo y de máxima resistencia para temperaturas de hasta -50°C. Sellado herméticamente, perfecto para zonas de costas o desiertos.

Robusto

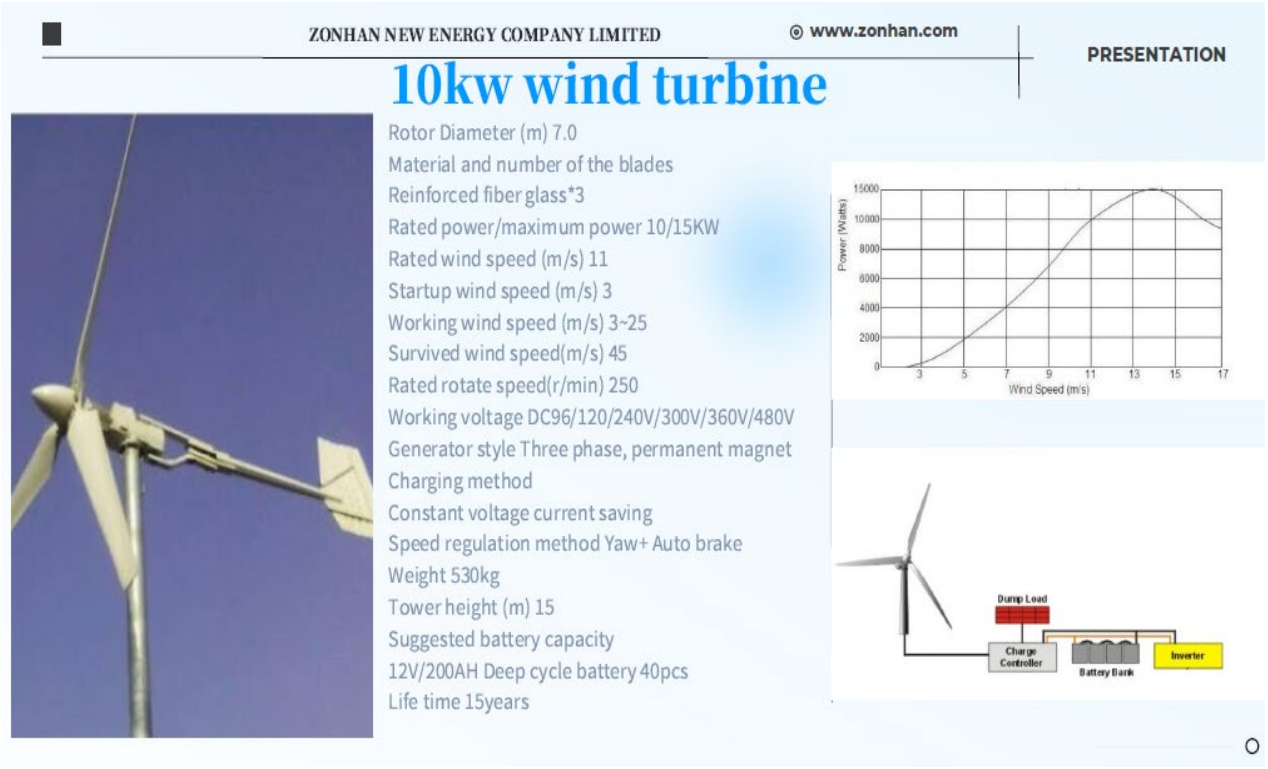
Para poder soportar fuertes vientos y ofrecer una larga vida de operación de más de 25 años todas las piezas del equipo están sobredimensiondas según la norma IEC61400-2; esto implica factores de seguridad de 9 en muchos de los casos.

BBS (Battery Brake System)

Sistema inteligente que mide el nivel de carga de la batería y permite detener el aerogenerador cuando la batería llega a la tensión de consigna retomando la marcha cuando baja su carga.

Anexo G

COTIZACIÓN DE AEROGENERADORES



WIND TURBINE PRICE

RATED POWER OF WIND TURBINE	TOTAL (USD)
500W	$491
1KW	$630
2KW	$830
2.5KW	$961
3KW	$1,327
5KW	$2,804
10KW	$4,884

AEROGENERADOR								
Modelo	AERO 1	AERO 2	AERO 3	AERO 5	AERO 7,5	AERO 10	AERO 15	AERO 20
Datos del propulsor								
Número de palas	3							
Diámetro	2430 mm	2830 mm	3590 mm	4500 mm	4750 mm	5050 mm	6800 mm	8000 mm
Material de las palas	Fibra de carbono y fibra de vidrio							
Sentido de rotación	Sentido contrario a las agujas de un reloj							
Sistema de orientación	Veleta							
Datos generador								
Alternador	Trifásico de imán permanente							
Imán	Neodimio							
Número de polos	16	18	24		30	32	38	52
Número de bobinas	48	54	72		90	96	114	156
Potencia nominal	1.000 W	2.000 W	3.000 W	5.000 W	7.500 W	10.000 W	15.000 W	20.000 W
Tensión	Variable AC							
R.P.M. en potencia nominal	450	400	350	340	320	300	290	250
Regulación	Centrífuga							
Regulador	Solener AERO 1	Solener AERO 2	Solener AERO 3	Solener AERO 5	Solener AERO 7,5	Solener AERO 10	Solener AERO 15	Solener AERO 20
Rendimiento								
Viento de arranque	2,5 m/s							
Viento de potencia nominal	11 m/s	12 m/s	13 m/s	11 m/s		12 m/s	13 m/s	12 m/s
Freno automático	14 m/s							15 m/s
Desviación del aerogenerador	Cola que se desorienta							
Resistencia máxima al viento	25 m/s							
Datos generales								
Longitud	1740 mm	2050 mm	2166 mm	3400 mm		3400 mm	4000 mm	6000 mm
Diámetro exterior	300 mm	320 mm	420 mm			500 mm		700 mm
Peso eólica	110 Kg	130 Kg	150 Kg		170 Kg	180 Kg	300 Kg	800 Kg
Normas	CE							
Garantía	2 años							