

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO
AISLADO PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL ANEXO
QUEBRADA HONDA, DISTRITO DE CATACHE-CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA
EN ENERGÍA**

CHAVEZ FALLA THALÍA ELIZABETH

A handwritten signature in blue ink, reading "Thalía Elizabeth Chavez Falla".

SOLIS ILIZARBE EVELIN PILAR

A handwritten signature in black ink, reading "Evelin Pilar Solis Ilizarbe".

Callao, 2021
PERÚ

A handwritten signature in black ink, reading "Blas Zampalada".
BLAS ZAMPALADA ORLANDO
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
Reg. Colegio de Ingenieros CP N° 134187

(Resolución N°019-2021-C.U. del 20 de enero de 2021)

**ACTA N° 038 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N.º 064 ACTA N° 038 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

A los 16 días del mes setiembre, del año 2021, siendo las 17:25 horas, se reunieron, en la sala meet: <http://meet.google.com/npd-amoz-jcn>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero en Energía** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. Juan Manuel Palomino Correa : Presidente
- Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera : Secretario
- Mg. Vladimiro Contreras Tito : Miembro
- Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa : Asesor

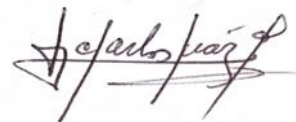
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **CHAVEZ FALLA THALIA ELIZABETH**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energía sustenta la tesis titulada **"DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL ANEXO QUEBRADA HONDA, DISTRITO CATACHE- CAJAMARCA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **14 (catorce)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 18:15 ~~hrs~~ del día 16 del mes y año en curso.



.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente de Jurado



.....
Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera
Secretario de Jurado



.....
Mg. Vladimiro Contreras Tito
Miembro de Jurado



.....
Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa
Asesor

**“DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO
AISLADO PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL ANEXO
QUEBRADA HONDA, DISTRITO DE CATACHE-CAJAMARCA”**

DEDICATORIA

A Dios por habernos guiado siempre nuestro camino, a nuestros padres y hermanos, los cuales con esfuerzo y apoyo constante nos han ayudado a nuestra formación como profesionales y mujeres de bien, infinitamente agradecidas.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a nuestro asesor el
Mg. Adolfo Blas Zarzosa

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	5
INDICE DE IMÁGENES Y OTROS	7
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	13
1.2 Formulación del problema	15
1.2.1 Problema General	15
1.2.2 Problemas específicos	15
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo General	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4. Limitantes de la investigación.....	16
1.4.1 Teórico	16
1.4.2 Temporal.....	16
1.4.3 Espacial.....	16
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.....	18
2.1.1 Antecedentes Internacionales	18
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	21
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 Energía Eólica.....	24
2.2.2 El viento	24
2.2.3 Energía del viento	24
2.2.4 La velocidad del viento.....	25
2.2.5 Instrumentos de medición del viento.....	27

2.2.6	Distribución de direcciones:	27
2.2.7	Ley de Betz	28
2.2.8	Distribución de Weibull.....	29
2.2.9	Energía eólica en el Perú	30
2.2.10	Energía Solar	32
2.2.11	Recurso solar	32
2.2.12	Sistema Sol-Tierra	32
2.2.13	Radiación solar	35
2.2.14	Radiación Solar Extraterrestre	35
2.2.15	Radiación solar terrestre	36
2.2.16	Medición de la energía solar incidente sobre el suelo.....	38
2.2.17	Radiación solar en el Perú	38
2.3	Conceptual	40
2.3.1	Aerogenerador	40
2.3.2	Sistema fotovoltaico	51
2.3.3	Sistema de generación eléctrica por hibridación.....	67
2.3.4	Sistema híbrido eólico fotovoltaico autónomo	68
2.3.5	Generador eléctrico.....	70
2.3.6	LCOE	70
2.3.7	El valor actual neto (VAN).....	72
2.3.8	La tasa interna de retorno (TIR)	72
2.3.9	Software Homer Pro.....	73
2.4	Definición de términos básicos:	74
III.HIPÓTESIS Y VARIABLES		77
3.1	Hipótesis.....	77
3.1.1	Hipótesis General.....	77
3.1.2	Hipótesis Específicas.....	77
3.2	Definición conceptual de variables	77
3.2.1	Variable Dependiente:	77
3.2.2	Variable Independiente:	77
3.3	Operacionalización de variable.....	78

IV. DISEÑO METODOLÓGICO	80
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	80
4.2 Método de investigación	81
4.3 Población y muestra	81
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	82
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	82
4.6 Análisis y procesamiento de datos	84
V. RESULTADOS	85
5.1. Contexto del lugar de estudio.....	85
5.1.1. Ubicación	85
5.1.3 Determinación de la demanda máxima proyectada	86
5.1.4 Evaluación del recurso energético	89
5.1.4.1 Recurso energético solar	89
5.1.4.2 Recurso energético eólico.....	92
5.1.5 Determinación y selección de los componentes de un sistema híbrido	98
5.1.5.1 Evaluación del sistema fotovoltaico	98
5.2. Evaluación del sistema eólico	106
5.3. Sistema de protección y puesta a tierra	110
5.4. Generación eléctrica del sistema híbrido.....	113
5.5. Determinación de la evaluación económica	114
5.6. Presupuesto de inversión del sistema híbrido (Alternativa N°1) .	116
5.7. Costos de operación y mantenimiento	118
5.8. Cálculo de VAN y TIR.....	119
5.9. Determinación del LCOE	121
5.10. Simulación con el software Homer Pro	123
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	130
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	130
6.1.1 Contrastación de la hipótesis general	130
6.1.2 Contrastación de la las hipótesis específicas.....	131
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	133

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	134
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
ANEXOS	141
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	141
ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO	143
ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DEL AEROGENERADOR	144
ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR	146
ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR	147
ANEXO 6: FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA	149
ANEXO 7: FICHA TÉCNICA DEL CONDUCTOR	151
ANEXO 8: FICHA TECNICA DE GENERADOR ELÉCTRICO	155
ANEXO 9: VALORES DE FACTORES DE PÉRDIDA SEGÚN EQUIPO	156
ANEXO 10: VELOCIDADES DE VIENTO A UNA ALTURA DE 10M	157
ANEXO 11: ESTRUCTURA DEL AEROGENERADOR	164
ANEXO 12: ESTRUCTURA DEL PANEL FOTOVOLTAICO	165
ANEXO 13: ESQUEMA UNIFILAR	166
ANEXO 14: DIAGRAMA UNIFILAR	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de longitud consideradas para el estudio del viento	24
Tabla 2. Escala de longitud consideradas para el estudio del viento	40
Tabla 3. Operacionalización de variables	78
Tabla 4. Técnicas e instrumentos para recolección de información	83
Tabla 5. Demanda máxima de energía por vivienda en el anexo Quebrada Honda.....	86
Tabla 6. Carga máxima por día.....	87
Tabla 7. Demanda residencial Anexo Quebrada Honda	88
Tabla 8. Irradiación mensual en el anexo Quebrada Honda	90
Tabla 9. Valores del exponente α para algunos tipos de terreno	93
Tabla 10. Valores de frecuencia absoluta y relativa a las velocidades de viento.....	93
Tabla 11. Valores de Gamma respecto al parámetro k.....	95
Tabla 12. Valores de frecuencia absoluta	96
Tabla 13. Ficha técnica del panel fotovoltaico.....	99
Tabla 14. Variación de valores de panel con respecto a la temperatura.....	100
Tabla 15. Parámetros de regulador.....	101
Tabla 16 Selección de acumuladores	103
Tabla 17. Selección de acumuladores	103
Tabla 18. Tensión de batería	104
Tabla 19. Cálculo de factor de capacidad del aerogenerador seleccionado ..	106
Tabla 20. Generación de energía de sistema fotovoltaico	113
Tabla 21. Presupuesto de equipos del sistema híbrido.....	116
Tabla 22. Presupuesto de equipos de componentes	117
Tabla 23. Costos de equipos del sistema híbrido y tiempo de vida útil	117
Tabla 24. Flujo económico para el Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico Aislado	120
Tabla 25. Producción de energía	122
Tabla 26. Costos de generación global de diferentes fuentes de generación de electricidad	123
Tabla 27. Resultado de hipótesis general	130

Tabla 28. Resultado de hipótesis específica N°1	131
Tabla 29. Resultado de hipótesis específica N°2	131
Tabla 30. Resultado de hipótesis específica 3	132
Tabla 31. Contrastación de los resultados	133

INDICE DE IMÁGENES Y OTROS

Figura 1. Flujo a través de un disco	25
Figura 2. Rosa de los vientos	28
Figura 3. Mapa velocidad media anual del viento a 100 m (UMT-WGS84-S18).....	31
Figura 4. Movimiento de la Tierra respecto del Sol	33
Figura 5. Latitud (ϕ) y ángulo horario (h) para un punto P situado sobre la superficie de la Tierra	34
Figura 6. Posición del Sol respecto de una superficie inclinada.....	35
Figura 7. Componentes de radiación solar	37
Figura 8. Mapa Solar del Perú	39
Figura 9. Tipos de rotores de eje horizontal	43
Figura 10. Distintos tipos de aerogeneradores de eje vertical	44
Figura 11. Coeficiente de potencia frente a la velocidad específica para diversos rotores eólicos.....	45
Figura 12. Relación entre el coeficiente de par C_m y la velocidad específica para distintos tipos de aerogeneradores	46
Figura 13. Componentes de la turbina eólica.....	49
Figura 14. Sistema fotovoltaico Conectado a la Red	52
Figura 15. Sistema fotovoltaico Aislado a la Red	52
Figura 16. Celdas solares fotovoltaicas	55
Figura 17. Conexión en serie de paneles solares	57
Figura 18. Conexión en paralelo de paneles solares	57
Figura 19. Conexión en serie y paralelo de paneles solares.....	58
Figura 20. Diagrama esquemático del sistema híbrido eólico-solar experimental.....	69
Figura 21. Comparación del costo nivelado de la energía: análisis no subsidiado	71
Figura 22. Diagrama lógico	84
Figura 23. Ubicación del Anexo Quebrada Honda	85
Figura 24. Potencia VS Equipos	88
Figura 25. Irradiación mensual VS Mes	91

Figura 26. Frecuencia absoluta VS Velocidad promedio	94
Figura 27. Dispersión Lineal.....	97
Figura 28. Soporte para dos paneles fotovoltaicos	102
Figura 29. Curva de potencia del aerogenerador HUMMER H.2.7-500	109
Figura 30. Soporte del aerogenerador	110
Figura 31. Mapa Ceraunico Catache, Cajamarca	111
Figura 32. Sistema puesto a tierra	112
Figura 33. Ubicación geográfica del anexo Quebrada Honda.....	124
Figura 34. Datos de irradiación solar en el anexo Quebrada Honda.....	124
Figura 35. Datos de la velocidad del viento en el anexo Quebrada Honda....	125
Figura 36. Características técnicas del aerogenerador	125
Figura 37. Características técnicas del panel fotovoltaico	126
Figura 38. Características técnicas de las baterías.....	127
Figura 39. Características técnicas del inversor.....	127
Figura 40. Configuración del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado	128
Figura 41. Resultados de la simulación en el software Homer	128
Figura 42. Contribución de las energías eólica y solar para la generación	129

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado a la red para suministrar energía eléctrica realizada para el anexo Quebrada Honda ubicado en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, la misma que aprovechará los recursos renovables eólico y solar de la zona para la generación de energía eléctrica. La investigación es de tipo aplicada, diseño no experimental transversal, métodos deductivo y analítico. Se utilizó la información documental como las fichas técnicas, la observación permitiendo determinar la irradiación y la velocidad del viento de la zona, así mismo se determinó la demanda energética para las 12 viviendas que conforman el anexo Quebrada Honda, determinando una potencia total 4.64 kW y la demanda total 33.22 kW/día. Con la demanda se dimensionó el sistema híbrido eólico fotovoltaico, la misma que consta de 1 panel fotovoltaico, 1 aerogenerador, 2 baterías para el almacenamiento de la energía a generar por cada vivienda beneficiada. Por otro lado, para dar sustento y demostración del diseño realizado, se utilizó el software Homer Pro el cual brindó opciones de sistemas energéticos renovables confirmando la viabilidad de la alternativa del uso de aerogenerador y paneles solares para cada vivienda beneficiada.

Finalmente se concluyó que la investigación del diseño del sistema híbrido es viable permitiendo la electrificación eléctrica como servicio básico que beneficia al desarrollo social y económico para las 12 familias del anexo Quebrada Honda.

PALABRAS CLAVE: Energía eólica, energía fotovoltaica, demanda energética, sistema híbrido eólico fotovoltaico, anexo Quebrada Honda.

ABSTRACT

The objective of this research is to design a hybrid photovoltaic wind system isolated to the grid to supply electrical energy carried out for the Quebrada Honda annex located in the district of Catache, province of Santa Cruz, department of Cajamarca, which will take advantage of renewable wind resources and solar in the area for the generation of electricity. The research is of an applied type, non-experimental cross-sectional design, deductive and analytical methods. Documentary information such as technical sheets were used, observation allowing to determine the irradiation and wind speed of the area, likewise the energy demand for the 12 homes that make up the Quebrada Honda annex was determined, determining a total power of 4.64 kW and total demand 33.22 kW / day. With the demand, the hybrid photovoltaic wind system was dimensioned, which consists of 1 photovoltaic pane, 1 wind turbine, 2 batteries for storing the energy to be generated by each beneficiary home. On the other hand, to support and demonstrate the design carried out, the Homer Pro software was used, which provided options for renewable energy systems, confirming the viability of the alternative of using a wind turbine and solar panels for each beneficiary home.

Finally, we conclude that the investigation of the design of the hybrid system is viable, allowing electrical electrification as a basic service that benefits social and economic development for the 12 families of the Quebrada Honda annex.

KEY WORDS: Wind energy, photovoltaic energy, energy demand, hybrid photovoltaic wind system, Quebrada Honda annex.

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica desempeña un papel esencial en la sociedad moderna, favoreciendo a la calidad de vida de las personas al permitir el desarrollo de las distintas áreas del que hacer del hombre, tales como educación, manufactura, conservación de alimentos, entre otras que son esenciales en las zonas rurales. En la actualidad el estado peruano ha ejecutado proyectos para el acceso al servicio de electricidad en zonas rurales mejorando la calidad y la eficacia de la prestación del servicio. Sin embargo, aún hay zonas rurales sin acceso a energía eléctrica y resulta problemático debido a distintos factores, sobre todo geográficos, como la distancia entre las distintas localidades situadas en las zonas más remotas e inaccesibles, así como el aislamiento de la población ligado a la carencia o insuficiencia de las vías de comunicación.

El Anexo Quebrada Honda ubicado en el distrito de Catache provincia de Santa Cruz departamento de Cajamarca consta de 60 habitantes distribuidos en 12 viviendas rústicas; cuya actividad económica es la agricultura y la ganadería que permiten el sustento económico de la población, pero no tienen acceso a los servicios básicos como energía eléctrica, agua y desagüe, por tal motivo no pueden desarrollarse en lo social, económico y salud. La principal causa de la ausencia de los servicios básicos es la falta de apoyo y respuesta por las entidades públicas del estado.

La presente investigación “Diseño de un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito Catache-Cajamarca”, tiene como objetivo diseñar un sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a la población de la localidad, aprovechando los recursos eólico y solar, ya que la localidad posee características climáticas idóneas por los vientos fuertes y la radiación solar.

De acuerdo de la normatividad de la Universidad Nacional del Callao la presente investigación consta de 6 etapas. En la primera etapa de la presente tesis se explica los planteamientos del problema, la descripción, objetivos y limitantes de la investigación. En la segunda parte se sustenta el marco teórico compuesto por antecedentes, bases teóricas, conceptual y definición de términos básicos.

En la tercera parte de la presente investigación parte se detalla la hipótesis y las variables. En la cuarta parte se describe la propuesta del diseño y metodología que va dar solución a la falta de suministro de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda. En la quinta parte se da solución al problema de investigación contrastando la hipótesis todo ello se encuentra descrito en los resultados. En la sexta parte se describe la discusión de los resultados. Finalmente se realizan las conclusiones a las que llegamos que tienen relación con nuestros objetivos planteados.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

En el mundo, alrededor de mil millones de personas carecen de acceso a los servicios de energía eléctrica y se espera que 674 millones continúen sin ella en el 2030. La Organización de las Naciones Unidas establece como meta que se alcance un acceso universal a la electricidad, pero “si las políticas actuales y las tendencias de población continúan”, en el 2030 todavía habrá 674 millones de personas viviendo sin electricidad que corresponde el 8% de la población mundial. En materia de renovables, los objetivos de desarrollo de la ONU establecen el incremento sustancial de las fuentes de energías limpias, que en el 2030 cubrirán el 21% del consumo energético total, frente al 17,5% del 2015 (Infobae, 2018).

En España, las viviendas rurales o refugios aislados donde no llega la red de distribución eléctrica se recurren a un sistema de producción autónomo. Un sistema híbrido, es decir el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica y velocidad del viento, para la producción de electricidad, dado que las condiciones meteorológicas que producen ambas energías son complementarias. Garantiza un suministro fiable hasta tres días con ausencia de sol, y con una inversión mucho inferior al coste de hacer llegar la red eléctrica al emplazamiento (Soliclíma).

En Bolivia cerca de 2 millones de personas carecen de energía eléctrica, ante esta realidad se ha ejecutado en el año 2017 el Programa de Electrificación Rural-PER cuyo objetivo principal de implementación fue contribuir a la población de bajos recursos que no tienen acceso a electricidad. En el desarrollo del proyecto se plantearon diversas estrategias dirigidas a resolver el problema de la cobertura, la principal la extensión de redes eléctricas, tanto de baja tensión, como de media tensión, también se usaron las fuentes renovables, como es el caso de los sistemas fotovoltaicos y los sistemas híbridos, compuestos por generación fotovoltaica y diésel para dotar de energía 24/7 a poblaciones concentradas. Fueron más de 4 mil usuarios beneficiados satisfaciendo sus necesidades básicas de iluminación y comunicación (Ballón, 2017).

Según Julio Eisman y Pedro Gamio en su libro titulado Acceso Universal a la Energía y Energías Renovables sostiene que la situación del Perú respecto al acceso de tener un servicio básico de electricidad viene enmarcada por los siguientes datos estimados por organismos oficiales o semioficiales (BID, MEM): electrificación nacional, 92% (75,2% rural), o sea, 2,5 millones de personas sin acceso de la electricidad y alrededor de 2,5 millones de hogares usando combustible tradicional. Como se verá más adelante, estas cifras son estimaciones que pueden ocultar una realidad más desfavorable.

En la región de Cajamarca existen gran cantidad de centros poblados que no cuentan con energía eléctrica, siendo una de estas el Anexo Quebrada Honda, ubicada en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. Está conformado por 12 viviendas las cuales se encuentran separadas entre 50 a 100 metros.

Dicha localidad es una zona aislada de difícil acceso por lo cual se encuentra limitada en la inversión de proyectos de electrificación rural.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo diseñar un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para la electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo determinar la demanda de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca para proyectar el diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural?
- ¿Cómo determinar los parámetros de diseño para dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca?
- ¿Cómo establecer la ubicación óptima del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la demanda de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca para proyectar el sistema fotovoltaico híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural.
- Determinar los parámetros de diseño para dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.

- Establecer la ubicación óptima del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1 Teórico

De acuerdo a Sergio Oswaldo Carrasco Diaz en su libro: “Metodología de Investigación Científica” sostiene: “consiste en organizar en secuencia lógica, orgánica y deductiva, los temas ejes que forman parte del marco teórico en la que circunscriben las variables del problema de investigación. Dicho de otro modo, se debe establecer un dominio teórico donde los temas que explican y definen cada una de las categorías propias del problema que se investiga, estén plenamente relacionados unos con otros” (Carrasco Diaz, 2012 pág. 88).

La presente investigación se encuentra centrada en teorías de la velocidad del viento, radiación solar, electrificación rural. Ya que es de fácil acceso, encontrándose en la web, libros al alcance de todos.

1.4.2 Temporal

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “Es necesario determinar cuál será el período, sea retrospectivo o prospectivo, dentro del cual se realizará el estudio del hecho, la situación, el fenómeno o población investigados. Por ejemplo, si el interés es estudiar el comportamiento de un sector económico, o los indicadores económicos de un país, es indispensable definir durante qué período (años, meses) se realizará tal análisis” (2010 pág. 107).

La presente investigación se encuentra basado en los datos obtenidos del año 2020, tiempo por cual se desarrolló el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado.

1.4.3 Espacial

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “Son aquellas demarcaciones del espacio

geográfico dentro del cual tendrá lugar una investigación. Las investigaciones pueden limitarse a una zona de una ciudad, a una ciudad, una región, un país, un continente, etcétera” (2010 pág. 107).

La presente investigación está limitado al sector rural en la región de la sierra del Perú, el Anexo Quebrada Honda se encuentra en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

- En el artículo traducido titulado “**SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA RENOVABLE HÍBRIDOS AUTÓNOMOS**”, presentado por Bernal José L., España, en el año 2009. Plantea que los sistemas de energía renovable híbridos independientes generalmente incurren en costos más bajos y demuestran una mayor confiabilidad que los sistemas fotovoltaicos (PV) o eólicos. Los sistemas más habituales son FV–Eólica–Batería y FV–Diésel–Batería. El almacenamiento de energía suele estar en baterías (normalmente del tipo plomo-ácido). Otra posible alternativa de almacenamiento, como el hidrógeno, actualmente no es económicamente viable, dado el alto costo de los electrolizadores y las pilas de combustible y la baja eficiencia en la conversión electricidad-hidrógeno-electricidad. Cuando se realiza el diseño de estos sistemas, se suele hacer resolver un problema de optimización en el que se minimiza el Costo Actual Neto (CPN) o, en algunos casos, en relación al Costo Nivelado de Energía (LCE). La correcta resolución de este problema de optimización es una tarea compleja debido al alto número de variables y la no linealidad en el desempeño de algunos de los componentes del sistema. Se revisa las técnicas de simulación y optimización, así como las herramientas existentes que se necesitan para simular y diseñar sistemas híbridos autónomos para la generación de electricidad (Bernal, y otros, 2009).

Esta investigación en mención realizó un estudio de energías renovables limpias, concluyendo que los sistemas híbridos son eficientes, confiables y con bajos costos de inversión para la generación de energía eléctrica.

- En la tesis titulada “**ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE DIFERENTES SISTEMAS RENOVABLES HÍBRIDOS PARA SATISFACER LA DEMANDA ELÉCTRICA EN ISLAS DE PEQUEÑO TAMAÑO: APLICACIÓN A LA ISLA LA GRACIOSA(CANARIAS)**”, presentado por

Penadés Huesca Patricia, para la obtención de ingeniera en Tecnologías Industriales, España, en el año 2020. Cuyo objetivo es el análisis y dimensionamiento de diferentes configuraciones de sistemas híbridos renovables para cubrir las necesidades eléctricas en una isla de pequeño tamaño, con aplicación en el caso real de La Graciosa (Canarias). Todo ello, cumpliendo con los objetivos fijados por la Comisión Europea en materia de implantación de energías renovables. A lo largo del trabajo se realiza un estudio en detalle de la demanda eléctrica, de los recursos energéticos disponibles, de las diferentes tecnologías a emplear y de la normativa consultada. A partir de ahí se fijan unos criterios y restricciones concretas con el fin de seleccionar y proponer distintas configuraciones renovables. Además de compararlas técnica, económica y medioambientalmente con un sistema compuesto por solo la red eléctrica. Estas simulaciones se han realizado con la ayuda del software Homer. Se concluyó que sirve de base para adoptar medidas sostenibles en islas similares de pequeño tamaño y fomentar la implantación de energías renovables (Penadés Huesca, 2019 - 2020).

El trabajo de investigación en mención realizó un análisis y dimensionamiento de diversas configuraciones de sistemas híbridos renovables para suministrar energía eléctrica en la isla La Graciosa ubicado en Canarias con una demanda pico 600 kW. Siendo las óptimas y en coste menores las configuraciones red-fotovoltaica y red-fotovoltaica y eólica.

- En su tesis titulada **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE VIVIENDAS RURALES CON ENERGÍAS VERDES FOTOVOLTAICA Y EÓLICA”**, presentado por Gómez Muñoz Magdiel Alejandro para la obtención de título de Constructor Civil, Chile, en el año 2018. Cuyo objetivo fundamental es diseñar e implementar sistemas con energía fotovoltaica en Chile, está orientada a la generación de energía eléctrica para hogares ubicados en zonas rurales de este país. Concluyendo que los sistemas de energía fotovoltaico son eficientes, presentando ventajas como el coste de la instalación, su durabilidad con un mantenimiento sencillo como revisiones periódicas (Gómez Muñoz, 2018).

La tesis en mención diseñó e implementó un sistema fotovoltaico en hogares de zonas rurales de Chile, así como también el análisis del presupuesto. Comparando las energías renovables eólica y fotovoltaica, se obtuvo que para estas zonas rurales el uso de energía fotovoltaica es más eficiente.

- En el informe de investigación titulada **“AVANCES EN LAS TECNOLOGÍAS PARA OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO POR ENERGÍA SOLAR Y EÓLICA”**, presentado por Rey Benavides Daniel Juliana, Ayala Mogollón Edwin y Barney Jaimes Julián, Colombia, en el año 2019. Este informe presenta una revisión bibliográfica de las tecnologías siendo su objetivo la obtención de energía eléctrica por medio de sistemas de aprovechamiento que involucran las dos fuentes de energías renovables más ampliamente utilizadas mundialmente, la energía eólica y la energía solar fotovoltaica con lo cual se estudian sus principios físicos y térmicos, además de cómo están compuesto el sistema y sus variables críticas de análisis para el diseño y la simulación de este tipo de sistemas. A modo de conclusión plantea que Colombia tiene un adecuado potencial para la implementación de las energías solar fotovoltaica y energía eólica, debido a la favorabilidad de la ubicación geográfica. Las dos tecnologías eólica y solar fotovoltaica son las que presentan más desarrollo, lo cual permite la reducción de los costos de producción de energía eléctrica, es decir un valor por kilowatio-hora competitivo, con las formas de generación eléctrica convencional. (Rey Benavides, y otros, 2019).

El informe de investigación en mención nos presenta el aprovechamiento de dos tecnologías: solar fotovoltaica y eólica para la obtención de energía eléctrica en Colombia, explicando el análisis para el diseño y la simulación. Concluyendo que hay una reducción de costos en la producción de energía eléctrica.

- En el informe titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO AISLADO PARA ABASTECER A LA HACIENDA QUIROLA”**, presentado por Pisco

Vanegas Juan Carlos y Torres Quijije Ángel Iván, Ecuador, en el año 2021. Tiene como objetivo llevar a cabo el desarrollo y simulación de un sistema híbrido eólico-solar para el abastecimiento de energía eléctrica a la “Hacienda Quirola” - Bananera. La realización de este estudio se tuvo en cuenta la potencia de la hacienda, el sistema de riego, el número de puntos de cargas, la potencia de cada bomba de agua, la cantidad de horas que funciona la bomba de agua por día. Teniendo en cuenta el valor de la potencia obtenida por el sistema de riego, se realiza el cálculo de los parámetros necesarios para la selección de los equipos requeridos para la generación de energía, es decir los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador, el banco de baterías, el inversor, entre otros. Debido al buen recurso eólico y solar que se presenta en el sector, se optó por el aprovechamiento de la radiación solar para la producción de la electricidad. Mediante el uso del software se logró modelar y comparar un sinnúmero de opciones de diseño de sistemas energéticos renovables (Pisco Venegas, y otros, 2021).

La presente tesis en mención diseñó un sistema híbrido eólico fotovoltaico con el software Homer, aprovechando los recursos de energía eólica y solar para abastecer energía eléctrica a la hacienda Bananera de 1000 hectáreas ubicada el Cantón Quevedo. Obteniendo una potencia total de 900 W.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

- El informe titulado “**PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN SISTEMAS AISLADOS**”, presentado por Sánchez Fernández para la evaluación final y mejora de la regulación vigente, Lima, en el año 2020. Tiene como objetivo presentar a la Comisión Multisectorial para la Reforma del Sector Eléctrico, la evaluación final del tema corto plazo denominado “Promoción de energías renovables no convencionales (ERNC) en zonas aisladas”, así como, una propuesta de mejora sobre la regulación vigente. De la revisión de los temas asociados a la RER en Sistemas Aislados se ha identificado problemas en la normatividad del subsector eléctrico de los Sistemas Aislados) falta de normativa que regule la operación, asignación de responsabilidades y

resolución de conflictos en los Sistemas Aislados donde opere más de una entidad) limitado acceso de generación independiente RER en los Sistemas Aislados, no obstante que actualmente serían menos costosos que la generación con combustibles líquidos (Sánchez Fernández, y otros, 2020).

El informe en mención propone dos alternativas para enfrentar la problemática y lograr los objetivos específicos del sector en términos de enfatizar las energías renovables, mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono, contar con abastecimiento competitivo, eficiencia en la producción de energía y autosuficiencia, y promover el acceso universal a la electricidad.

- En la tesis titulada **“DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA EÓLICA-FOTOVOLTAICA DE 50 KVA EN EL CENTRO POBLADO DE CHAUCALLA DISTRITO DE TORO Y CHICHAS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”**, presentado por Peralta Berlanga Jhoner Alfredo para la obtención de su título de ingeniero en Mecánica Eléctrica, Arequipa, en el año 2019. Cuyo objetivo es elaborar un diseño de una central eléctrica eólica fotovoltaica de 50KVA para el centro poblado de Chaucalla ubicado en el departamento de Arequipa, beneficiando a los pobladores con energía eléctrica las 24 horas al día durante todo el año. La investigación es de tipo aplicada ya que busca modificar la realidad a través del diseño de una central eléctrica eólica-fotovoltaica. Para elaborar el diseño estudió la teoría de esta tecnología, luego determinó el recurso eólico y solar en la zona, seguidamente se realizó el análisis de la demanda energética donde se determinó que la potencia requerida es 40.635KW y la máxima demanda es 412.2KWH al día. Finalmente realizó un análisis económico calculando el valor agregado neto, tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión concluyendo que el proyecto es factible por los recursos renovables que posee ya que cuenta con una radiación promedio de 6.39 kWh/m² y la velocidad del viento promedio de 4 m/s del anexo.(Peralta Berlanga, 2019).

La presente tesis en mención diseñó una central eléctrica eólica fotovoltaica de 50 kVA aprovechando la radiación solar de y la velocidad del viento del anexo poblado de Chaucalla. Generando 289.246 kWh de energía y garantizando energía eléctrica durante las 24 horas a la población.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Energía Eólica

La energía eólica es consecuencia de la energía que irradia el sol hacia la tierra: alrededor de 174 billones 423 mil millones de kilowatts-hora por día. Es decir, en una hora la tierra recibe (en notación científica) 1.74×10^{17} watts de potencia, que equivalen aproximadamente en promedio a 680 watts por metro cuadrado en la región iluminada. Tan sólo 1 por ciento de dicha energía se transforma en energía eólica y esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la que todas las plantas de la tierra convierten en biomasa (Jaramillo Salgado, y otros, 2010 pág. 21).

2.2.2 El viento

El viento es el aire en movimiento. A escala global se debe a las diferencias de temperatura que provoca la radiación solar sobre las distintas partes del globo terrestre. Las diferencias de densidad y presión originadas por estas variaciones de temperatura son la del movimiento de las masas de aire (Villarrubia López, 2011 pág. 32).

En la siguiente Tabla 1 se consideran las escalas en el estudio del viento:

Tabla 1. Escala de longitud consideradas para el estudio del viento

Escala	Dimensiones (km)	Ejemplos
Planetaria	5.000	Celda de Hadley
Macroescala o Sinóptica	1.000	Ciclones de latitudes medias
Mesoescala	100	Tormentas y brisas
Microescala	5 - 10	Turbulencias

Tomado de Villarrubia López Miguel, 2011, p.32.

2.2.3 Energía del viento

Según el Atlas Eólico del Perú (2008 pág. 9), si el viento puede aprovecharse para la producción de energía, es porque la contiene en forma de energía cinética. Las máquinas respectivas permitirán transformarla en energía mecánica y mediante un generador, en la energía

eléctrica. Hay que considerar un flujo de viento de velocidad U que atraviesa un volumen de longitud diferencial y sección transversal A .)

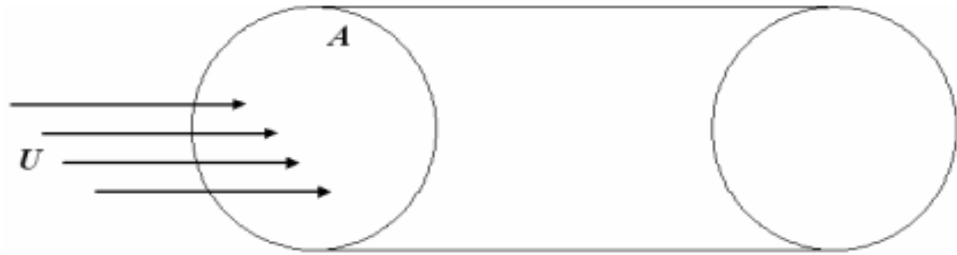


Figura 1. Flujo a través de un disco. Tomada del “Atlas Eólico del Perú”, por Minem. 2008, p.9.

A continuación, se puede definir una nueva magnitud, que mostrará la potencia por unidad de la sección transversal (área barrida), o densidad de potencia, y que vendrá expresada por:

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

Donde:

P: Potencia o energía cinética (W)

A: Sección transversal (m^2)

ρ : Densidad del aire ($kg\ m^3/s$)

U: Velocidad (m/s)

2.2.4 La velocidad del viento

La velocidad del viento es una magnitud vectorial. Aunque el vector velocidad tiene tres componentes, en aplicaciones de energía eólica sólo se consideran las componentes en el plano horizontal (plano paralelo a la superficie terrestre).

La velocidad del viento se caracteriza por dos valores: el módulo de la componente de la velocidad en el plano horizontal (denominada velocidad

o intensidad del viento) y la dirección de donde sopla. Los ejes x e y sobre el plano horizontal se toma según las direcciones E y N, respectivamente (Villarrubia López, 2011 pág. 41).

La velocidad se mide en: metros por segundo (m/s), kilómetro por hora (km/s) o nudos.

Según Miguel Villarrubia López (2011 pág. 42), las variaciones del viento las distinguiremos en variaciones estacionales, variaciones diarias y en variaciones en periodos muy cortos:

- **Variaciones estacionales:** Los vientos globales sufren variaciones estacionales debido a la radiación solar, posición de anticiclones y borrascas, etc.
- **Variaciones diarias:** Los efectos del calentamiento, el enfriamiento diurno o nocturno, la proximidad del mar y las condiciones orográficas producen en muchas zonas variaciones en el viento del carácter diario. Como el caso de las brisas de costa o de montaña.
- **Variaciones en periodos muy cortos:** En un breve periodo de tiempo el viento puede sufrir notables variaciones tanto de velocidad como de dirección.

a) Variación de las características del viento con la altura

Se debe principalmente a turbulencias de orígenes mecánico y térmico. Las primeras causadas por las irregularidades de la superficie del suelo y las segundas, por el gradiente de temperatura que crea corrientes convectivas verticales. La velocidad del viento es teóricamente nula en el punto con el suelo. A medida que nos elevamos en altura, los efectos del rozamiento disminuyen y la velocidad del viento tiende a aumentar” (Villarrubia López, 2011 pág. 46).

Según Miguel Villarrubia López (2011 pág. 46), “en el cálculo de la variación de la velocidad con la altura se distinguen en dos y son”:

- La determinación de la variación de la velocidad del viento medio, viento estacionario o meteorológico (velocidad promedio durante 10 minutos).
- La determinación de la variación con la altura de la velocidad media durante un periodo de larga duración (media diaria, mensual o anual).

2.2.5 Instrumentos de medición del viento

Según el Atlas Eólico del Perú (2008 pág. 9), “el viento matemáticamente es un vector, tiene aproximadamente dos vectores por lo que puede describirse en cada instante de tiempo con dos coordenadas. Para obtener estas coordenadas en un sistema cartesiano, el vector debe ser proyectado sobre cada uno de los ejes definidos más o menos arbitrariamente como x e y. Esto es útil para la previsión numérica del tiempo, pero la manera natural de describir el viento es mediante sus coordenadas polares, el módulo (velocidad) y la dirección. La descripción mediante el módulo y la dirección es conveniente por intuitiva y porque los instrumentos tradicionales de medida del viento evalúan justamente cada una de estas dos magnitudes por separado”.

Según el Atlas Eólico del Perú (2016 pág. 25), “en energía eólica se utilizan principalmente cuatro tipos de instrumentos meteorológicos y son los siguientes”.

- Anemómetros para medir la velocidad del viento
- Veletas para medir dirección
- Termohigrómetros para medir la temperatura y humedad relativa del aire.
- Barómetros para medir la presión atmosférica ambiental.

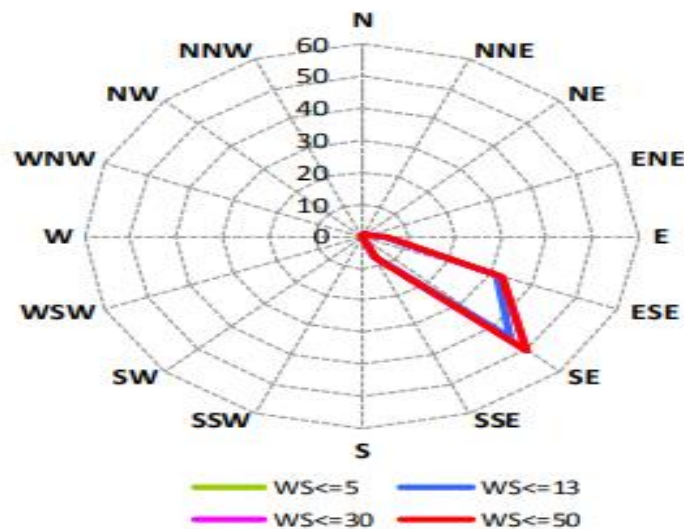
2.2.6 Distribución de direcciones:

a) Rosa de vientos

Según Miguel Villarrubia López (2011 pág. 15), es la representación más usada, es un diagrama polar en el cual se definen para direcciones o rumbos distintos valores relacionados con la velocidad en dirección del

viento. El número de rumbos, cuyos valores principales se hacen corresponder con los puntos cardiales suele ser 8,12 o 16”.

Según el Atlas Eólico del Perú (2016 pág. 25), “las características direccionales del viento son de gran importancia, especialmente para la ubicación de los aerogeneradores dentro de un parque eólico y para conocer la variabilidad direccional del régimen de vientos al que debe responder el sistema de orientación del aerogenerador. La representación más corriente de distribución direccional del viento es la llamada “rosa de vientos”, que representa el porcentaje de tiempo en que el viento proviene de una determinada dirección. Este gráfico suele dividirse en un número de sectores múltiplo de cuatro (12, 16, 32, etc.). Normalmente también se refleja en la rosa de vientos la distribución de velocidades de viento para cada intervalo direccional”.



...

Figura 2. Rosa de los vientos .Tomada del “Atlas Eólico del Perú”, por Minem. 2008, p.25.

2.2.7 Ley de Betz

La Asociación Danesa de la Industria Eólica (2003), “si se intenta extraer con un aerogenerador la energía del viento, se verá que su velocidad disminuye al traspasar la máquina, dado que el rotor de la turbina eólica debe frenar el viento para transformar su energía cinética en rotacional.

Dado que la cantidad de aire que pasa a través del área barrida por el rotor por unidad de tiempo debe ser igual a la que abandona el área del rotor por el otro lado, el aire ocupará una mayor sección transversal (diámetro) detrás del plano del rotor. Si se intenta extraer toda la energía del viento, el aire saldría con una velocidad nula, es decir, el aire no podría abandonar la turbina. En ese caso no se extraería ninguna energía en absoluto, ya que obviamente también se impediría la entrada de aire al rotor del aerogenerador. En el otro caso extremo, el viento podría pasar sin ser para nada estorbado. En este caso tampoco sería extraída ninguna energía del viento. Entonces, se puede asumir que debe haber alguna forma de frenar el viento que esté entremedio de estos dos extremos, y que sea la más eficiente en la conversión de la energía del viento en energía mecánica útil. Esta cuestión fue respondida por Albert Betz en un célebre teorema formulado en 1919”.

Mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{1}{2} \left(1 - \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 \right) \left(1 + \frac{v_2}{v_1} \right) \quad (2)$$

Donde:

v_1 : Velocidad del viento sin perturbar antes de la turbina eólica (m/s)

v_2 : Velocidad del viento después de su paso por el plano del rotor (m/s)

P : Potencia extraída por el rotor (W)

P_0 : Potencia del viento incidente sobre el rotor (W)

2.2.8 Distribución de Weibull

En conocimiento de la ley de distribución de la velocidad del viento permite calcular su potencial energético y la energía anual que puede producir un aerogenerador. Esta ley para un lugar y una altura sobre el nivel del suelo expresa el comportamiento de las velocidades para un año medio, por lo que los valores para un año en particular pueden diferir de los calculados de la misma (Villarrubia López, 2011 pág. 41).

Según el Atlas Eólico del Perú (2008 pág. 9), “la distribución de Weibull, desarrollada detalladamente en 1951 por el sueco Waloddi Weibull del que toma su nombre (Weibull, 1951) es una distribución típicamente utilizada en meteorología especialmente en el análisis de la velocidad de viento. Su expresión matemática que es válida para valores de la variable v iguales o mayores que cero, valores positivos, y valores de los parámetros k y c mayores que cero. Es la que se muestra a continuación”.

$$p(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

Donde:

v : Velocidad del viento (m/s)

$p(v)$: Función de densidad de probabilidad de Weibull

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

También se acostumbra a designar por A

k : Factor de forma que caracteriza la asimetría o sesgo de la función $p(U)$

2.2.9 Energía eólica en el Perú

Según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), “la energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos de aspas. En las últimas décadas, el aprovechamiento de la energía eólica ha progresado hasta convertirse en uno de los pilares fundamentales del suministro de energía renovable. Hoy en día el rendimiento de las instalaciones eólicas se ha multiplicado por 3 en relación con la velocidad del viento. Para poder aprovechar al máximo la energía eólica, estos equipos se asientan sobre torres lo más altas posible. Las mayores instalaciones eólicas del momento tienen una potencia nominal que se sitúa entre los 4 y 6 megavatios (MW). La altura total llega a alcanzar los 200 metros, con una altura de buje de 120 metros aproximadamente. Las palas del rotor alcanzan los 65 metros. Según el

Atlas Eólico del Perú, nuestro país cuenta con un excelente recurso eólico. Destacan las costas del departamento de Piura, Lambayeque y algunas zonas de La Libertad. También destacan los departamentos de Ancash, Lima y Arequipa, pero el departamento con más posibilidades eólicas es Ica”.

Según el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2016), “que el potencial eólico aprovechable del Perú es 22452 MW y a esta fecha se han aprovechado 239 MW en centrales de generación eléctrica, es decir 1% del potencial total”.

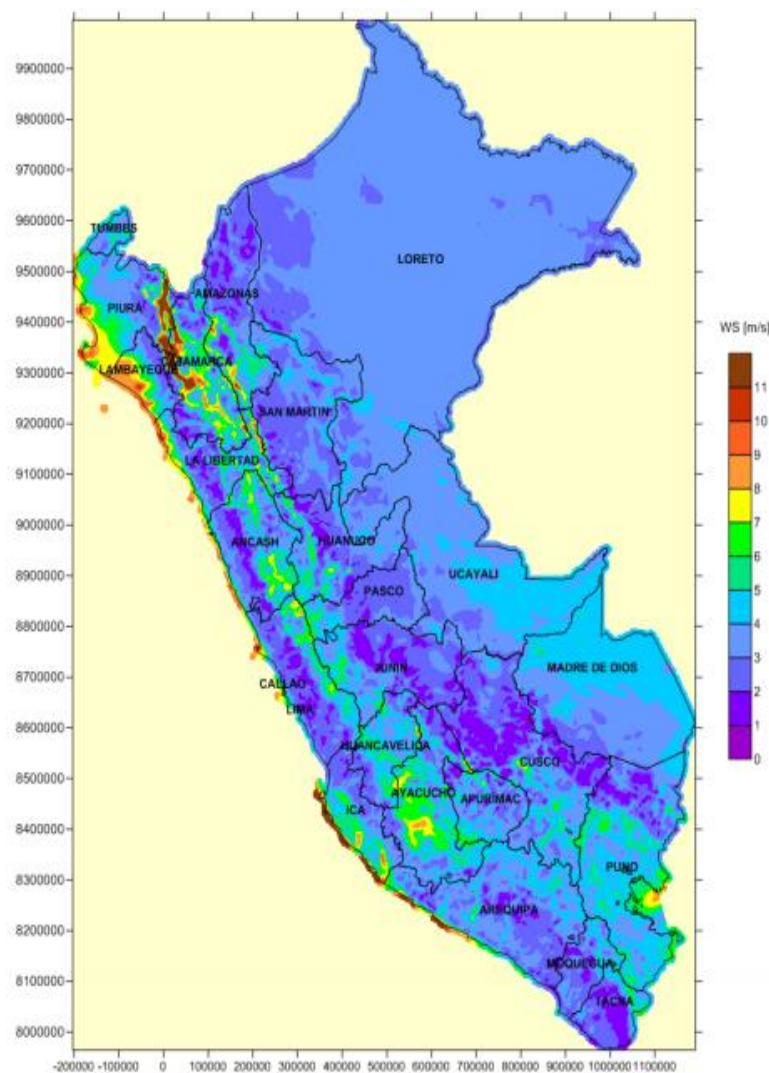


Figura 3. Mapa velocidad media anual del viento a 100 m (UMT-WGS84-S18).

Tomada del “Atlas Eólico del Perú”, por Minem.2016, p.131.

2.2.10 Energía Solar

Según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y minería (Osinergmin), “la energía solar es una de las fuentes de la vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía”.

2.2.11 Recurso solar

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Benavides Ballesteros, 2010), “se origina por la radiación solar, la energía del sol es el recurso energético con mayor disponibilidad y de origen renovable, se origina por aprovechamiento electromagnético procedente del sol”.

2.2.12 Sistema Sol-Tierra

“El movimiento de la Tierra respecto del Sol puede descomponerse en tres movimientos elementales” (Jutglar, 2004 pág. 9).

Según Luis Jutglar (2004 pág. 9) nos dice lo siguiente:

- **Traslación:** La Tierra se traslada alrededor del Sol siguiendo aproximadamente una trayectoria elíptica de pequeña excentricidad de tal manera que la distancia máxima es sólo 1,017 veces la media y la mínima 0,983 veces la media.
- **Rotación:** La Tierra gira sobre sí misma, alrededor de un eje imaginario que pasa por los polos y que forma un ángulo medio de $23^{\circ}27'$ con la normal al plano de la eclíptica. Debido a esta inclinación, el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre varía a lo largo del año; en verano es mayor que en invierno.
- **Nutación:** A lo largo del año la posición del eje de giro oscila ligeramente alrededor de su posición media.

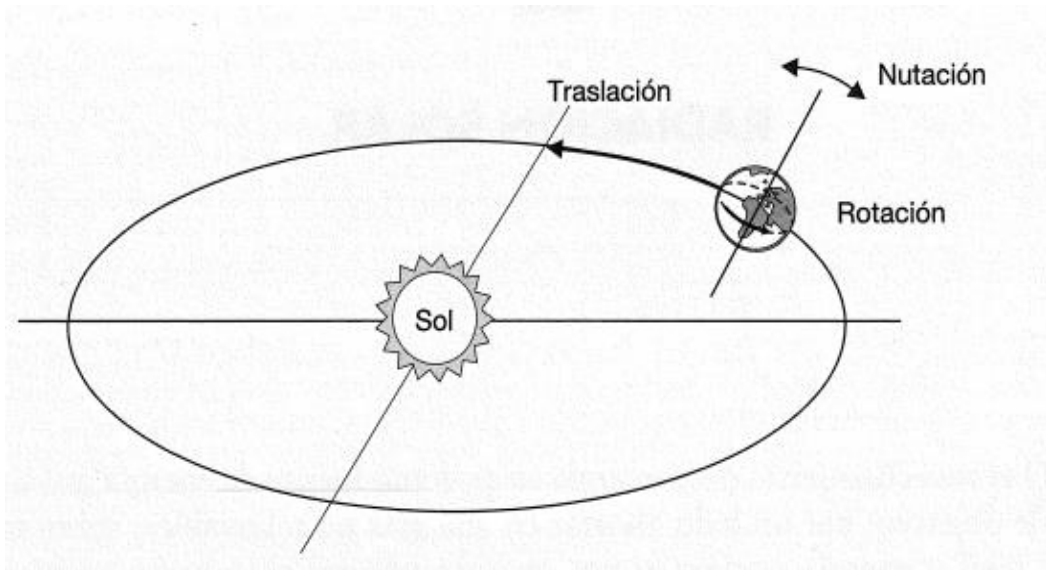


Figura 4. Movimiento de la Tierra respecto del Sol . Tomada de “Energía Solar”, por Jutglar Lluís. 2004, p.9.

a) Posición del Sol en coordenadas horarias

La posición del sol se determina mediante tres ángulos declinación, latitud, ángulo horario” (Jutglar, 2004 pág. 13).

Según Luis Jutglar (2004 pág. 13) nos dice lo siguiente:

- **Declinación (δ):** Es el ángulo que forma el plano del ecuador terrestre con la dirección en que se encuentra el Sol.
- **Latitud (ϕ):** Es el ángulo comprendido entre el paralelo del lugar y el ecuador, tomándose como positivo para el hemisferio norte y negativo para el hemisferio sur.
- **Ángulo horario (h):** Es el ángulo comprendido entre el plano meridiano que pasa por el punto considerado y el plano meridiano que pasa por el Sol.

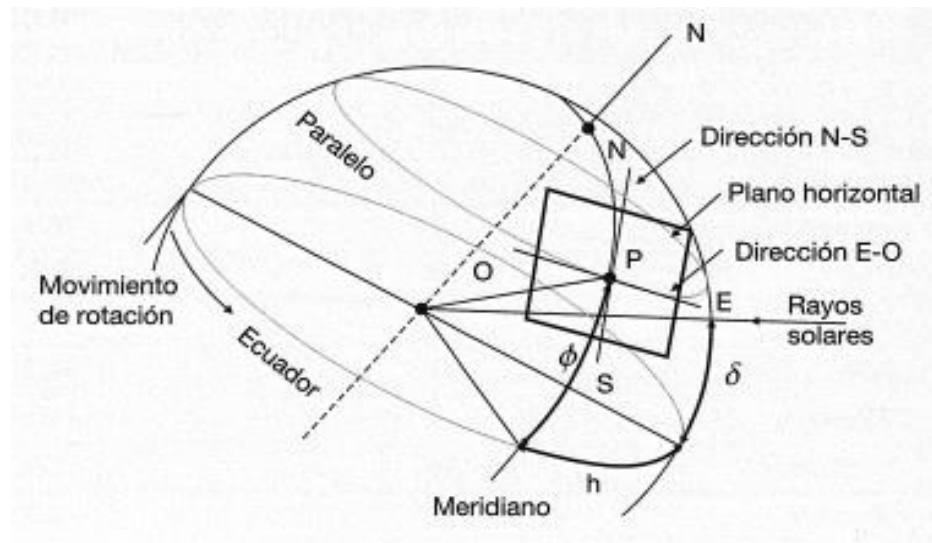


Figura 5. Latitud (ϕ) y ángulo horario (h) para un punto P situado sobre la superficie de la Tierra.
Tomada de “Energía Solar”, por Jutglar Lluís. 2004, p.13.

b) Posición del Sol en coordenadas angulares

Se toma como referencia el plano del horizonte, que es el plano tangente a la superficie de la Tierra en el punto considerado, en lugar del plano ecuatorial y se sitúa el sol mediante dos ángulos azimut y altitud (Jutglar, 2004 pág. 16).

Según Luis Jutglar (2004 pág. 16) nos dice lo siguiente:

- **Azimut (α):** Es el ángulo comprendido entre la dirección sur y la dirección de la proyección del Sol sobre el plano horizontal.
- **Altitud (β):** Es el ángulo comprendido entre la posición del Sol y su proyección sobre el plano horizontal.

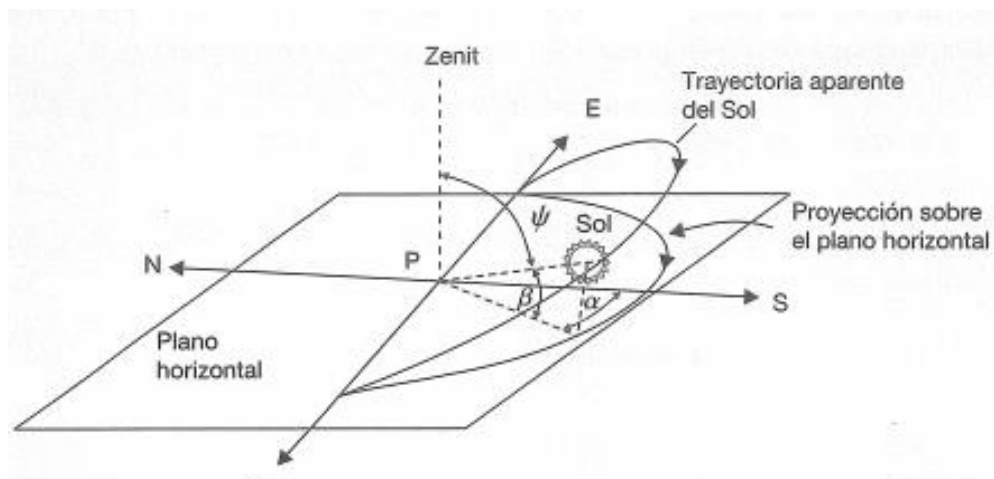


Figura 6. Posición del Sol respecto de una superficie inclinada.

Tomada por "Energía Solar", por Jutglar Lluís. 2004, p.16.

2.2.13 Radiación solar

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Benavides Ballesteros, 2010), es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar. El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera. La radiación es emitida sobre un espectro de longitud de ondas, con una cantidad específica de energía para cada longitud de onda.

2.2.14 Radiación Solar Extraterrestre

La energía radiante por unidad de tiempo que incide sobre una superficie unidad en un momento dado se conoce como irradiancia. La irradiancia recibida por una superficie situada a la distancia media Sol-Tierra y fuera de la atmósfera se conoce como constante solar (I_{SC}). Su valor se ha determinado a partir de datos experimentales, obtenidos de satélites artificiales (Jutglar, 2004 pág. 18).

$$I_{SC} = 1353 \text{ W/m}^2 = 4,871 \text{ MJ}/(\text{m}^2\text{h}) = 1,94 \text{ cal}/(\text{cm}^2\text{min})$$

2.2.15 Radiación solar terrestre

Cuando la radiación solar penetra en la atmósfera, tiene lugar un fenómeno de absorción y dispersión, que depende de la masa, el espesor y la densidad de la capa de aire atravesada y de su composición. Cada molécula presenta unas bandas de absorción, siendo las del agua y del anhídrido carbónico las que causan un mayor efecto cuantitativo; el ozono actúa en la zona del ultravioleta y cuantitativamente no tiene gran importancia, pero sí tiene cualitativamente, puesto que el ozono estratosférico crea una barrera frente a esta radiación que es altamente cancerígena. Sobre una superficie cualquiera situada en la superficie terrestre, incidirán tipos de energía radiante: radiación directa, difusa, albedo, radiación global y radiación total (Jutglar, 2004 pág. 21).

Según Luis Jutglar (2004 pág. 21) nos dice lo siguiente:

- **Radiación directa:** Es la que incide sobre cualquier superficie con un ángulo único y preciso. La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y partículas en la atmósfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. Esto explica que un área con sombra o pieza sin luz solar este iluminado: le llega luz difusa o radiación difusa.
- **Radiación difusa:** Aquella parte de la radiación solar que, por choques sucesivos con moléculas y partículas contenidas en el aire, se ha difundido al atravesar la atmósfera. Es una radiación que procede de

toda la bóveda de cielo visible desde la superficie, no es direccional y puede considerarse que su distribución es casi uniforme para todo el hemisferio celeste.

- **Albedo:** Es la fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie. El albedo es la variable de un lugar a otro y de un instante a otro.
- **Radiación global:** Es la suma de la directa y de difusa.
- **Radiación total:** Es la suma de la directa, de la difusa y el albedo.

$$I_{TOTAL} = I_{Directa} + I_{Difusa} + I_{Albedo} \quad (4)$$

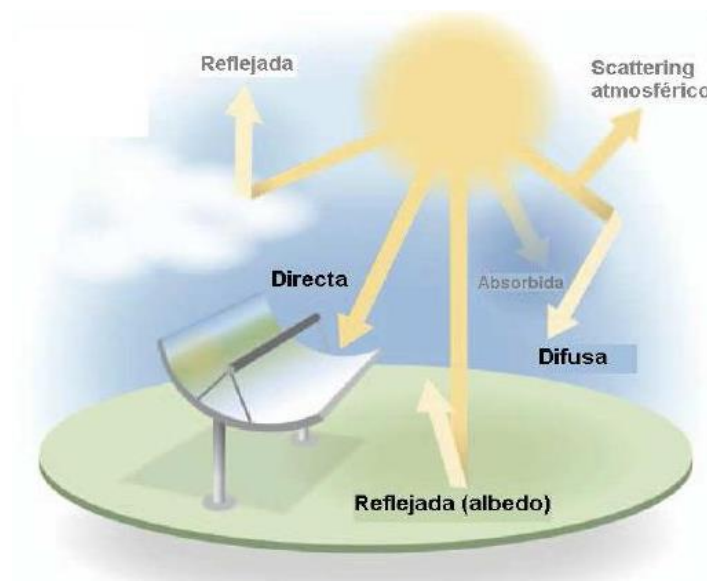


Figura 7. Componentes de radiación solar.

Tomada por “Componentes de la radiación solar”, por Mirez Tarrillo Jorge Luis. 2013

a) Tipos de radiación solar

Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET pág. 1), la radiación del sol contiene tres tipos de rayos:

- El 49% son rayos infrarrojos (IR) que proporcionan calor.

- El 43% son rayos visibles (VI) que proporcionan luz.
- El 7% son rayos ultravioletas (UV).
- El 1% son otros tipos de rayos.

2.2.16 Medición de la energía solar incidente sobre el suelo

Los más utilizados en la medición de la radiación solar, su funcionamiento y aplicación (Jutglar, 2004 pág. 23):

- Piranómetro
- Pirheliómetro
- Heliógrafo

2.2.17 Radiación solar en el Perú

Según el Atlas Eólico del Perú (Senamhi, 2003 pág. 20), el país cuenta con una elevada radiación solar, 5.5 a 6.5 kWh/m²; 5.0 a 6.0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kWh/m². Unas cifras que denotan el altísimo potencial fotovoltaico que tiene el país latinoamericano, el cual debe ser aprovechado para generar energía limpia para sus habitantes.

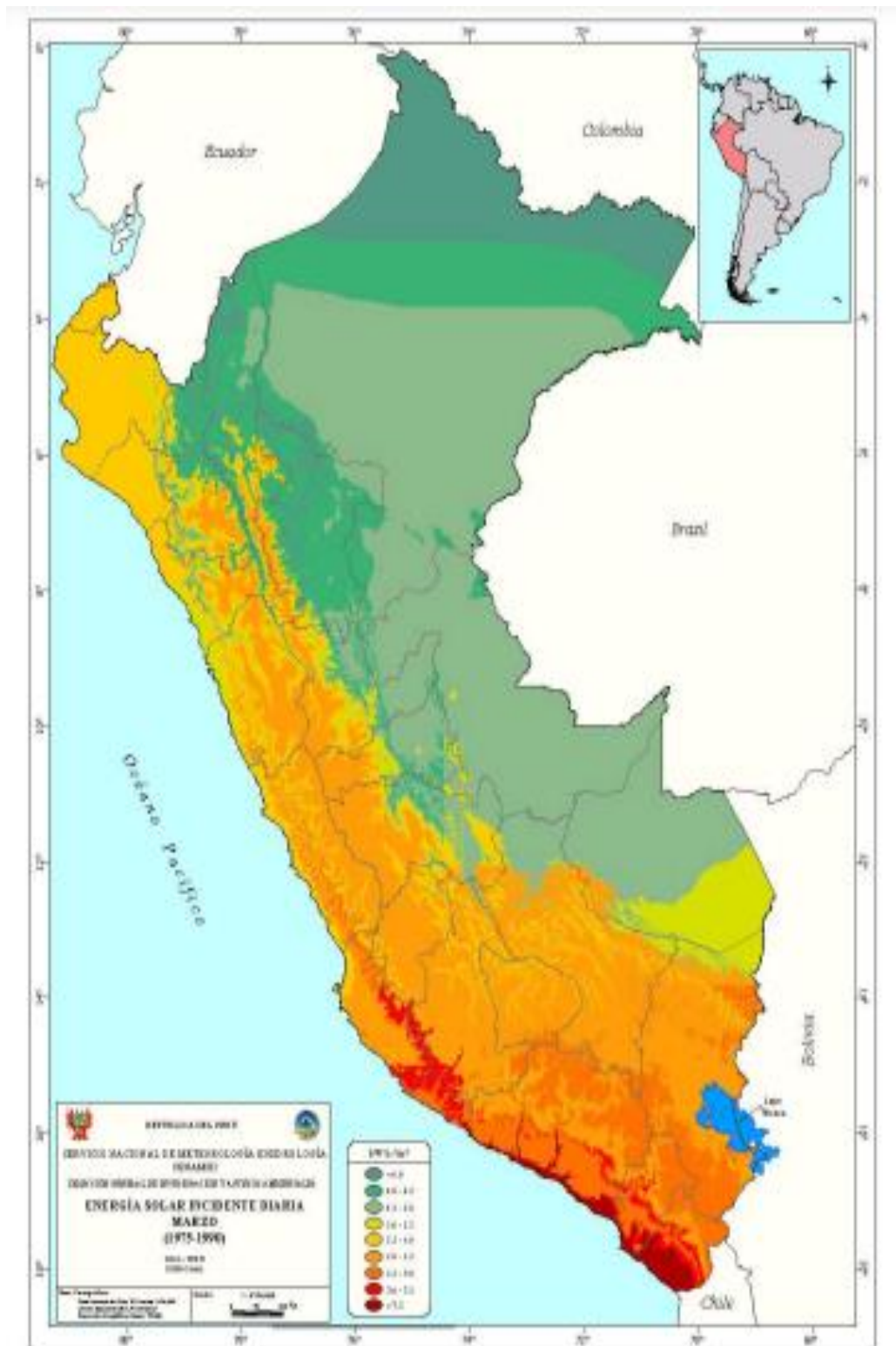


Figura 8. Mapa Solar del Perú . Tomada del “Atlas Solar del Perú”, Senamhi. 2003, p.40.

2.3 Conceptual

2.3.1 Aerogenerador

Un aerogenerador o turbina eólica transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica sin usar combustible, pasando por el estadio intermedio de conversión a energía mecánica de rotación a través de las palas (Asea Brown Boveri, 2012, p.10).

a) Tipos de aerogenerador según el tipo de viento

Para el diseño y selección del aerogenerador depende del tipo de régimen del lugar. La Comisión Electrotécnica Internacional (EC) clasifica los aerogeneradores según la Norma IEC 61400-1, establece requisitos mínimos de seguridad para turbinas eólicas cuyas condiciones de viento vienen definidas por la velocidad y por parámetros de turbulencias.

Los tipos que se indican según la norma se muestran en la siguiente Tabla 2:

Tabla 2. Escala de longitud consideradas para el estudio del viento

PARÁMETRO	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV	CLASES
V_{ref} (m/s)	50	42,5	37,5	30	
$\langle v \rangle$ (m/s)	10	8,5	7,5	6	
Alta turbulencia $I_{t15}(+)$	0,18	0,18	0,18	0,18	Valores a especificar por el proyectista
a (+)	2,0	2,0	2,0	2,0	
Baja turbulencia $I^{t15}(+)$	0,16	0,16	0,16	0,16	proyectista
a (-)	3,0	3,0	3,0	3,0	

Tomado de Villarrubia López Miguel, 2011, p.52.

Donde:

V_{ref} : Velocidad de referencia, es el valor máximo de la velocidad promedio en intervalos de 10 minutos que estadísticamente se presenta cada 50 años. Es decir, es la velocidad máxima a la altura del cubo de la máquina con un periodo de retorno de 50 años (m/s).

$\langle v \rangle$: Velocidad media anual del viento a la altura del buje de la máquina (m/s).

I_{t15} : Intensidad de turbulencia a 15 m (A)

a: Parámetro de variación de la turbulencia (parámetro de la pendiente).

b) Tipos de aerogenerador

Según Miguel Villarrubia López (2011 pág. 132), nos dice que los aerogeneradores pueden clasificarse según diversos criterios.

• Por su principio de funcionamiento

Basados en la fuerza de arrastre o resistencia (drag). Tienen velocidad específica pequeña y un elevado par de arranque. En este grupo se incluyen los aerogeneradores de eje vertical tipo Savonius y los aeromotores multipala de eje horizontal utilizados para el bombeo de agua.

Basados en la fuerza de sustentación (lift)

Tienen una velocidad específica mayor, un par de arranque menor y una mayor producción de energía por unidad de área barrida por el rotor (producción específica). Se destinan básicamente a producción eléctrica. De este tipo, son los aerogeneradores de eje horizontal tipo hélice (bipala, y tripala) y los de eje vertical tipo Darrieus.

• Por la disposición de su eje de giro

De eje horizontal

Su eje de rotación es paralelo a la dirección del viento. Es el tipo más común usado para la producción eléctrica. También se denominan HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine).

Según Miguel Villarrubia López (2011 pág. 134), sostiene que, en un aerogenerador de eje horizontal tipo hélice, se distinguen los siguientes subtemas:

- Un rotor formado por varias palas insertadas en una pieza común denominado buje. Convierte la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación.

- Una caja de engranajes multiplicadora de velocidad (gear box), situada entre el rotor eólico y el rotor alternador, ya que el rotor eólico gira a una velocidad mucho menor que el alternador. En algunas formas de aerogeneradores, provistos de un generador síncrono multipolo se prescinde de la caja multiplicadora y el eje del rotor de la turbina eólica se acopla directamente al eje del alternador.
- Un alternador o generador eléctrico que produce energía eléctrica.
- Una góndola que encierra en su interior el multiplicador de velocidad, el generador eléctrico y todos los sistemas auxiliares de regulación y control.
- Una torre de sustentación de todo el conjunto.

Según Miguel Villarrubia López (2011 pág. 135), clasifica los aerogeneradores de eje horizontal en:

Generadores lentos: Los generadores multipala tienen en general entre 6 y 24 palas. Presentan una baja velocidad específica de diseño (λ) y un gran par de arranque. Su uso más frecuente es para accionar una bomba de agua. Arrancan con velocidades de viento entre 2 y 3 m/s y la velocidad óptima de funcionamiento se sitúa en el entorno de unos 7 m/s.

Generadores rápidos: Tienen dos o tres palas, aunque existen modelos con una sola. La más frecuentes son los tripala. Presentan una velocidad específica (λ) más elevada, tienen un par de arranque pequeño y requieren velocidades de viento de orden de 3 a 4 m/s para su arranque. Son los más utilizados para generación eléctrica, a través de su acoplamiento con un alternador. Su gama de potencias es muy amplia, desde modelos de pequeña potencia (1 kW) usados en instalaciones autónomas a modelos de gran potencia (de 1.000 a 3.000 kW) en parques eólicos.

Generadores de velocidad intermedia: Tienen entre 3 y 6 palas y sus prestaciones están comprendidas entre las de los dos casos anteriores.

En general son de pequeña potencia y su aplicación principal es en equipos autónomos para producción de electricidad. Su presencia en el mercado es escasa.

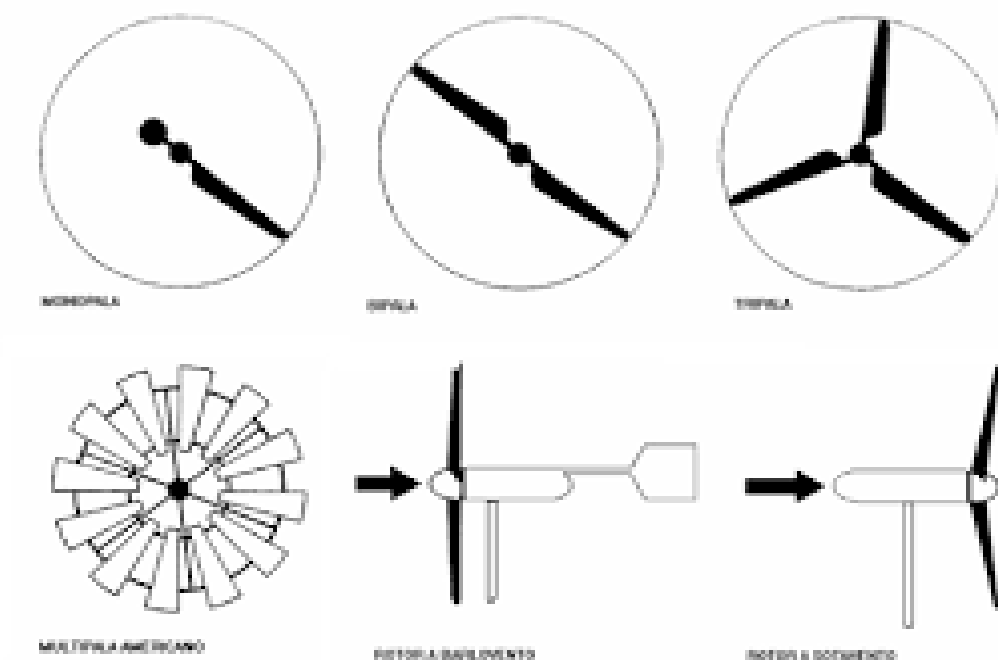


Figura 9. Tipos de rotores de eje horizontal.

Tomada de "Olade". 1980.

De eje vertical:

Su eje de rotación es perpendicular a la dirección del viento. Poco utilizados, los más conocidos son el Savonius con un funcionamiento similar al de un anemómetro de copas y el Darreus de álabes curvados. También se denominan VAWT (Vertical Axis Wind Turbine).

Según Miguel Villarrubia López (2011 pág. 136) sostiene que los aerogeneradores de eje vertical se utilizan mucho menos que los de eje horizontal. La mayoría de los de eje vertical son de dos tipos: de arrastre diferencial que aprovechan la diferencia de la fuerza del viento entre una superficie cóncava y una convexa, de modo similar al funcionamiento de un anemómetro de cazoletas (Savonius), o de rotor de variación cíclica de incidencia (Darrieus).

Los aerogeneradores de eje vertical son muy utilizados por razones técnicas y económicas, por lo que la mayoría de generadores son de eje horizontal. Existen diversos tipos de aerogeneradores de eje vertical. Los más conocidos son:

- Rotor de arrastre diferencial, sin o con pantalla (Savonius).
- Rotor de variación cíclica de incidencia (Darrieus).

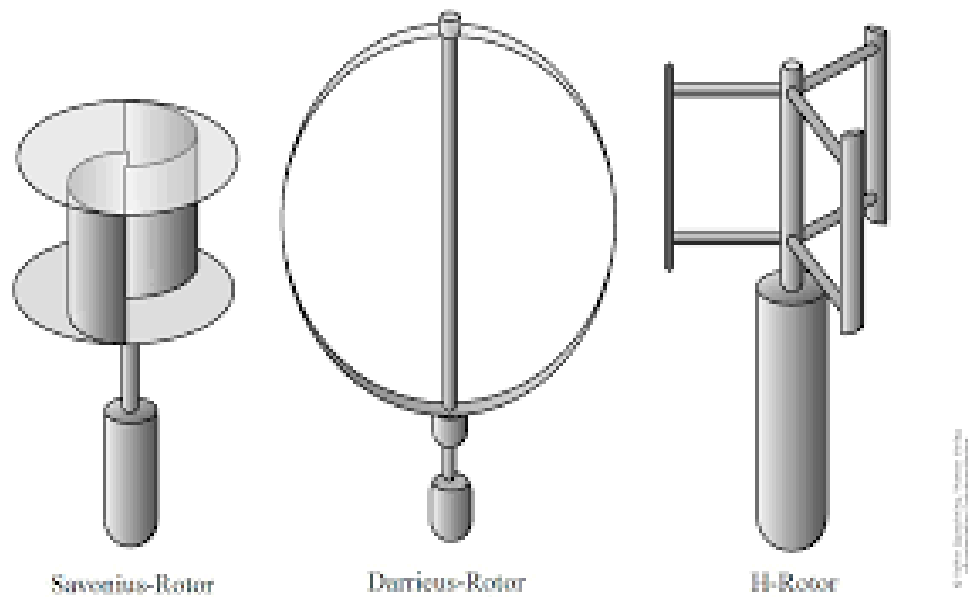


Figura 10. Distintos tipos de aerogeneradores de eje vertical.

Tomada de “Diseño de un aerogenerador tipo H-Darrieus y estudio de la influencia del ángulo de pitch, mediante Mecánica de Fluidos Computacional”, por Del Río Sánchez Saúl. 2017, p.2.

- **Otras clasificaciones**

También pueden clasificarse en función de su velocidad específica (λ) definida como la relación entre la velocidad lineal del extremo de la pala (u) y la velocidad del viento (v). La velocidad específica también se conoce como tip speed ratio (TSR). Según este criterio se clasifican en lentos, intermedios y rápidos. Las eólicas de eje horizontal tipo hélice, bipalas o tripalas, se consideran rápidas y las multipalas lentas o intermedias, según el número de palas. En general, la eólica de eje

horizontal tipo hélice se hace más lenta a medida que aumenta el número de palas.

Otras clasificaciones pueden realizarse según su velocidad de rotación: en rotores de velocidad constante y de velocidad variable, o según el sistema de control de potencia utilizado, como control pasivo o por pérdida aerodinámica (stall) y control activo por variación del ángulo de paso (pitch).

Los generadores de eje vertical (VAWT) presentan como ventajas más relevantes: que poseen una simetría vertical, por lo que no requieren sistemas de orientación, que tienen una mejor accesibilidad, por lo que se facilitan las tareas de mantenimiento y que no requieren mecanismos de cambio de paso.

En general los aerogeneradores de eje horizontal presentan un coeficiente de potencia mayor que los de eje vertical. Este tipo de máquinas son las más usadas para producción eléctrica.

En la Figura 11 se muestra con mayor detalle la variación del coeficiente de potencia frente a la velocidad específica para distintas configuraciones.

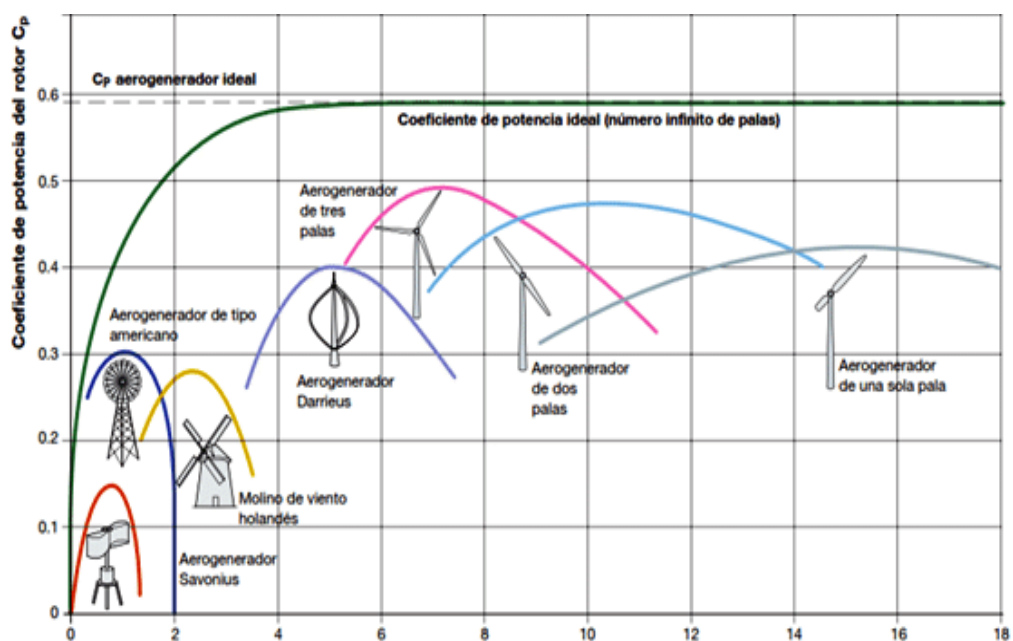


Figura 11. Coeficiente de potencia frente a la velocidad específica para diversos rotores eólicos.

Tomada de “Wind Turbine Operation in Electric Power Systems”, por Lubosny, Z. 2003.

El comportamiento del coeficiente de momento o de par en el eje (C_m) frente a la velocidad específica difiere sensiblemente del coeficiente de potencia (C_p).

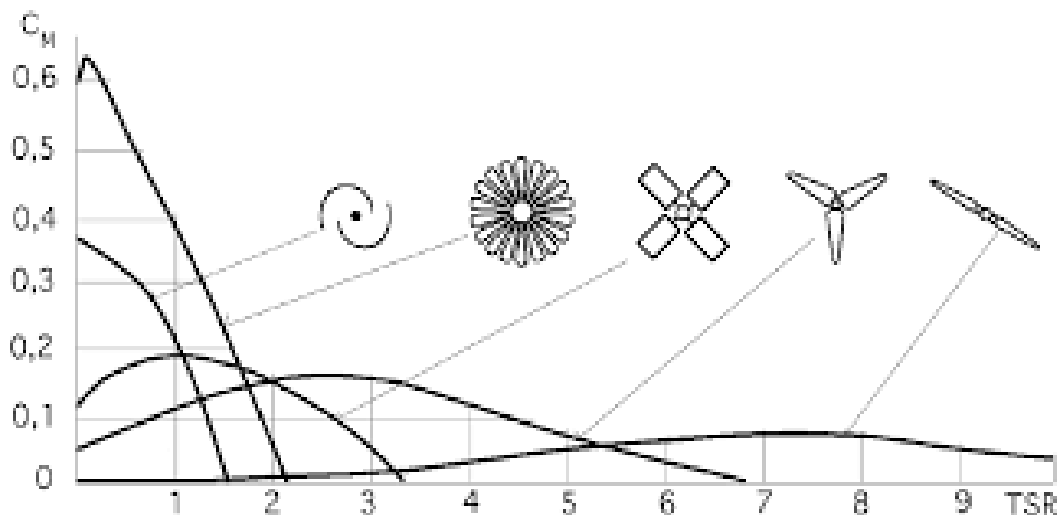


Figura 12. Relación entre el coeficiente de par C_m y la velocidad específica para distintos tipos de aerogeneradores.

Tomada de “Ingeniería de la energía eólica2, por Villarrubia López, Miguel. 2011, p.134.

c) Componentes principales de un aerogenerador

Existen varios tipos de turbinas y cada una puede tener diferentes componentes, dependiendo de la aplicación; sin embargo, se puede reconocer algunos comunes (FOCER, 2002 pág. 8).

- **Góndola**

La góndola es el compartimiento en cuyo interior se encuentra el generador eléctrico, la caja multiplicadora y los sistemas de control, regulación, orientación y frenado. Reposa sobre un anillo que gira impulsado por unos motores engranados a una corona dentada. De esta forma, el plano en el que giran las palas, es siempre perpendicular a la dirección del viento. Generalmente está formada

por una estructura metálica, construida con placas y perfiles de acero, y cuyas paredes pueden ser de distintos materiales, siendo el más habitual la fibra de vidrio (FOCER, 2002 pág. 8).

En la parte superior de la góndola se sitúan los elementos externos superiores (refrigerador, anemómetro, veleta y baliza a los que es necesario acceder para realizar en ellos determinados trabajos de mantenimiento. Cuando se realiza una intervención en ellos es necesario abandonar la góndola, y para evitar caídas es necesario anclarse a la góndola mediante un arnés sujeto a cables de vida o a barras estructurales (Los principales componentes de un aerogenerador, 2019 pág. 6).

- **Rotor**

El rotor es el elemento principal de una máquina eólica, siendo su función la transformación de la energía cinética del viento en mecánica utilizable. Existe gran variedad de rotores y su clasificación más usual se realiza en función de la disposición del eje: horizontal o vertical, de los cuales el primero es el más común.

Los rotores de eje horizontal tienen aspas que giran en un plano vertical como las hélices de un avión. Para sistemas de generación eléctrica, el rotor consiste generalmente en dos o tres aspas y está hecho de fibra de vidrio con poliéster o epoxy; además el cubo que conecta las aspas al eje. Los rotores de sistemas para aplicaciones mecánicas suelen tener más aspas (10 a 20), y giran a velocidades más bajas.

El rotor de una turbina eólica puede variar en tamaño, lo cual afecta la cantidad de energía correspondiente que se puede generar. Por ejemplo, una turbina de 10 kW típicamente tiene un diámetro de rotor de siete metros, mientras que una turbina de 750 kW tiene un diámetro de 24 metros (FOCER, 2002 pág. 8).

- **Palas**

Las palas son los componentes que interactúan con el viento, por lo que se diseñan con un perfil que maximice su eficiencia aerodinámica (Asea Brown Boveri S.A. ABB, 2012 pág. 21).

- **Buje**

En un aerogenerador, el buje es el componente que conecta las palas al eje principal, transmitiéndole la potencia extraída del viento, e incluye los mecanismos de regulación del ángulo de paso. El buje suele ser de acero o de fundición y se protege externamente con una funda ovalada denominada cubierta (Asea Brown Boveri S.A. ABB, 2012 pág. 24).

- **Tren de potencia o conversión mecánica**

El tren de potencia está constituido por el eje de velocidad baja, la caja de cambios de velocidad, el eje de velocidad alta y las balineras o cojinetes que soportan los ejes. Se aplica en sistemas grandes eléctricos para adaptar la velocidad del eje a la del generador. Algunas turbinas no contienen la caja de cambios (FOCER, 2002 pág. 8).

- **Sistema eléctrico**

En sistemas de generación eléctrica, éste se refiere al generador, el cual está acoplado al eje para transformar la energía mecánica en eléctrica. Además, consiste en las interfaces para la conexión a las aplicaciones o a la red eléctrica (FOCER, 2002 pág. 9).

- **Chasis**

Contiene los elementos claves de la turbina, como la caja de cambios y el generador. En turbinas grandes, el chasis puede tener el tamaño de un microbús y el personal de mantenimiento entra a él desde la torre. Usualmente, es una pieza metálica forjada sobre la cual se montan las diferentes partes del tren de conversión

modularmente, al mismo tiempo que lo protege del ambiente y sirve de aislante al ruido mecánico de la caja de cambios y del generador (FOCER, 2002 pág. 9).

- **Generador asíncrono**

Esencialmente es un motor trifásico de inducción, caracterizado por una velocidad de sincronismo que depende del número de polos y de la frecuencia de red. Si el par mecánico que actúa sobre el eje del rotor es motor y no de resistencia —de manera que hace aumentar la velocidad de rotación hasta superar la de sincronismo, el motor eléctrico asíncrono se convierte en un generador que inyecta electricidad a la red (Asea Brown Boveri, 2012, p.25).

- **Generador síncrono**

En este tipo de generador, también llamado alternador, el rotor está constituido por un electroimán de corriente continua o por imanes permanentes. La frecuencia de la tensión inducida sobre el estator (y, por consiguiente, de la corriente producida) es directamente proporcional a la velocidad de rotación del rotor (Asea Brown Boveri S.A. ABB, 2012 pág. 26).

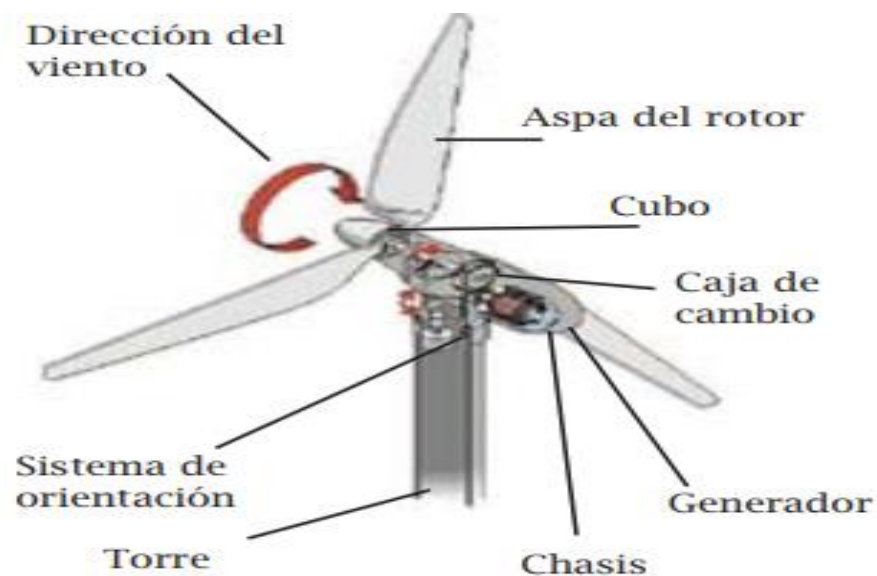


Figura 13. Componentes de la turbina eólica.

Tomada de “Manual sobre energía renovable eólica”, por Focer. 2002, p.2.

- **Sistema de orientación**

Las máquinas de eje horizontal tienen este componente, el cual detecta la orientación del viento y coloca el rotor en su misma dirección para aprovecharlo al máximo. El sistema de orientación está compuesto por el cojinete, los motores eléctricos, los sensores y un freno mecánico (FOCER, 2002 pág. 9).

- **Frenos**

Casi todos los aerogeneradores incorporan frenos mecánicos a lo largo del eje de transmisión como complemento al freno aerodinámico. En muchos casos, además de actuar como "frenos de parking" e impedir que el rotor gire cuando el aerogenerador está fuera de servicio, los frenos mecánicos son capaces de detener el rotor en condiciones meteorológicas adversas. Los frenos mecánicos que se usa comúnmente son de dos tipos: frenos de disco y frenos de fricción" (Asea Brown Boveri S.A. ABB, 2012 pág. 25).

- **Torre**

Las máquinas eólicas deben estar situadas sobre una estructura de soporte capaz de aguantar el empuje del viento que transmiten el sistema de captación y las eventuales vibraciones. Su altura debe ser suficiente para evitar que las turbulencias, debidas al suelo, afecten a la máquina y para superar los obstáculos cercanos. Por ejemplo, una turbina de 750 kW tiene una altura típica de 63 metros. El uso de torres más altas significa un costo mayor al inicio, pero éste disminuye el período de la recuperación de la inversión, debido a que la velocidad del viento aumenta con la altura y logra generar más energía" (FOCER, 2002 pág. 9).

- **Sistema de seguridad**

Este pone la turbina en una situación estable y segura, en caso de que ocurran anomalías tales como pérdida de carga, velocidad de

rotación o temperatura del generador a caja de cambios demasiado altas (FOCER, 2002 pág. 9).

2.3.2 Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico en rasgos generales es el conjunto de varios equipos que permiten que la energía solar se convierta en energía eléctrica que se pueda utilizar.

a) Tipos de sistemas fotovoltaicos

- **Sistema fotovoltaico conectado a la red**

Es uno de los sistemas más utilizados y que es de autoconsumo, en el cual a través de los paneles solares se genera la energía eléctrica para abastecer la casa, el negocio o una empresa, pero esta tiene una capacidad limitada, si se llega a exceder esta cantidad, entra la red eléctrica, que se encarga de seguir suministrando corriente, como se puede apreciar en la *Figura 14*(Wega Lighting).

- **Sistema fotovoltaico aislado**

Este tipo de sistemas independientemente de la red eléctrica permitiendo alimentar consumos que no estén conectados a la misma. Admite la conexión de baterías que almacenaran la energía necesaria para cubrir los consumos eléctricos durante la noche, como se puede apreciar en la *Figura 15* (Wega Lighting).

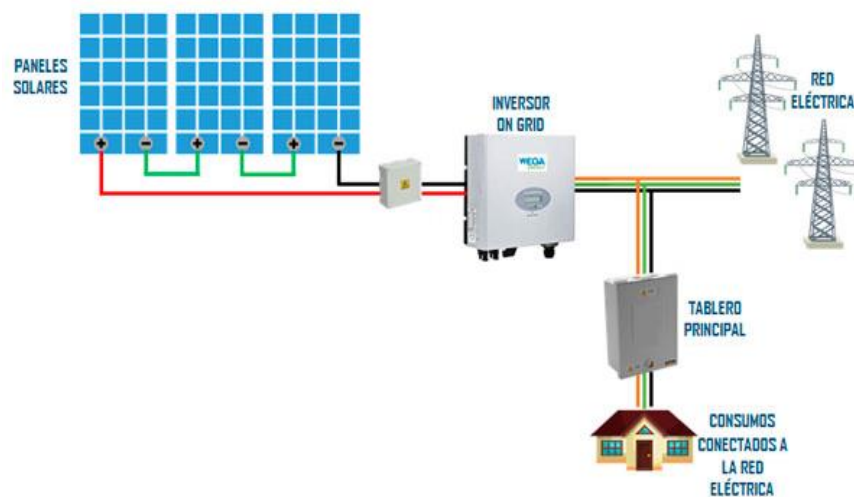


Figura 14. Sistema fotovoltaico Conectado a la Red.

Tomada de "Wega Lighting".

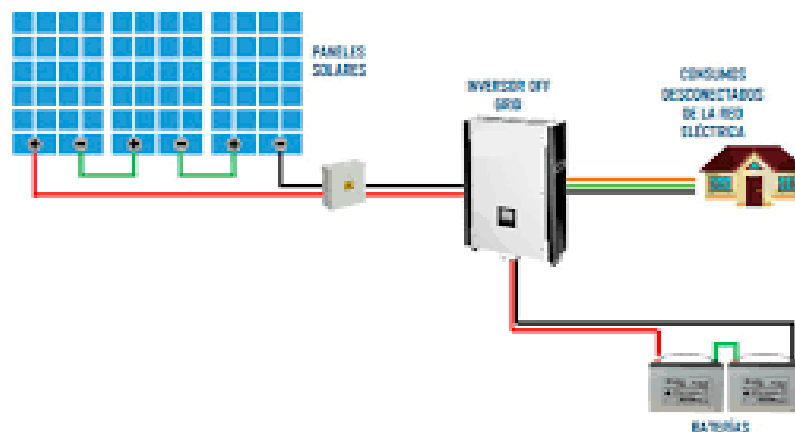


Figura 15. Sistema fotovoltaico Aislado a la Red
Tomada de "Wega Lighting".

b) Cédula fotovoltaica

Una cédula solar no es más que un diodo con una superficie muy amplia, que puede llegar a decena de cm^2 . El proceso de fabricación varía según las cualidades que se quiere obtener como: rendimiento, flexibilidad, economía.

Las celdas solares o de silicio pueden constituirse de cristales monocristalinos, policristalinos o de silicio amorfo. Una diferencia de ellas es en la forma como están dispuestas los átomos de silicio en la

estructura cristalina; otra diferencia de ellas es la eficiencia, las celdas solares monocristalino y policristalino tienen casi el mismo y más alto nivel de eficiencia con respecto a las de silicio amorfo (Sánchez Maza, 2011 pág. 40).

Según Miguel Ángel Sánchez (2011 pág. 40) nos dice lo siguiente:

- **Silicio Monocristalino**

Son de pureza elevada y una estructura cristalina casi perfecta. Se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en crisol a una temperatura de unos 1.400 °C, junto con una pequeña proporción de boro (material menos electronegativo que el silicio). Los módulos fabricados con este material tienen tal calidad que algunos fabricantes los garantizan hasta por 25 años. Se puede apreciar en la *Figura 16*.

- **Silicio policristalino**

Se obtienen de manera similar, con la diferencia que son más baratas en costos. Las planchas son obtenidas por un proceso de moldeo a partir de pasta de silicio formada por múltiples pequeños cristales de silicio, la cual es fundida y vertida en un molde donde se deja asentar lentamente, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos pequeños cristales. Entonces se rebana de menor espesor que los monocristalinos (algunas micras). Su composición a partir de pequeños cristales elementales hace que su color no sea uniforme, sino que presenten diferentes tonalidades de azul. Esta forma de obtención hace que sean más baratas que las planchas monocristalinas, pero no tan eficientes. La garantía del producto puede ser hasta 20 años dependiendo del fabricante. Las cédulas de silicio policristalino son cuadradas porque el molde donde vierte el semiconductor fundido tiene esta forma. Se puede apreciar en la *Figura 16*.

- **Células de lámina delgada**

Llamados thin-films, se considera como tecnología fotovoltaica de capa delgada a todas aquellas células y módulos en los que la capa activa o absorbente tiene un espesor de unos pocos micrómetros.

El éxito de los módulos de lámina delgada se debe a la flexibilidad de esta tecnología en cuanto a la forma y tamaño de los módulos, así como al número de células dentro del módulo, adaptándose fácilmente los requisitos técnicos y los aspectos de diseño. Las tecnologías de capa delgada implican la utilización de materiales tóxicos o que son escasos, aunque presentan buenas características fotovoltaicas su uso se ve limitado por el coste de producción". Se puede apreciar en la *Figura 16*.

- **Silicio amorfo**

Pertenece al grupo de tecnologías de lámina delgada. Es silicio en una forma no cristalina, con defectos en sus enlaces atómicos.

Las células de silicio amorfo se obtienen depositando capas delgadas de silicio sobre un substrato de bajo costo, que puede ser vidrio, plástico o similar y son de color marrón homogéneo. Su proceso para la fabricación es simple y de bajo coste, se asume poca energía lo que hace posible la producción de células a gran escala. Tiene dos desventajas: primero baja conversión en comparación con células monocristalinas y policristalinas; segundo se van afectando por un proceso de degradación en los primeros meses de funcionamiento, reduciendo la eficacia a lo largo de la vida útil.

Son utilizadas cuando se requiere muy poca electricidad como por ejemplo alimentación de relojes, calculadoras, luces de emergencia. Y cuando se busca alternativas más económicas.

La garantía del producto puede ser hasta 10 años dependiendo del fabricante.

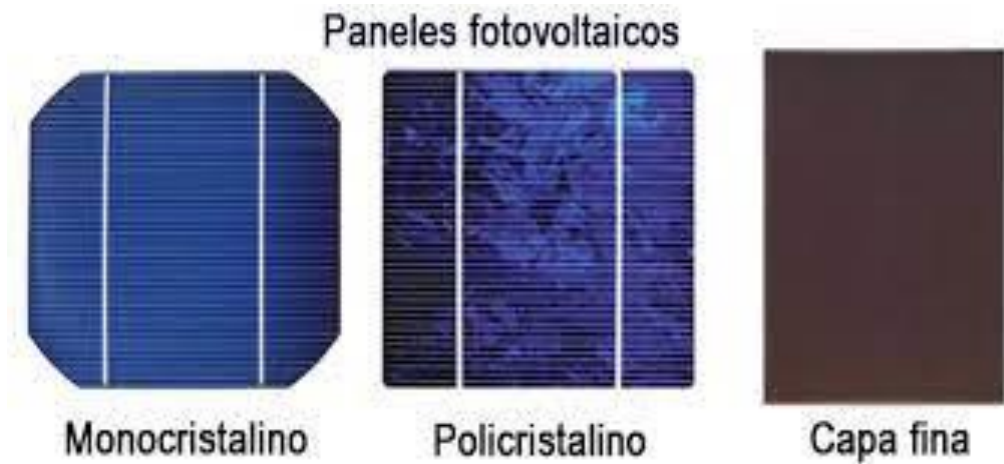


Figura 16. Celdas solares fotovoltaicas. Tomada de “Energías Renovables”. 2014.

c) Módulo fotovoltaico

Los módulos o paneles solares, es un conjunto de células conectadas en serie o paralelo de tal forma que la tensión y corriente del panel sea ajustado al requerimiento deseado, su función es captar energía solar incidente para generar una corriente eléctrica (Sánchez Maza, 2011 pág. 49).

- **Conexión de los módulos**

Un conjunto de módulos conectados entre ellos junto con el cableado y los soportes de la instalación constituyen un generador fotovoltaico. La conexión de módulos fotovoltaicos sigue las reglas básicas de la electricidad. Los módulos se pueden conectar en serie o en paralelo, con la combinación más adecuada para obtener la corriente y el voltaje necesario para una determinada aplicación (Sánchez Maza, 2011 pág. 64).

Según Miguel Ángel Sánchez (2011 pág. 64) nos dice lo siguiente:

Conexión en serie

Se basa en conectar el terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente y así sucesivamente hasta completar la serie. Los terminales del grupo generador estarán en el terminal positivo del último módulo conectado y el negativo del primero. Cuando se conecte los paneles en serie la tensión resultante es la suma de la de todos los paneles, mientras que la intensidad será la proporcionada por uno solo de ellos. Si falla uno de los paneles conectados en serie, puede hacer que el conjunto deje de funcionar: para evitar que esto suceda los diodos de bloqueo puentean ese módulo haciendo que la corriente siga su camino. Normalmente se conectan módulos en serie para conseguir voltajes de 24 o 48 V, en instalaciones autónomas de electrificación y superiores 96 a 114 V en instalaciones conectadas a la red o de alimentación para bombeos directos.

Como se aprecia en la Figura 17.

Conexión en paralelo

Consiste en conectar por un lado los terminales positivos de todos los paneles y por otro los terminales negativos. La salida del grupo generador la forman el terminal positivo común y el terminal negativo, también común. Cuando se conecte los paneles en paralelo la tensión coincidirá con la que proporcione un solo módulo, pero la intensidad será la suma de las intensidades de todos los módulos de manera que el aumento de potencia se basa en mantener la potencia que puede dar un módulo y la suma de intensidades que proporcionen los módulos conectados. Normalmente se conectan módulos en paralelo para conseguir voltajes de 20 o 25 V, en instalaciones autónomas de electrificación y/o bombeos, superiores en instalaciones de conexión a la red de elevada potencia.

Como se aprecia en la Figura 18.

Conexión mixta

Para satisfacer diferentes necesidades de tensión y voltaje, los módulos pueden combinarse en agrupaciones serie-paralelo.

Como se aprecia en la Figura 19.

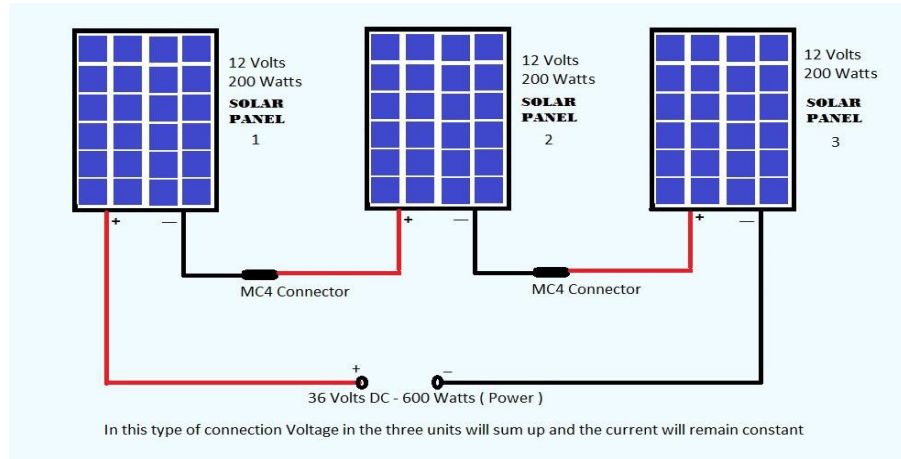


Figura 17. Conexión en serie de paneles solares.

Tomada de "Prostarsolar", elaborado por "Guangdong Prostar New Energy Technology Co., Ltd – Prostar". 2020.

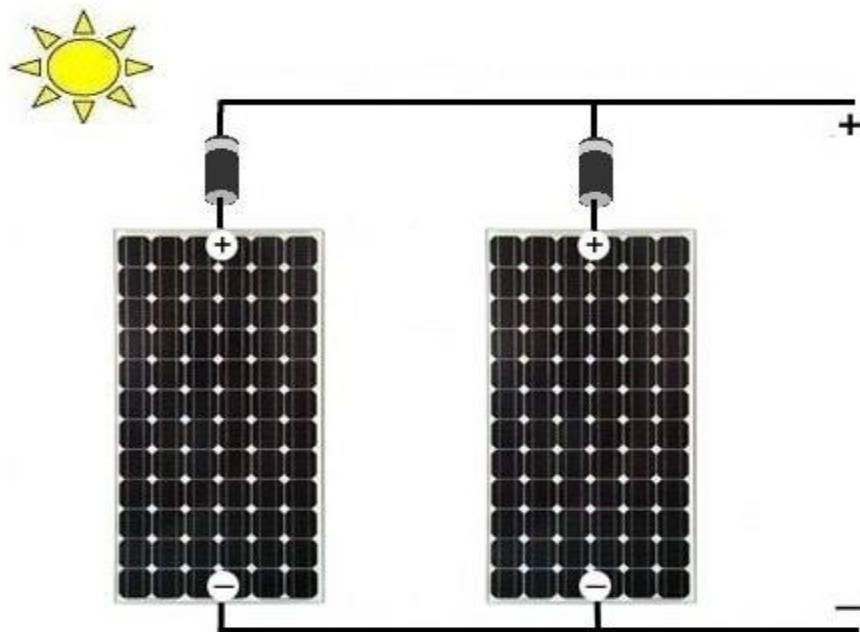


Figura 18. Conexión en paralelo de paneles solares.

Tomada de "MPPTSOLAR".

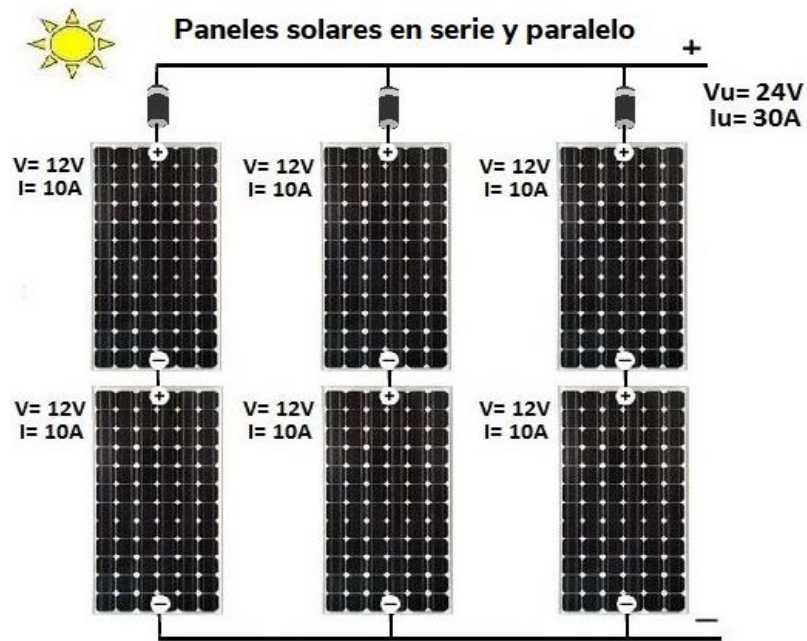


Figura 19. Conexión en serie y paralelo de paneles solares.
Tomada de "MPPTSOLAR".

- **Características de los paneles**

Según Miguel Ángel Sánchez (Sánchez Maza, 2011 pág. 68) nos dice lo siguiente:

Parámetros eléctricos que definen un módulo fotovoltaico

Los parámetros que definen el comportamiento del módulo fotovoltaico son los siguientes:

Intensidad de cortocircuito (I_{cc} o I_{SC}): Se mide la corriente entre los bornes de un panel, cuando éstos se cortocircuitan ($V=0$). La intensidad de cortocircuito de un módulo es igual a la de una de sus células multiplicada por el número de filas conectadas en paralelo. Es la máxima intensidad que se puede obtener de un panel. Experimentalmente se puede medir con un amperímetro conectado a la salida de los bornes del módulo fotovoltaico.

El valor varía de forma proporcional en función de la radiación solar a la cual la cédula o el módulo están expuestas.

Tensión nominal (V_N): Es el valor de la tensión a la cual trabaja el panel.

Tensión a circuito abierto (V_{CA} o V_{OC}): Es el máximo voltaje, que se mediría entre los bornes de un panel si se dejaran los terminales en circuito abierto ($I=0$). Experimentalmente se puede medir con un voltímetro, se toma conectando entre los bornes del módulo cuando no hay carga conectada entre sus extremos. El valor de la medida puede ser mayor que el voltaje nominal del módulo, por lo que hay que seleccionar una escala de téster superior a los 12 o 24 V.

Intensidad de potencia máxima ($I_{Pmáx}$): Es el valor de la corriente que puede suministrar el panel cuando trabaja a máxima potencia.

Tensión de potencia máxima ($V_{Pmáx}$): Es el valor de la tensión cuando la potencia también es máxima, cuando el panel está suministrando la máxima intensidad de corriente.

Potencia máxima (P_M): Es el máximo valor obtenido al multiplicar la intensidad $I_{Pmáx}$ y $V_{Pmáx}$. También se le llama potencia de pico del módulo o panel W_p .

d) Curva V-I

Todo generador tiene una curva típica para la potencia de salida en función de la corriente de carga y los paneles fotovoltaicos no son una excepción. La curva V-I de un panel fotovoltaico proporciona indirectamente la relación mencionada ya que asocia los valores de V e I para diferentes cargas. Si se conecta una cierta carga eléctrica al panel. El punto de trabajo vendrá determinado por la corriente I y la tensión V existentes en el circuito. Estos serán menores que los I_{cc} y V_{CA} .

La potencia disponible en un panel fotovoltaico en un punto cualquiera de la curva se expresa en vatios.

El cortocircuito se produce en un punto de la curva donde el voltaje es cero. En el punto de cortocircuito, la potencia de salida es cero, ya que el voltaje es cero.

El circuito abierto se produce cuando la corriente es cero. En el punto de circuito abierto la potencia de salida también es cero, pero es porque la corriente es cero.

e) Orientación de los paneles solares

“Para ubicar en la orientación correcta un panel solar hay que valorar el ángulo acimutal, esto se refiere a la posición de los paneles solares con respecto a la línea ecuatorial.

Esta posición depende de la ubicación geográfica donde nos encontremos, para ser claros, los paneles siempre deben apuntar hacia el ecuador.

f) Inclinación de los paneles solares

“En cuanto a la inclinación, hay que valorar la variación de la radiación solar sobre la tierra que se calcula en función a la latitud y longitud en la que nos encontremos en el mapa. En general, la inclinación en el Perú es de 10° a 30° , aunque desde Autosolar realizamos unos estudios donde determinamos el ángulo perfecto para que su instalación solar reciba las máximas horas de radiación solar” (Autosolar Energía del Perú S.A.C.).

d) Sistema de baterías

“O también llamado acumulador está constituida por uno o varios elementos electroquímicos capaces de transformar una energía potencial química en energía eléctrica. Sirven para acumular la energía que los paneles generan diariamente y así poder usar en horas donde la energía consumida es superior a la generada (como sucede de noche).

Otra función es de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar” (Sánchez Maza, 2011 pág. 73).

Según Miguel Ángel Sánchez (2011 pág. 73), la batería para aplicaciones solares se debe exigir cumplimientos de condiciones básicas y son:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el panel solar
- Mantenimiento nulo o mínimo
- Fácil transporte e instalación
- Baja autodescarga
- Rendimiento elevado
- Larga vida

• Tipos de baterías

“Se encuentran diferentes baterías en el mercado, pero fundamentalmente se pueden hacer dos grandes grupos: las de níquel-cadmio (Ni-Cd) y las de plomo-ácido” (Sánchez Maza, 2011 pág. 74)

Según Miguel Ángel Sánchez (2011 pág. 75) nos dice:

Baterías de plomo-ácido

Son las más usadas para aplicaciones solares, adaptándose a cualquier corriente de carga, teniendo un costo accesible. El voltaje nominal de un elemento de batería es de 2 V.

Baterías de níquel-cadmio o alcalinas

“Tienen una estructura física similar a las de plomo-ácido, están diseñadas específicamente para aplicaciones fotovoltaicas. El voltaje nominal de un elemento de batería es de 1,2 V. Soportan procesos de congelación y descongelación sin ningún efecto sobre su comportamiento.

Son las que presentan cualidades excepcionales pero debido a su elevado precio se usan con menos frecuencia, pero tienen un mantenimiento más bajo y una vida más larga. Esto quiere decir que en ciertas aplicaciones su costo de vida útil puede resultar más bajo, aconsejable para lugares aislados o de acceso peligroso” (Sánchez Maza, 2011 pág. 80).

Especificaciones eléctricas

“Las especificaciones eléctricas de una batería indican sus condiciones de trabajo. Las principales son: tensión, capacidad y profundidad de descarga” (Sánchez Maza, 2011 pág. 81).

Tensión: La unidad de construcción básica de una batería de plomo-ácido es la celda de 2 V. Generalmente la tensión de una celda varía entre 1,75 V y 2,5 V siendo el promedio los 2 V, tensión a la que se llama nominal de la celda. Cuando las celdas de 2 V se conectan en serie (positivo con negativo) las tensiones de las celdas se suman, obteniendo baterías de 4, 6, 12 V etc. Cuando las celdas de 2 V se conectan en paralelo (positivo con positivo o negativo con negativo) las tensiones no cambian, pero se sumarán sus capacidades de corriente.

Capacidad: Es la cantidad de energía que puede suministrar la batería en unas determinadas condiciones de trabajo. Se expresa en amperios-hora (Ah). Está influenciado por la temperatura de la batería y la de su ambiente.

Profundidad de descarga: Es la cantidad que representa el cociente entre la carga extraída y la capacidad de la batería. Es decir, lo descargado de una batería en proceso de descarga. Se expresa en tanto por ciento. Para aplicaciones fotovoltaicas se fabrican baterías que soportan de hasta un 80% de capacidad sin dañarse.

e) Regulador de carga

“El regulador o controlador de carga, es el componente o equipo de la instalación encargado de dirigir y controlar la energía que circula entre la batería y los módulos solares fotovoltaicos, en definitiva, el controlador de carga evita las sobrecargas y sobre descargas de las baterías cuando están recibiendo energía fotovoltaica de los paneles solares de la instalación fotovoltaica” (Sánchez Maza, 2011 pág. 85).

Según Miguel Ángel Sánchez (2011 pág. 85), “las prestaciones más habituales de los reguladores de carga que se usan en instalaciones solares autónomas son las siguientes”

- Protección contra sobrecarga del acumulador: Función principal del acumulador, evita que la batería se caliente o que pierda agua del electrolito y evita que las placas se oxiden.

- Alarma por batería baja: Indicadores sonoros y luminosos que indican el acumulador está siendo descargado.
- Desconexión: Hace que el regulador corte el suministro de corriente eléctrica para consumo, cuando el nivel de carga es demasiado bajo.

- **Tipos de reguladores de carga:**

Reguladores lineales

Se emplean en sistemas de pequeña potencia y se clasifican:

Reguladores en serie: Realizan la función de desconectar el panel de las baterías cuando se logra el estado de plena carga.

Reguladores en paralelo o shunt: Detecta la tensión en bornes de la batería y cuando el potencial alcanza un valor establecido, derivando la corriente y apartándola de las baterías. También impide que las variaciones de la corriente de carga aparezcan en la fuente primaria lo que proporciona una facultad de aislamiento. En la actualidad están en desuso.

Reguladores conmutados: Estos actúan desconectando la batería del generador mediante un interruptor conectado en serie con el panel. Estos dispositivos pueden controlar el valor de la tensión a su salida para que sea el más adecuado al estado de carga de la batería.

f) Convertidores e inversores

“Son elementos que permiten adaptar las características de la corriente generada por un sistema fotovoltaico a la demanda total o parcial de las aplicaciones” (Sánchez Maza, 2011 pág. 91).

Según Miguel Ángel Sánchez (2011 pág. 91), nos dice:

- **Convertidores**

En algunas ocasiones se trabaja en corriente continua pero no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la

demanda por todos los elementos de consumo. Por tal motivo la solución es un convertidor de tensión continua-continua CC/CC.

• **Inversores**

Son convertidores CC/CA que permiten transformar la corriente continua de 12,24 o 48 V que producen los paneles y almacena la batería en corriente alterna de 125 o 220 V. Permitiendo usar equipos eléctricos convencionales para funcionar con este tipo de corriente en vez de otros que funcionan en CC.

Consta de un circuito electrónico realizado con transistores o trisores que corta la corriente continua, alterándola y creando una onda de forma cuadrada.

Tipos de inversores

Se pueden distinguir entre inversores de conmutación natural e inversores de conmutación forzada.

Inversores de conmutación natural: Llamados inversores conmutados por la red. Su aplicación es en sistemas conectados a la red eléctrica y mediante conmutación se controla el flujo de energía en el sentido deseado.

Inversores de conmutación forzada: Llamados auto conmutados, se refiere que la apertura y cierre son forzados por el sistema de control. Se puede emplear en sistemas fotovoltaicos aislados. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) al contener armónicos que producen pérdidas de potencia y reducen su rendimiento por debajo del 80% o de modulación por anchura de pulsos (PWM) se consiguen rendimientos por encima del 90% incluso con bajos niveles de carga.

g) Cables

“En las instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados, se dan voltajes relativamente bajos y corrientes relativamente altas, incluyendo las caídas de tensión son importantes y pueden ocasionar efectos negativos: en la corriente entregada por el generador fotovoltaico, en la regulación de la carga y en la vida útil de las lámparas fluorescentes.

Por estos cables circulará la corriente total del sistema incluyendo las pérdidas.

En las instalaciones fotovoltaicas se utilizan secciones de cableado superiores a las utilizadas en instalaciones convencionales debido a la utilización de bajas tensiones continuas (12, 24 y 48 V) y requerimientos de potencia de cierta consideración, aunque los conductores a emplear tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión.

Los positivos y negativos de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados de acuerdo a la norma vigente. El cableado debe estar protegido contra la humedad, la radiación ultravioleta y otros fenómenos atmosféricos, dada que la instalación se encuentra en la intemperie” (Sánchez Maza, 2011 pág. 100).

h) Protecciones

“Los elementos que se utilicen como protección deben ser adecuados para los valores de tensión y corriente de una instalación fotovoltaica” (Sánchez Maza, 2011 pág. 102)

- **Fusibles**

Se utilizan para evitar sobre intensidades accidentales.

- **Magnetotérmicos**

Limitan la intensidad en el circuito de consumo y son como los que se instalan habitualmente en las viviendas.

- **Diodos**

Son dispositivos de protección para evitar que los módulos actúen como receptores en determinadas ocasiones.

i) Soportes

“El bastidor que sujeta el panel, la estructura soporte del mismo y el sistema de sujeción son importantes ya que un fallo conlleva a la paralización inmediata de la instalación” (Sánchez Maza, 2011 pág. 104).

• Tipos de soportes

Según Miguel Ángel Sánchez (2011 pág. 106) nos dice que para ser colocados sobre soporte rígidos los paneles fotovoltaicos, lo que permite el ángulo de inclinación óptimo, existen tres tipos:

Soporte fijo: Son usados en lugares donde la latitud permite elegir un ángulo de inclinación fijo (latitud más de 15°) cuyo valor incrementa las horas de generación durante el invierno, cuando el consumo nocturno aumenta y disminuye la eficiencia de la insolación durante el verano.

Soporte ajustable: Son muy parecidos en costos y diseño a los soportes fijos, por tal motivo los más usados.

Soporte automático: Permiten seguir la trayectoria del sol durante todo el año, desde el amanecer al atardecer. Existen dos tipos:

- **Seguidor pasivo (un eje de rotación):** Sólo tiene un único movimiento de este a oeste (movimiento azimutal), no consume energía eléctrica.
- **Seguidor automático activo (uno o dos ejes de rotación):** Existen dos versiones, seguidor de un eje y seguidor de dos ejes. Algunos modelos son exclusivamente diseñados para seguir el movimiento azimutal y permiten un ajuste manual del ángulo de inclinación.

j) Emplazamiento de estructuras

“Cuatro son las formas típicas de colocar un grupo de módulos fotovoltaicos” (Miguel Ángel Sánchez, 2011, p.111):

Suelo: Es la más habitual de montar las instalaciones fotovoltaicas por su robustez, cuando se aumente el número de paneles colocados.

Mástil: Es el tipo montaje típico en alimentación fotovoltaica de equipos de comunicación aislados. Se utiliza principalmente en instalaciones donde ya se disponga de mástil, por la cual se aprovecha para la colocación del módulo.

Pared: Consiste en acoplar la estructura a una de las paredes del recinto, por la cual la acción del viento queda disminuida.

Tejado: Es uno de los tipos más empleados para la colocación del sistema generador fotovoltaico, ya que se dispone de espacio y como están elevadas presentan menos problemas de sombras.

2.3.3 Sistema de generación eléctrica por hibridación

“Los sistemas de energía híbrida son aquellos que generan electricidad a partir de dos o más fuentes, generalmente de origen renovable, compartiendo un mismo punto de conexión. Aunque la suma de las potencias de los módulos de generación híbrida sea superior a la capacidad de evacuación, la energía vertida nunca puede sobrepasar este límite. De este modo, una planta de generación híbrida puede servirse, por ejemplo, de la energía fotovoltaica cuando brilla el sol y de otra fuente, como pudiera ser la eólica, cuando el tiempo no acompaña, garantizando así un suministro más estable y eficiente. Una instalación híbrida puede contar o no con sistemas de almacenamiento” (Iberdrola, 2020, párr.3).

a) Tipos de energía eléctrica por hibridación

Los más comunes son los siguientes:

- Fotovoltaico y eólica
- Fotovoltaica e hidráulica
- Hidráulica y eólica
- Termosolar y biomasa

b) Ventajas de la energía híbrida

“El sector de las energías renovables se encuentra en permanente proceso de innovación para aumentar su eficacia, competitividad y proteger la salud del planeta. Entre las principales ventajas que presentan los proyectos híbridos cabe destacar” (Iberdrola S.A.):

- Un mayor factor de capacidad en el punto de acceso de la planta híbrida gracias a la complementariedad de las curvas de carga de ambas tecnologías.

- Al cambiar de fuente, cuando una se encuentra inactiva reduce la imprevisibilidad inherente a las energías renovables y mejora la estabilidad de la energía eléctrica suministrada. Así garantiza la potencia en el punto de suministro.
- Optimización en el uso de infraestructuras eléctricas, lo que implica sinergias en O&M y en CAPEX.
- Agiliza los plazos de conexión y la puesta en marcha de las nuevas plantas de generación renovable si regulatoriamente no hay que solicitar un nuevo punto de acceso.

2.3.4 Sistema híbrido eólico fotovoltaico autónomo

“Un sistema híbrido es un sistema basado en este caso en dos subsistemas de diferente naturaleza eólico y solar. Los sistemas autónomos basados en generadores fotovoltaicos y eólicos con almacenamiento por medio de baterías son una opción para la alimentación de pequeñas cargas en emplazamientos remotos” (Sistema Híbrido Eólico Solar Experimental para el Desarrollo de las Competencias de Ingeniería Energética, 2016 pág. 10).

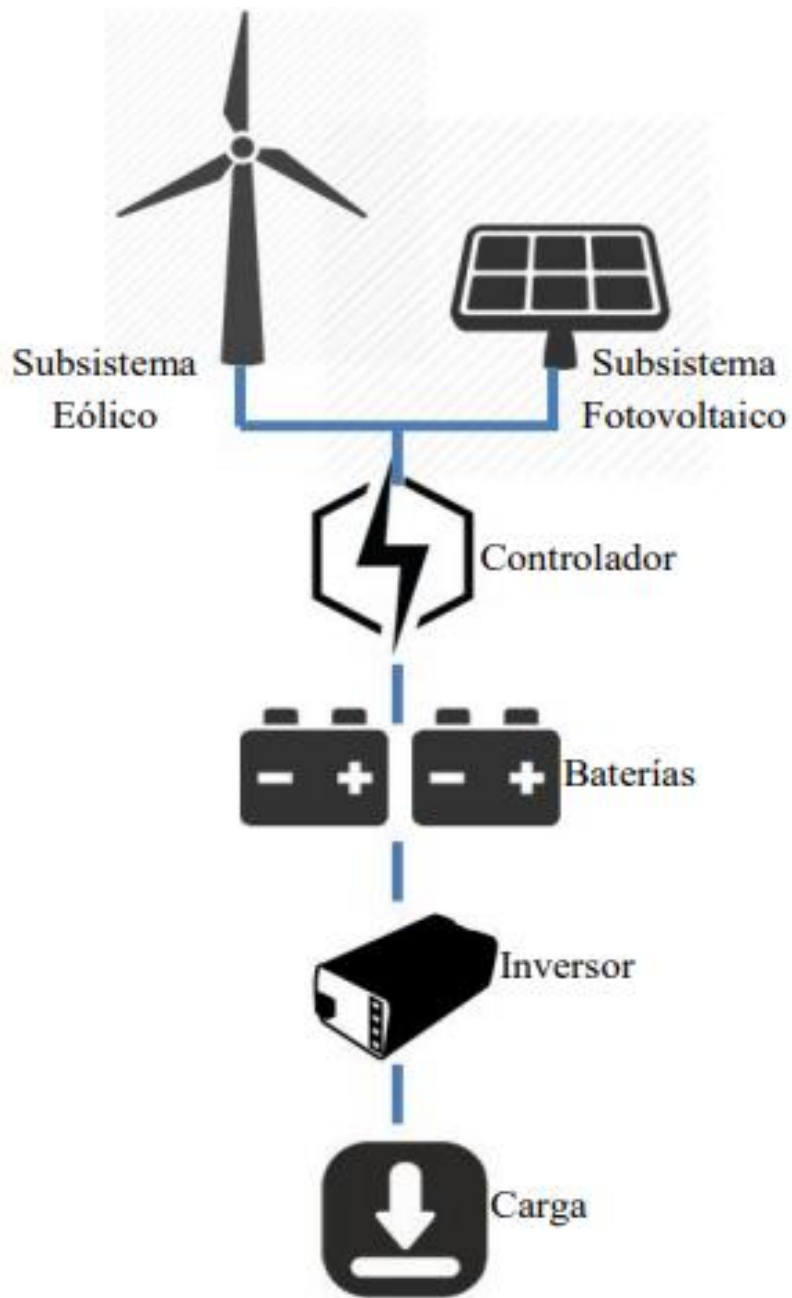


Figura 20. Diagrama esquemático del sistema híbrido eólico-solar experimental.

Tomada de “Sistema híbrido eólico solar experimental para el desarrollo de las competencias de ingeniería energética”, por Morales Ibarra, Rodolfo; Garduño Guerrero, Sergio; García Montes, Saida; Hernández Castillo, Karla; Yano Anguiano, Ken; Díaz Valencia, Juan. 2016, p.10.

2.3.5 Generador eléctrico

“Un generador eléctrico está compuesto por un motor a diésel, gas o gasolina y un alternador, configurado de tal manera que produce corriente eléctrica. Se utilizan principalmente para suministrar energía en caso de cortes de corriente. También pueden utilizarse en lugares aislados como fuente principal de energía cuando no existe red eléctrica” (PR Industrial S.R.L.) .

“Existen muchos tipos: diésel, gasolina, nafta, gas; monofásico, trifásico; manual, arranque eléctrico simple, arranque eléctrico automático; potencia auxiliar de emergencia, potencia auxiliar, potencia principal, potencia continua” (Grupo Sinelec).

“El rango de potencias de los GE usados en electrificación rural va generalmente desde 1KW a 100KW. Los GE de potencia menor o igual a 5KW normalmente usan gasolina como fuel, los más grandes diésel. Otros pueden funcionar con gas natural (GLP) o biocombustibles” (de Alamios, y otros, 2014).

2.3.6 LCOE

“El LCOE es el valor del coste total actual de construir y operar una instalación generadora de energía a lo largo de toda su vida útil. De esta manera, mide los costes totales que esa instalación tendrá a lo largo de toda su vida y los divide por la producción de energía que realizará también durante todos sus años de operación” (VM, 2020).

“El último análisis anual de costo nivelado de energía de Lazard (LCOE 13.0) muestra que a medida que el costo de la energía renovable continúa disminuyendo, ciertas tecnologías (por ejemplo, eólica terrestre y solar a escala de servicios públicos), que se volvieron competitivas en costos con la generación convencional hace varios años en sobre una base de nueva

construcción, continuar manteniendo la competitividad con el costo marginal de las tecnologías de generación convencionales existentes” (Lazard, 2019).

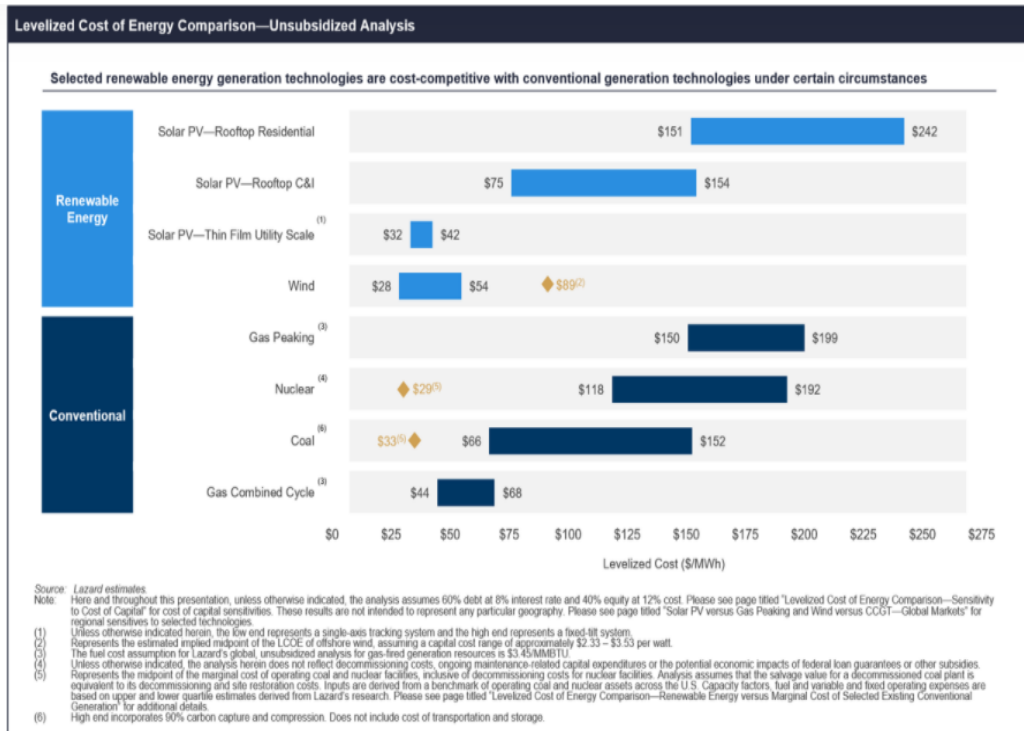


Figura 21. Comparación del costo nivelado de la energía: análisis no subsidiado.

Tomada de "Lazard". 2019

2.3.7 El valor actual neto (VAN)

“Es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos). El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera” (Puga Muñoz pág. 1).

La fórmula que nos permite hallar el VAN es la siguiente:

$$VAN = -Inversión\ inicial + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (4)$$

Donde:

Q_n : Flujo de caja en cada periodo

n: Número de períodos que se está calculando

r: Tasa de descuento

Interpretación:

- VAN > 0, El proyecto es rentable, se obtendrá una ganancia
- VAN < 0, El proyecto no es rentable, es decir no es recomendable realizar el proyecto.
- VAN = 0, La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas, es decir la rentabilidad es la misma.

2.3.8 La tasa interna de retorno (TIR)

“Es aquella tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) de una inversión sea igual a cero (VAN = 0) (Puga Muñoz pág. 1).

“El valor del TIR sirve para valorar si un proyecto es rentable o no, es decir se averigua la tasa de descuento o la inversión” (Arcoya).

La fórmula que nos permite hallar el TIR es la siguiente:

$$0 = -Inversión\ inicial + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (5)$$

2.3.9 Software Homer Pro

“Basado en el software HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables) Modelo de Optimización de Híbridos Eléctricos Renovables, desarrollado originalmente por el Laboratorio Nacional de Energía Renovables de los Estados Unidos y distribuido por HOMER Energy.

El software de microrredes HOMER Pro combina tres herramientas unidas en un producto de software, lo que permite ingeniería y economía para trabajar a detalle y proporcionar información de conocimientos del sistema.

El software de microrred HOMER Pro permite comparar varias opciones de diseño de sistemas energéticos renovables (eólico, fotovoltaico, eólico-fotovoltaico, geotérmico) utilizando los recursos, el análisis, la optimización y la simulación del diseño de su sistema eléctrico, perfiles de carga, y componentes para ofrecer la solución de menor costo y económicas estrategias de mitigación de riesgos aplicados en todos los sectores” (HOMER Energy LLC, 2020).

2.4 Definición de términos básicos:

- **Área barrida:** Superficie del círculo cuyo radio es el semidiámetro del rotor especificado en la ficha de características técnicas de la aeroturbina. Se utiliza para adimensionalizar.
- **Barlovento:** Es la parte de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado, es decir, la parte de cara al viento
- **Energía:** Es una magnitud física que se presenta en diversas formas.
- **Energías renovables:** La energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables.
- **Instalación fotovoltaica:** Aquella que se disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.
- **Amperio-hora:** Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.
- **Caja de conexión:** Caja a donde se llevan los cables para realizar las conexiones.
- **Tablero:** Dispositivo electromecánico concebido para facilitar la interconexión eléctrica.
- **Carga:** Régimen al que se realiza el trabajo eléctrico, en términos generales dentro del cálculo de la energía eléctrica. Está definida como la potencia activa nominal consumida o absorbida por una red, una maquina o un dispositivo eléctrico.
- **Condiciones de prueba estándar:** Condiciones en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio (1 kWh/m² de radiación solar, 25°C de temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1,5).

- **Conexión en paralelo:** Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.
- **Conexión en serie:** Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.
- **Conductor eléctrico:** Elemento del circuito cuya finalidad es la de transmitir energía eléctrica desde la fuente hasta la carga.
- **Consumo eléctrico:** Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (kWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.
- **Corriente de corto circuito:** Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.
- **Corriente de máxima potencia:** Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.
- **Dimensionado:** Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.
- **Disponibilidad:** Porcentaje de tiempo en un período determinado que una máquina ha estado lista para funcionar.
- **Horas equivalentes:** Número de horas que un aerogenerador tendría que haber estado funcionando a la potencia nominal para producir la misma cantidad de energía en el período de tiempo considerado (por lo general un año). Se calcula dividiendo la energía generada en ese período entre la potencia nominal.
- **Instalación eléctrica:** Conjunto de elementos y dispositivos, conectados en forma ordenada para cumplir una determinada función eléctrica.

- **Interruptor:** Son dispositivos eléctricos, que cierra, abre o cambia conexiones en un circuito eléctrico bajo condiciones de carga nominal.
- **Irradiancia:** Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m^2 o unidades equivalentes.
- **Irradiación:** Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m^2 , o en caso de un día, $Wh/m^2 /día$ o unidades equivalentes.
- **Masa de aire:** Medida de la distancia que atraviesa la luz en la atmósfera en su trayectoria hacia la superficie terrestre.
- **Rendimiento:** Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.
- **Rugosidad:** Es importante cuantificar el efecto de la morfología del territorio circundante al aerogenerador sobre la velocidad del viento.
- **Voltaje de circuito abierto:** Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.
- **Voltaje de máxima potencia:** Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.
- **Watt pico:** Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento ($1000 W/m^2$, $25^\circ C$ y 1,5 de masa de aire).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

Si se diseña el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado permitirá la electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- Si se determina la demanda de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca se podrá proyectar el diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para la electrificación rural.
- Si se determinan los parámetros de diseño se logrará dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.
- Si se establece la ubicación óptima del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado se logrará un buen funcionamiento para la electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache- Cajamarca.

3.2 Definición conceptual de variables

3.2.1 Variable Dependiente:

Electrificación Rural: Es el proceso por el cual se busca abastecer de energía eléctrica a zonas rurales y remotas del país que no cuentan con un suministro apropiado, ya que éstas deben satisfacer sus necesidades de abastecimiento con el uso de fuentes de energía más precarias e ineficientes.

3.2.2 Variable Independiente:

Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico Aislado: Un sistema híbrido aislado es aquel que combina en una sola instalación dos fuentes de energías renovables sin conexión a la red eléctrica, para responder a la demanda de los consumidores.

3.3 Operacionalización de variable

En la tabla se muestra la operacionalización de variables.

Tabla 3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	MÉTODO	TÉCNICA
Variable Independiente SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO AISLADO	Demanda de energía	Consumo energético	Carga energética promedio (W)	Deductivo y analítico	Observación y análisis documental
	Parámetros de diseño	Condiciones climatológicas	Irradiación solar ($kWh/m^2/mes$) Densidad del aire (kgm^3) Horas solar pico (HSP) Velocidad (m/s)		
		Inclinación de paneles	Ángulo de inclinación ($^{\circ}$) Latitud (UTC)		
		Capacidad de las baterías	Autonomía de la batería Cantidad de baterías		
		Potencia del inversor	Voltaje DC de entrada (V)		

			Voltaje AC de salida (V)
	Dimensionamiento del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado	Componentes del sistema	Selección de paneles Número de paneles Selección del aerogenerador Número de aerogeneradores Selección de baterías Selección del inversor
	Configuración y ubicación del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado	Montaje de paneles Montaje de baterías Montaje de aerogenerador Montaje del inversor	Conexión de paneles Conexión de baterías Conexión de aerogenerador Conexión del inversor
Variable Dependiente ELECTRIFICACIÓN RURAL	Potencia instalada	Energía eléctrica	Voltaje (V) Amperaje (A)

Fuente: Elaborado en base a la variable dependiente e independiente de la investigación. 2021.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada:

De acuerdo a Ciro Espinoza Montes en su libro “Metodología de la Investigación Tecnológica” sostiene: “La investigación aplicada tiene como propósito transformar los conocimientos existentes o modelos en objetos útiles a la sociedad, podemos llamarlo también proceso de innovación. Buscamos que las soluciones generen efectividad o productividad” (2010 pág. 106).

La presente tesis es de tipo aplicada debido a que mediante el manejo de los conceptos teóricos del diseño se aplicaron para la solución del problema planteado.

El diseño de investigación es no experimental transversal:

De acuerdo a Roberto Hernández Sampieri en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos” (2014 pág. 152).

De acuerdo a Roberto Hernández Sampieri en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede” (2014 pág. 154).

El presente informe de tesis de diseño No Experimental Transversal, ya que no existe manipulación de las variables y el levantamiento de información se realizó en un tiempo determinado, es decir sólo nos remitiremos al diseño más no a la ejecución.

4.2 Método de investigación

a) Método Deductivo

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares” (2010 pág. 59).

Se ha considerado características generales del uso de energías renovables, para llegar a conocer hechos particulares como es la energía solar y la energía eólica en la generación de energía eléctrica, que han permitido cumplir con los objetivos de la investigación.

b) Método Analítico

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “Este proceso cognoscitivo consiste en descomponer un objeto de estudio, separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual” (2010 pág. 60).

Se ha realizado el estudio de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para determinar las características eléctricas de todos sus componentes, cuyo objetivo es el suministro de energía eléctrica.

4.3 Población y muestra

Según Mario Tamayo en su libro “El proceso de la investigación científica” sostiene que la población se define: “Como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (2003 pág. 176).

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene que la muestra se define: “La parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el

desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (2010 pág. 160).

En la presente investigación se identificó la población igual a la muestra, el cual está constituida por las 12 viviendas, que conforman el Anexo Quebrada Honda ubicado en el distrito de Catache perteneciente a la provincia de Santa Cruz en el departamento de Cajamarca.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio es en el Anexo Quebrada Honda que se localiza en el Distrito de Catache, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, Perú a 2280 msnm, con coordenadas UTC-5 S: 6°39'58.8" (-6.666335); O: 79°02'40.9" (-79.044697). Conformado por 12 viviendas.

El periodo desarrollado es el año 2020.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “En investigación científica hay gran variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo de una determinada investigación. De acuerdo con el método y el tipo de investigación que se va a realizar, se utilizan unas u otras técnicas” (2010 pág. 192).

Las técnicas empleadas en la investigación para la recolección de información en el Anexo Quebrada Honda fueron:

a) Observación

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “Cada día cobra mayor credibilidad y su uso tiende a generalizarse, debido a que permite obtener información directa y confiable, siempre y cuando se haga mediante un procedimiento sistematizado y muy controlado, para lo cual hoy están utilizándose medios audiovisuales muy completos, especialmente en estudios del comportamiento de las personas en sus sitios de trabajo” (2010 pág. 194).

El instrumento será la guía de observación, la cual nos permitirá cerciorar la realidad del trabajo de los equipos, esto se comprueba mediante panel fotográfico.

b) Análisis documental

De acuerdo a César Augusto Bernal Torres en su libro “Metodología de la Investigación” sostiene: “Técnica basada en fichas bibliográficas que tienen como propósito analizar material impreso. Se usa en la elaboración del marco teórico del estudio” (2010 pág. 194).

Se tomaron los datos de las fichas de información registradas en las páginas web, revistas, tesis, libros, normas técnicas peruanas relacionadas a los sistemas eólicos fotovoltaicos aislados.

Tabla 4. Técnicas e instrumentos para recolección de información

DESCRIPCIÓN	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Planteamiento del problema	Documental	Fichas bibliográficas Informes Fichas textuales
Marco conceptual	Documental	Fichas bibliográficas Informes Fichas textuales
Hipótesis y variables	Documental	Fichas bibliográficas Informes de Tesis Fichas textuales
Diseño metodológico	Documental	Fichas bibliográficas (manuales técnicos) Informes de Tesis Fichas textuales
Resultados	Documental	Fichas bibliográficas Normativa aplicable Fichas textuales Informes de tesis

Fuente: Elaborado en base a los datos de la investigación realizada en el anexo Quebrada Honda, 2020.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

- Para el diseño consideramos los parámetros y valores de la zona como la radiación solar, la velocidad del viento, la demanda eléctrica.
- Para determinar la demanda energética primero se recopiló información como: número de viviendas, número de habitantes y luego se determinó el consumo promedio considerando los artefactos que utiliza la población.
- Mediante los datos de la Nasa, se determinó la máxima, mínima irradiación, velocidad promedio y la temperatura de la zona.
- Con la información encontrada, luego dimensionamos y seleccionamos los equipos a utilizar para la energía eólica y fotovoltaica, transformándolas en energía eléctrica (hojas de cálculo en Excel) y validando con el software Homer, que abastecerá a la población del Anexo Quebrada Honda.

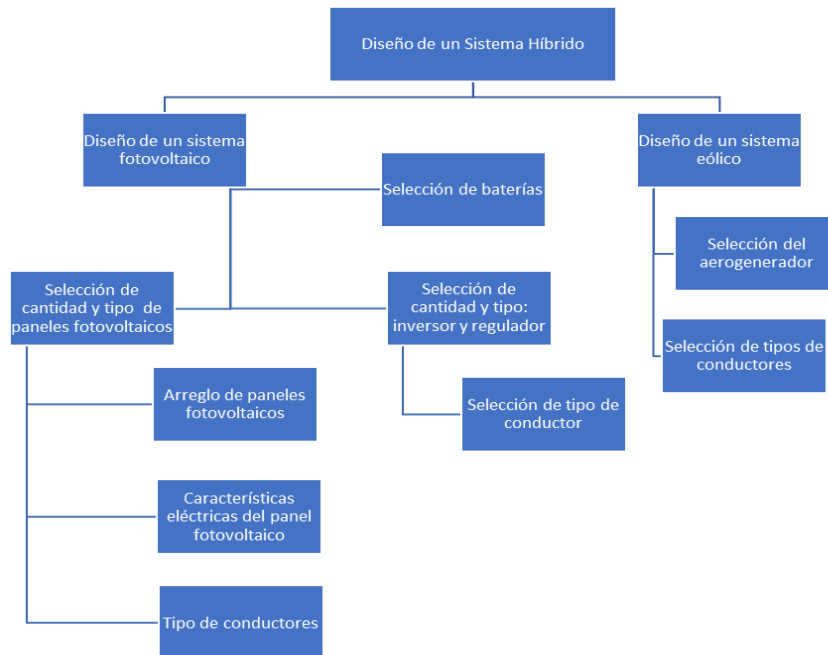


Figura 22. Diagrama lógico

Fuente: Elaborado en base a los datos de la investigación realizada en el anexo Quebrada Honda, 2021.

V. RESULTADOS

5.1. Contexto del lugar de estudio

La presente investigación se desarrolló en el anexo Quebrada Honda perteneciente al distrito Catache en Cajamarca, el cual presenta un número de 12 viviendas familiares, que se encuentran separadas en un promedio de 50 a 100 metros, dicha localidad no cuenta con los servicios básicos para el desarrollo económico y social, por lo que fue necesario realizar un proyecto diseño que permita suministrar energía eléctrica mediante el uso de energías renovables a fin de cubrir parte de sus necesidades básicas.

La velocidad de viento y el nivel de irradiación en la zona son favorables para generar energía eléctrica y cubrir la demanda energética de cada vivienda.

5.1.1. Ubicación

La investigación se centra en el anexo de Quebrada Honda, ubicado en las siguientes coordenadas UTC-5 S: 6°39'58.8" (-6.666335); O: 79°02'40.9" (-79.044697).

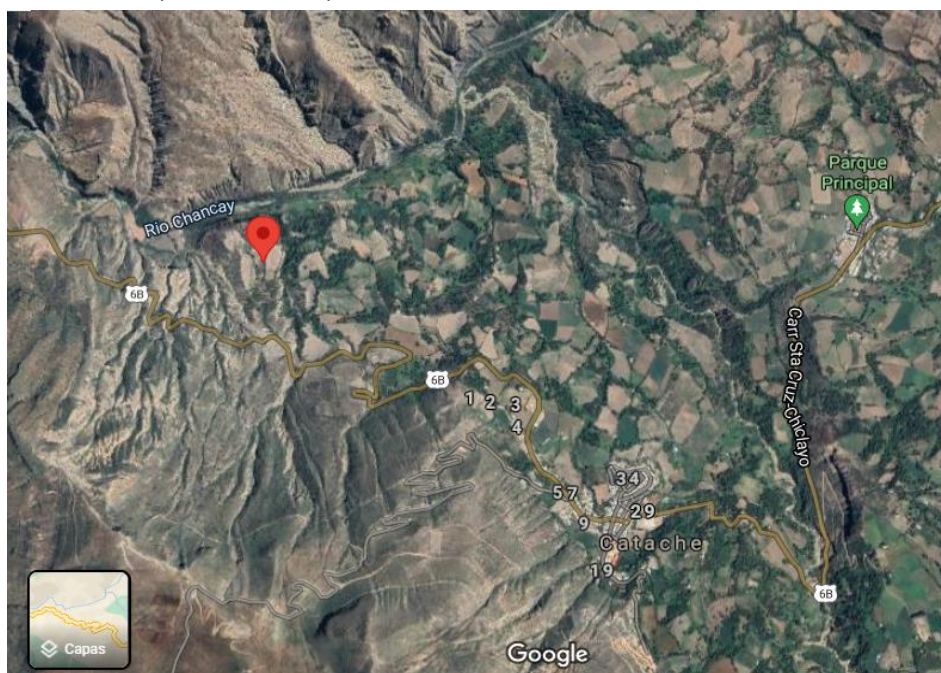


Figura 23. Ubicación del Anexo Quebrada Honda Tomada de "Google maps". 2021.

5.1.2 Demanda rural

El anexo quebrada Honda, según la norma DGE/MEM pertenece a una zona rural de localidades del tipo II, los cuales son grupos de viviendas situadas en áreas rurales que no presentan aún configuración urbana o es incipiente. Las viviendas están generalmente situadas a lo largo de carreteras, caminos de herradura o dentro de chacras de los propietarios. La calificación asignada para este tipo de localidad es de 400 W por lote. (MINEM, 2003)

5.1.3 Determinación de la demanda máxima proyectada

Se detalla la demanda energética de una vivienda del anexo Quebrada Honda, teniendo en cuenta los electrodomésticos y equipos que usan para el desarrollo de sus actividades en un día, la demanda determinada en nuestra investigación fue calculada para el dimensionamiento del sistema híbrido para cada vivienda.

Tabla 5. Demanda máxima de energía por vivienda en el anexo Quebrada Honda

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS/DIAS	ENERGIA(Wh/día)
1	Focos LED-interior	3	9	27	7	189
2	TV	1	100	100	5	500
3	Radio	1	50	50	3	150
4	Laptop	1	200	200	5	1000
5	Cargador de celular	1	10	10	3	30
POTENCIA INSTALADA (W)				387		
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)						1869

Fuente: Elaboración en base a la demanda máxima por vivienda en el anexo Quebrada Honda, 2020.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se visualiza el diagrama de carga de los electrodomésticos que se presentan mayor uso en los distintos rangos de hora a lo largo de un día en promedio.

Tabla 6. Carga máxima por día

H/ARTE FACTOS	FOCOS LED (W)	TV (W)	RADIO (W)	LAPTOP (W)	CARGADOR DE CELULAR (W)	CONSUMO EN HORA (W)
0:00 am	0	0	0	0	0	0
1:00 am	0	0	0	0	0	0
2:00 am	0	0	0	0	0	0
3:00 am	0	0	0	0	0	0
4:00 am	0	0	0	0	0	0
5:00 am	0	0	0	0	0	0
6:00 am	30	0	0	0	10	40
7:00 am	30	100	0	0	0	130
8:00 am	0	0	0	0	0	0
9:00 am	0	0	50	0	10	60
10:00 am	0	0	0	200	0	200
11:00 am	0	0	0	200	0	200
12:00 pm	0	0	0	200	0	200
13:00 pm	0	100	0	0	0	100
14:00 pm	0	0	0	0	0	0
15:00 pm	0	0	50	200	0	250
16:00 pm	0	100	50	200	10	360
17:00 pm	0	0	0	0	0	0
18:00 pm	30	0	0	0	0	30
19:00 pm	30	100	0	0	0	130
20:00 pm	30	100	0	0	0	130
21:00 pm	30	0	0	0	0	30
22:00 pm	30	0	0	0	0	30
23:00 pm	0	0	0	0	0	0
					MAX	360

Fuente: Elaboración en base a la carga máxima por día en el anexo Quebrada Honda, 2020.

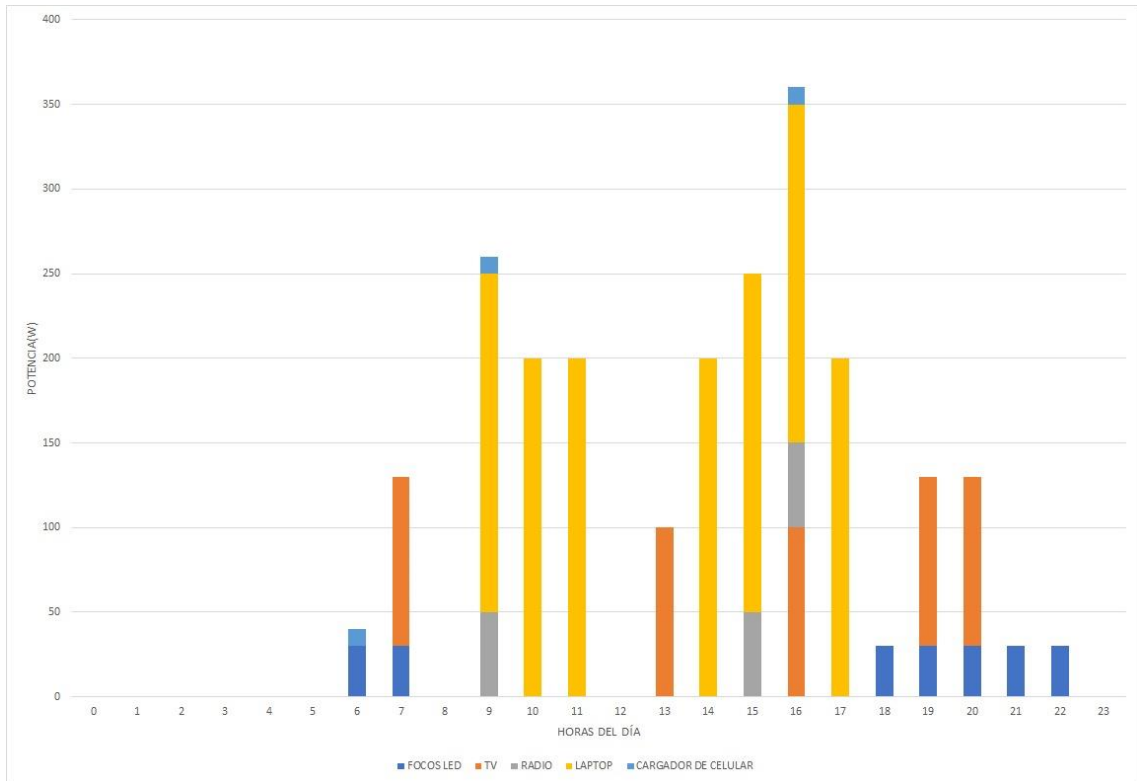


Figura 24. Potencia VS Equipos

Fuente: Elaboración propia en base a la cargas en cada vivienda.

De la *Figura 24* podemos apreciar que en la hora 16 existe mayor uso de electrodomésticos con una potencia máxima de consumo de 360 W.

Teniendo en cuenta que las 12 viviendas familiares existentes en el anexo Quebrada Honda presentan en promedio la misma demanda energética obtenemos los siguientes valores que se muestran en la *Tabla 7*.

Tabla 7. Demanda residencial anexo Quebrada Honda

DEMANDA RURAL	
Número de viviendas	12
Número de habitantes	60
Potencia instalada por vivienda	387
<u>Demanda rural (kW)</u>	<u>4.64</u>

Fuente: Elaboración en base a la demanda residencial en el anexo Quebrada Honda, 2021.

a) Cálculo del consumo de energía eléctrica

Para hallar la energía necesaria suministrada por el sistema híbrido añadimos las pérdidas que se tienen durante el consumo diario, para lo cual determinamos las pérdidas producidas por los equipos que conforman el sistema. Mediante la siguiente fórmula:

$$E_{necesaria} = \frac{E_{demandada}}{R} \quad (6)$$

Donde R representa el factor de pérdidas del sistema.

$$R = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v) \times \left(1 - \frac{k_a \times N}{Pd}\right) \quad (7)$$

Kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador.

Ka: Fracción de energía que se pierde por autodescarga.

Ki: Pérdidas por el rendimiento del inversor.

Kr: Pérdidas en el controlador de carga

Kv: Otras pérdidas no consideradas anteriormente.

N: Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga.

Pd: Profundidad máxima de descarga admisible.

Reemplazando los datos en la ecuación según corresponde a la selección, obtenemos R=0.675 por tal motivo la energía necesaria es 2768.88 Wh/día.

Energía necesaria al año será:

$$2768.88 \text{ Wh/día} \times 365 \text{ días/año} = 1010.64 \text{ kWh/año}$$

5.1.4 Evaluación del recurso energético

5.1.4.1 Recurso energético solar

Para determinar el recurso energético solar se tomaron datos de irradiación mensual (kWh/m²/mes) de 5 años consecutivos correspondiente al anexo de Quebrada Honda, estos fueron recopilados de la página de la Comisión Europea - PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM.

a) Determinación de la radiación solar

Con ayuda de los datos obtenidos se realiza la Tabla 8 en donde se toma los datos de radiación promedio de menor valor en el mes, siendo esto la del mes de enero que se obtiene un valor de $112.68 \text{ kWh/m}^2/\text{mes}$.

Tabla 8. Irradiación mensual en el anexo Quebrada Honda

MES /AÑO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	PROMEDIO ($\text{kWh/m}^2/\text{mes}$)
Ene	130.32	101.11	95.7	126.17	110.1	112.68
Feb	127.12	113.38	103.84	106.9	122.87	114.822
Mar	148.29	113.19	108.26	136.43	115.67	124.368
Abr	107.96	122.44	121.18	122.03	141.33	122.988
May	160.9	133.45	108.03	121.05	153.35	135.356
Jun	144.38	154.45	134.78	138.43	178.88	150.184
Jul	147.95	174	156.98	143.88	196.44	163.85
Ago	165.67	185.84	158.04	126.79	208.58	168.984
Sep	140.09	107.62	163.8	144.35	201.7	151.512
Oct	165.64	135.4	122.43	140.31	151.44	143.044
Nov	130.23	126.8	159.31	133.48	136.53	137.27
Dic	106.72	141.2	130.17	123.93	162.29	132.862
Anual	1675.27	1608.88	1562.52	1563.75	1879.18	1657.92

Tomado de la Comisión Europea, 2020.

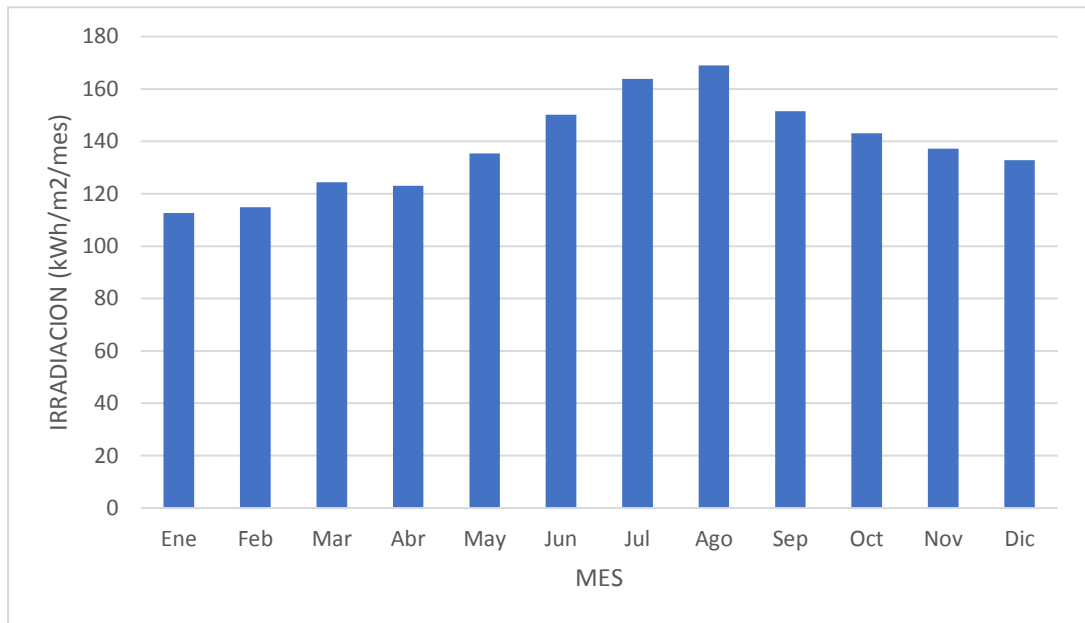


Figura 25. Irradiación mensual VS Mes.

Fuente: Elaborado en base a los datos tomados de irradiación de cada mes. 2021.

Se observa de la *Figura 25* que los meses de mayor radiación en la zona de estudio son Julio y agosto.

b) Hora solar pico

Para determinar la hora solar pico, se toma los valores obtenidos en la Tabla 8, valores de irradiación promedio del mes con menor valor, siendo esto enero, por lo que este valor será considerado para el cálculo de la hora solar pico, para el cual se divide la irradiación mensual entre 31 que es el número de días que cuenta dicho mes.

$$HSP = \frac{\text{Irradiación}}{\text{días del mes}} \quad (8)$$

$$HSP = \frac{112.68}{31}$$

$$HSP = 3.63h$$

c) Ángulo de inclinación óptimo

Cálculo del ángulo de inclinación óptimo de los paneles con respecto a la ubicación de la zona de estudio.

$$\beta = 3.7 + 0.69x|\phi| \quad (9)$$

$$\beta = 3.7 + 0.69x|-6.66|$$

$$\beta = 8.29^\circ$$

Si el ángulo se encuentra entre 0 a 15° es recomendable que el ángulo de trabajo sea 15° para asegurar que el agua de las lluvias discurra fácilmente lavando el polvo al mismo tiempo.

5.1.4.2 Recurso energético eólico

Para determinar el recurso energético eólico, fue necesario los datos de velocidad del viento recogidos de la plataforma de la NASA del año 2020, para esta investigación se realizó el cálculo de la velocidad a una altura de 10 metros ya que a esa altura estaría posicionado el aerogenerador.

a) Determinación de la velocidad y dirección del viento con respecto a la altura

La determinación de la velocidad y dirección de viento proyectado a una altura de 10 m se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = V_{ref}x\left(\frac{h}{h_{ref}}\right)^\alpha \quad (10)$$

Tabla 9. Valores del exponente α para algunos tipos de terreno

TIPO DE TERRENO	EXPONENTE α
Lugares llanos con hielo o hierba	0,08 – 0,12
Lugares llanos (mar, costa)	0,14
Terrenos poco accidentados	0,13 – 0,16
Zonas rústicas	0,2
Terrenos accidentados o bosques	0,2 – 0,26
Terrenos muy accidentados y ciudades	0,25 – 0,4

Tomado de Pedro Fernández Díez ,pág. I-12, 2002.

Con las velocidades obtenidas realizaremos nuestro cuadro de frecuencias.

Tabla 10. Valores de frecuencia absoluta y relativa a las velocidades de viento

VELOCIDAD PROMEDIO (m/s)	RANGO MIN	RANGO MÁX.	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA
1	0	1	0	0.000	0.000
2	1	2	13	0.007	0.007
3	2	3	15	0.008	0.015
4	3	4	295	0.161	0.177
5	4	5	1164	0.637	0.814
6	5	6	314	0.171	0.986
7	6	7	26	0.014	1.000
8	7	8	0	0.000	1.000
9	8	9	0	0.000	1.000
10	9	10	0	0.000	1.000
11	10	11	0	0.000	1.000
12	11	12	0	0.000	1.000
13	12	13	0	0.000	1.000
14	13	14	0	0.000	1.000
15	14	15	0	0.000	1.000

Fuente: Elaboración en base a la frecuencia absoluta y relativa de las velocidades del viento, 2021.

De la tabla 10 se conoce que el rango de velocidad de 4 a 5 m/s representa mayor número de repeticiones.

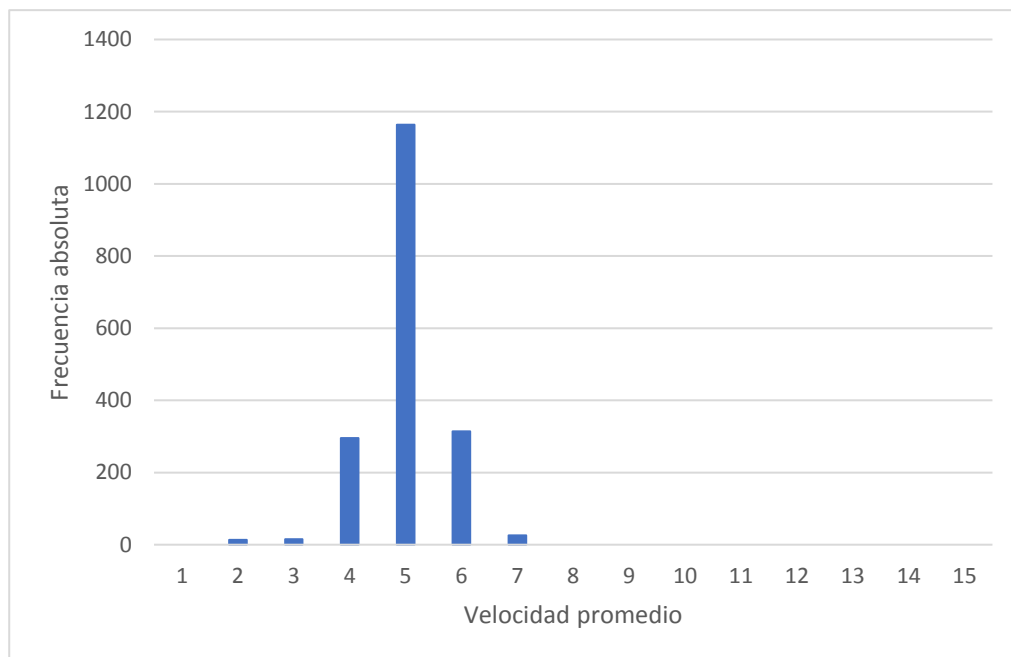


Figura 26. Frecuencia absoluta VS Velocidad promedio

Fuente: Elaborado en base a los datos tomados de frecuencia absoluta y velocidad promedio. 2020.

Se observa en la *Figura 26* el mayor número de frecuencia de velocidad está entre 5m/s.

Tabla 11. Valores de Gamma respecto al parámetro k

k	$\frac{\Gamma_{(1+\frac{1}{k})}}{\bar{U}} = \frac{c}{c}$	$\Gamma_{(1+\frac{1}{k})}^k$	G	$\frac{G}{\Gamma_{(1+\frac{1}{k})}^k}$
1	1	1	1,002,000	100,2
1,25	0,931384	0,914978	0,915200	100,024
1,5	0,902745	0,857724	0,857333	99,954
1,6	0,896574	0,839727	0,839250	99,943
1,7	0,892244	0,823802	0,823294	99,938
1,8	0,889287	0,809609	0,809111	99,938
1,9	0,887363	0,796880	0,796421	99,942
2,0	0,886227	0,785398	0,785000	99,949
2,1	0,885694	0,774989	0,774667	99,958
2,2	0,885625	0,765507	0,765273	99,969
2,3	0,885915	0,756835	0,756696	99,981
2,4	0,886482	0,748873	0,748833	99,995
2,5	0,887264	0,741535	0,741600	100,009
3,0	0,892979	0,712073	0,712667	100,083
3,5	0,899747	0,690910	0,692000	100,158
4,0	0,906402	0,674970	0,676500	100,227

Tomado de Introduction to Wind Energy, Lysen, pág.39, 1982.

Con ayuda de la Tabla 11 de valores de gamma respecto al parámetro k, hallamos la velocidad media mediante la siguiente fórmula:

$$\Gamma_{(1+1/k)c} = \bar{U} \tag{11}$$

Teniendo en cuenta además la expresión analítica tomada del libro Introducción a la energía eólica del autor Linsey podemos aproximar valores de gamma que no se encuentren en la Tabla 11.

$$G = 0.568 + \frac{0.434}{k}$$

b) **Análisis y evaluación de la distribución de Weibull del recurso eólico**

De acuerdo a los valores de frecuencia acumulada según la tabla 12. Reemplazamos los valores en la Tabla 11. Y damos forma a la ecuación de la recta:

$$y = kx + b \quad (12)$$

Donde:

$$y = \ln(-\ln(1 - F(V)))$$

$$x = \ln(V)$$

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

Tabla 12. Valores de frecuencia absoluta

VELOCIDAD PROMEDIO (m/s)	FRECUENCIA ACUMULADA	$\ln(V_p)$	$\ln(-\ln(1-F(v)))$
0.5	0.000	-0.693	0.000
1.5	0.007	0.405	-4.942
2.5	0.015	0.916	-4.171
3.5	0.177	1.253	-1.637
4.5	0.814	1.504	0.520
5.5	0.986	1.705	1.447
6.5	1.000	1.872	0.000
7.5	1.000	2.015	0.000

Fuente: Elaboración en base a los valores de frecuencia absoluta, 2021.

Luego de determinar los valores de frecuencia acumulada de acuerdo a la velocidad promedio, trasladamos los datos al software Excel para crear una gráfica de dispersión lineal la cual nos arroja la siguiente ecuación lineal de donde obtendremos los valores de k y b.

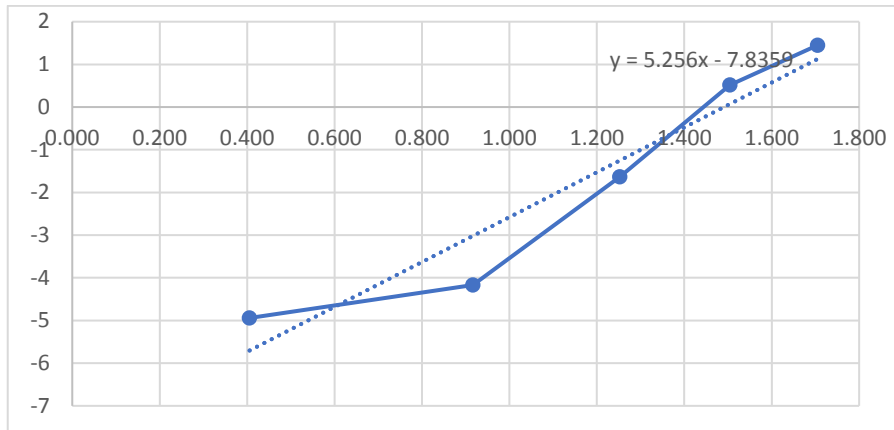


Figura 27. Dispersión Lineal

Fuente: Elaborado en base a los datos tomados de Tabla 12, 2021

Del gráfico:

Se obtiene la ecuación:

$$y = 5.256x - 7.8359 \quad (13)$$

La cual igualamos a la ecuación de la recta: $y = -kx + b$

Donde:

$$b = -7.8359$$

$$k = 5.256$$

Con los parámetros k y b hallamos el parámetro de escala c mediante la ecuación:

$$c = e^{-b/k} \quad (14)$$

$$c = e^{-(-7.8359)/5.256}$$

$$c = 4.44 \text{ m/s}$$

Reemplazamos el valor del parámetro de escala c en la ecuación de la expresión analítica según Lysen: $G = 0.568 + \frac{0.434}{k}$, la cual nos da el valor aproximado de Γ teniendo en cuenta que el valor de k es 5.256.

$$G = 0.65057$$

$$G = \Gamma^k \left(1 + \frac{1}{k}\right) = \frac{\bar{U}}{c}$$

Obtenemos que para un valor de $k=5.256$ el valor de la función gamma es 0.92146 la cual reemplazamos en la ecuación dando como resultado el valor de la velocidad media:

$$\bar{U}=4.1\text{m/s}$$

Con el dato de velocidad media se determinó que es el potencial eólico en la zona.

5.1.5 Determinación y selección de los componentes de un sistema híbrido

5.1.5.1 Evaluación del sistema fotovoltaico

Luego de la evaluación eólica se obtiene que el sistema fotovoltaico cubrirá el 20% de la demanda energética total: 553.8 kWh/día.

$$PGFV = \frac{\text{Demanda energética}}{HSP} \quad (15)$$

Donde:

PGFV: Potencia de generador fotovoltaico

HSP: Hora solar pico

Con la ecuación hallamos la potencia del generador fotovoltaico.

$$PGFV = \frac{553.8}{3.63} = 151.7W$$

a) Selección del panel fotovoltaico

Con la potencia del generador fotovoltaico seleccionamos el panel fotovoltaico a utilizar, la misma que consta de 1 panel seleccionado de la marca ERA, modelo 200 W.

En el anexo N° 02, se detalla las características del panel, por otro lado, con los datos de la ficha técnica realizamos ajustes en la corrección por temperatura.

Tabla 13. Ficha técnica del panel fotovoltaico

FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO		
MARCA	ERA	
Pmax	200	W
Vnom	12	V
Vpm	18.2	V
Ipm	11	A
Voc	22.7	V
Isc	11.86	A
TNOCT	45	°C
Coef. Temp. Pmax	-0.38	%
Coef. Temp. Voc	-0.295	%
Coef. Temp. Isc	0.08558	%

Nota: Pmáx: Potencia máxima. Vnom: Voltaje nominal. Vpm: Voltaje en máxima potencia. Ipm: Intensidad en máxima potencia. Voc: Voltaje en circuito abierto. Isc: Intensidad por corto circuito. NOCT: Temperatura de operación nominal de la cédula. Coef. Temp. Pmax: Coeficiente de temperatura potencia máxima. Coef. Temp. Voc: Coeficiente de temperatura voltaje en circuito abierto. Coef. Temp. Isc: Coeficiente de temperatura intensidad por corto circuito. Tomado de la ficha técnica Panel solar de 200W 12V marca ERA solar.

- Variación de la potencia

$$\Delta P_{max} = (T_{cmax} - 25)^{\circ}\text{C} * \text{Coef. } T_{pmax}\% / ^{\circ}\text{C} \quad (16)$$

$$\Delta P_{max} = -11.92$$

- Variación de voltaje

$$\Delta V_{oc} = (T_{cmin} - 25)^{\circ}\text{C} * \text{Coef. } T_{Voc}\% / ^{\circ}\text{C} \quad (17)$$

$$\Delta Voc = 3.54$$

- Variación de corriente

$$\Delta I_{sc} = (T_{cmax} - 25)^{\circ}C * CoefI_{sc}\%/^{\circ}C \quad (18)$$

$$\Delta I_{sc} = 2.67$$

Se detalla en el siguiente cuadro las variaciones de acuerdo a la temperatura, con estos datos podremos obtener el número de paneles a usar.

Tabla 14. Variación de valores de panel con respecto a la temperatura

INFLUENCIA DE TEMPERATURA		
Tc	56.38	°C
Var. Potencia	-11.92	%
Var. Voc	3.54	%
Var. Isc	2.67	%
Pot. max corregido	176.15	W
Voc corregido	23.50	V
Isc corregido	12.18	A
Voc en serie	23.50	V
Isc en paralelo	24.35	A

Nota: Tc: Temperatura de celda. Var. Potencia: Variación de potencia. Var Voc: Variación voltaje en circuito abierto. Var Isc: Variación intensidad por corto circuito. Pot máx.corregida: Potencia máxima corregida. Voc Corregido: Voltaje en circuito abierto corregido. Isc corregido: Intensidad por corto circuito corregido. Voc en serie: Voltaje en circuito abierto en paralelo. Isc en paralelo: Intensidad por corto circuito en paralelo. Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos, 2021.

b) Cálculo de número de paneles

Para determinar el número de paneles fotovoltaicos usamos la siguiente formula:

$$N^{\circ}Paneles = \frac{PGFV}{PCorregida} \quad (19)$$

$$N^{\circ}Paneles = 1$$

c) Determinación de regulador fotovoltaico

Para determinar el regulador usamos la siguiente formula:

$$I_{max} = N^{\circ}PP * I_{sc} \quad (20)$$

$$I_{max} = 12.18 A$$

$$I_{reg} = I_{max} * f.s$$

$$I_{reg} = 15.22 A$$

Tabla 15. Parámetros de regulador

CORRIENTE MÁXIMA DEL G-FV	12.18	A
FACTOR DE SEGURIDAD	1.25	
CORRIENTE REGULADOR	15.22	A
TENSIÓN DE LA BATERÍA	24.00	V

Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos, 2021.

Con resultado obtenido seleccionamos un regulador de las siguientes características técnicas: 24V y 20A.

d) Soporte metálico para sistema fotovoltaico

Para el presente diseño se dispone de un panel de área 1332mm x 992mm el cual estarán instaladas las estructuras elevadas a 1.50m del piso.

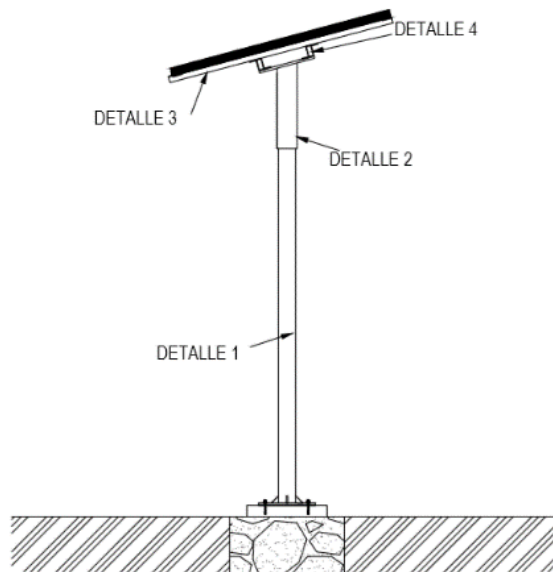


Figura 28. Soporte para dos paneles fotovoltaicos
Fuente:.. Elaboración propia , 2021.

e) Determinación de inversor del sistema híbrido

Conociendo el valor de la demanda energética total registrada en la tabla, tomamos este valor para seleccionar nuestro inversor, usando un factor de seguridad de 1.25.

$$P_{inv} = P_t * f.s \quad (21)$$

Donde:

P_{inv} : Potencia del inversor

P_t : Potencia de consumo

$$P_{inv} = 387 \times 1.25$$

$$P_{inv} = 483.75W$$

Tabla 16. Selección de acumuladores

POTENCIA TOTAL DE CONSUMO	387	W
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	1.25	
TENSIÓN DEL SISTEMA	24	V
POTENCIA DEL INVERSOR	483.75	W

Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos, 2021.

Con este resultado y con la tensión del sistema de 24V seleccionamos el inversor de marca Phoenix 24V /500.

f) Determinación de acumuladores

Determinamos la cantidad de acumuladores o baterías en base al valor de la capacidad total que se necesita para nuestro sistema fotovoltaico ya que la energía acumulada será recolectada del recurso solar.

$$Capacidad (Ah) = \frac{Demanda\ Energética \times Dias\ de\ autonomia}{V_{bat} \times P_d}$$

Donde:

(22)

V_{bat} : Voltaje de baterías

P_d : Profundidad de descarga

Tabla 17. Selección de acumuladores

DEMANDA ENERGÉTICA	553.8	Wh/día
TENSIÓN DEL SISTEMA	24	V
DÍAS DE AUTONOMÍA	3.63	días
PROFUNDIDAD DE DESCARGA	0.70	

Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos, 2021.

Reemplazando los datos en la formula obtenemos el valor de la capacidad del acumulador.

$$Capacidad (Ah) = 131.85 Ah$$

Para esta capacidad se determinan las cantidades de baterías en serie y en paralelo a utilizar.

Tabla 18. Tensión de batería

TENSIÓN DE LA BATERÍA	12	V
CAPACIDAD DE LA BATERÍA	119.36	Ah

Fuente: Elaboración en base a los resultados obtenidos, 2021.

$$N^{\circ} \text{ Baterías en serie} = \frac{C_{\text{sistema}}}{C_{\text{batería}}} \quad (23)$$

Donde:

C_{sistema} : Capacidad del sistema

$C_{\text{batería}}$: Capacidad de la batería

$$N^{\circ} \text{ Baterías en serie} = 2$$

La cantidad de batería a utilizar son 2 baterías de 138Ah y 12V.

g) Cálculo y selección del conductor

Para el cálculo de la sección de los conductores a utilizar en las conexiones eléctricas de equipo a equipo, fueron determinados mediante la siguiente fórmula $S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\% (V_a - V_b)}$, donde la densidad del cobre es igual a $0.002 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$. Marca Indeco.

Tabla 19. Selección de conductores según equipo

COMPONENTE 1	COMPONENTE 2	L (m)	MÁXIMA CAÍDA DE TENSIÓN	I (A)	V (V)	S (mm ²)	AWG
Generador FV	Regulador	7	5%	11.00	24	2.82	12
Regulador	Baterías	4	5%	11.00	24	1.61	14
Batería	Inversor	6	5%	20.83	24	4.58	12
Inversor	Tablero TD	18	5%	16.13	220	1.16	14
Aerogenerador	Regulador	5	5%	40.00	24	7.33	8

Nota: L: Longitud, I: Intensidad, V: Voltaje, S: Área del conductor, AWG: Calibre del conductor. Fuente: Elaboración en base a la selección de los conductores según equipo, 2021.

h) Sistema de protección eléctrica

Se realizó el cálculo del sistema de protección que está conformada por termo magnéticos, diferencial y disyuntor para el sistema híbrido eólico – fotovoltaico.

Sistema de protección sistema fotovoltaico

- **Paneles – Regulador**

$$I_p = 11Ah$$

Se selecciona un termo magnético de 20A.

- **Regulador- baterías**

$$I_r - b = P/V_{bat} \quad (24)$$

$$I_r - b = 200/24$$

$$I_r - b = 8.3Ah$$

Se selecciona un termo magnético de 10 A.

- **Batería – Inversor**

$$I_b - i = Pin/Vs \quad (25)$$

$$I_b - i = \frac{500}{24}$$

$$I_b - i = 20.8Ah$$

Se selecciona un termo magnético de 25 A.

5.2. Evaluación del sistema eólico

a) Selección del aerogenerador

Para la selección del aerogenerador idóneo a utilizar primero se determina el factor de capacidad, según reglas básicas aplicadas a la generación eólica se conoce que para obtener una eficiente obtención de energía es necesario que el factor de capacidad del aerogenerador seleccionado sea mayor o igual a 34%. Por tal motivo evaluaremos al aerogenerador de marca HUMMER, modelo H 2.7 – 500.

Con ayuda de su curva de potencia a velocidades de 1 a 20 m/s y la probabilidad de velocidades de viento presentes se determina el valor del factor de capacidad, dando como resultado 38.98%, el cual es un porcentaje adecuado para seleccionar el aerogenerador HUMMER H.2.7-500.

Tabla 19. Cálculo de factor de capacidad del aerogenerador seleccionado

VELOCIDAD DE VIENTO (m/s)	POTENCIA (KW)	PROBABILIDAD (%)	HORAS (H/AÑO)	DENSIDAD DE POTENCIA (kW)	DENSIDAD DE ENERGÍA (KWH/AÑO)	FACTOR DE CAPACIDAD (%)
1.0	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00	
2.0	0.00	0.71%	62.33	0.00	0.00	
3.0	0.03	0.82%	71.92	0.00	2.16	38.98%
4.0	0.10	16.15%	1414.45	0.02	141.44	
5.0	0.18	63.71%	5581.08	0.11	1004.60	

6.0	0.33	17.19%	1505.55	0.06	496.83
7.0	0.50	1.42%	124.66	0.01	62.33
8.0	0.63	0.00%	0.00	0.00	0.00
9.0	0.78	0.00%	0.00	0.00	0.00
10.0	0.90	0.00%	0.00	0.00	0.00
11.0	1.00	0.00%	0.00	0.00	0.00
12.0	0.95	0.00%	0.00	0.00	0.00
13.0	0.92	0.00%	0.00	0.00	0.00
14.0	0.88	0.00%	0.00	0.00	0.00
15.0	0.83	0.00%	0.00	0.00	0.00
16.0	0.74	0.00%	0.00	0.00	0.00
17.0	0.67	0.00%	0.00	0.00	0.00
18.0	0.65	0.00%	0.00	0.00	0.00
19.0	0.55	0.00%	0.00	0.00	0.00
20.0	0.50	0.00%	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración en base al cálculo de factor de capacidad del aerogenerador seleccionado, 2021.

Reemplazamos la velocidad media obtenida del apartado 5.4.2. en la fórmula de Potencial eólico, teniendo en cuenta además el valor del radio del aerogenerador seleccionado.

$$P_{eólico} = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 V^3 \quad (26)$$

$$P_{eólico} = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 V^3$$

$$P_{eólico} = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 4.1^3 \times \pi \times 1.25^2$$

$$P_{eólico} = 207.21 \text{ W}$$

Donde:

V: Velocidad promedio del viento

r: radio de aerogenerador

ρ :densidad del aire

Con el resultado de potencial eólico de la zona de estudio y estimando que la velocidad media se mantendrá a lo largo de 24 horas en el día, obtenemos la energía generada en un año.

$$E_{aerogenerador} = P_{eólico} \times t \quad (27)$$

Donde:

$E_{aerogenerador}$: Energía del aerogenerador

t: tiempo

$$E_{aerogenerador} = 207.2 \times 24h$$

$$E_{aerogenerador} = 4973.23Wh/día$$

$$E_{aerogenerador} = 1815.23kWh/año$$

Para el sistema híbrido se selecciona un aerogenerador de baja potencia que pueda generar energía con bajas velocidades de viento. De acuerdo al dato obtenido en el punto 5.2 nuestro aerogenerador debe ser de una potencia baja y que posee una velocidad de arranque baja, teniendo en cuenta que nuestra velocidad media obtenida es de 4.1 m/s.

Por tal motivo el aerogenerador seleccionado es de potencia nominal de 500W.

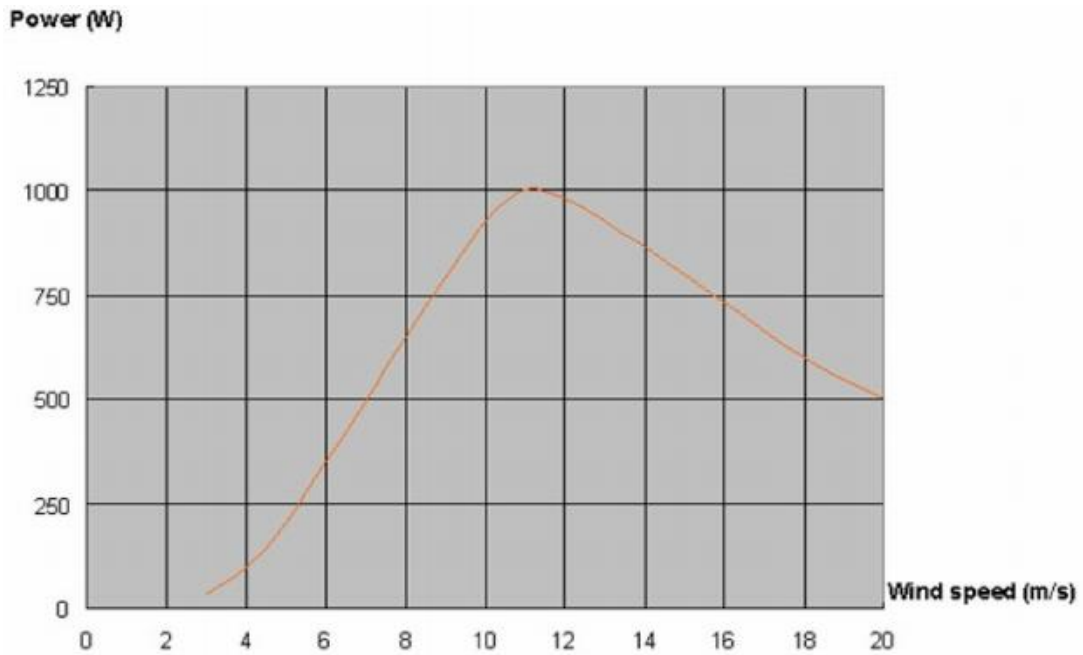


Figura 29. Curva de potencia del aerogenerador HUMMER H.2.7-500 Tomada de “Ficha técnica HUMMER H.2.7-500”. P.1.

b) Determinación del soporte para el aerogenerador

El aerogenerador estará instalado sobre una torre independiente y que se encuentre separada a 10 metros de la vivienda para evitar que se provoque turbulencias y disminuir así las vibraciones que pueden ser transmitidas a la vivienda.

La torre debe ser anclada y sujeta a suelo firmemente, con una cimentación de hormigón, la torre debe ser vertical y nivelada para evitar que se produzca un mal funcionamiento.

En caso de torre de poca base se usan entre 3 o 4 tensores, que tengan 6mm de grosor, teniendo en cuenta que la sujeción de la torre debe ser por debajo del diámetro de las hélices

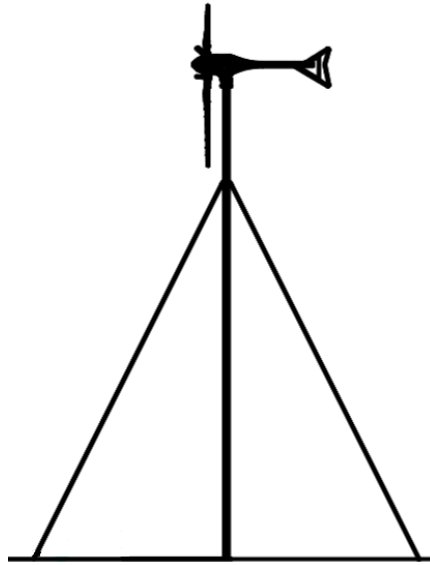


Figura 30. Soporte del aerogenerador

Fuente: Elaboración propia, 2021

5.3. Sistema de protección y puesta a tierra

Selección pararrayos

El sistema híbrido está expuesto a impactos de descargas atmosféricas durante las tormentas, los efectos de dichas descargas serían sobretensiones que pueden causar daños en los módulos fotovoltaicos e inversores.

Al ser una instalación pequeña y teniendo el aerogenerador a mayor altura el pararrayo deberá estar instalado a una altura mayor de 3 metros del buje para evitar que las descargas alcancen primero a las aspas, en el mercado existen distintos tipos de pararrayos desde los más simples a más complejos, en nuestro sistema hemos visto adecuado usar un pararrayo tipo de barra simple o Franklin.

Además de ello recogimos información del mapa Ceraunico del Perú en el que se observa la poca incidencia de rayos, tendiendo a presentarse en mayor número en los meses de invierno.

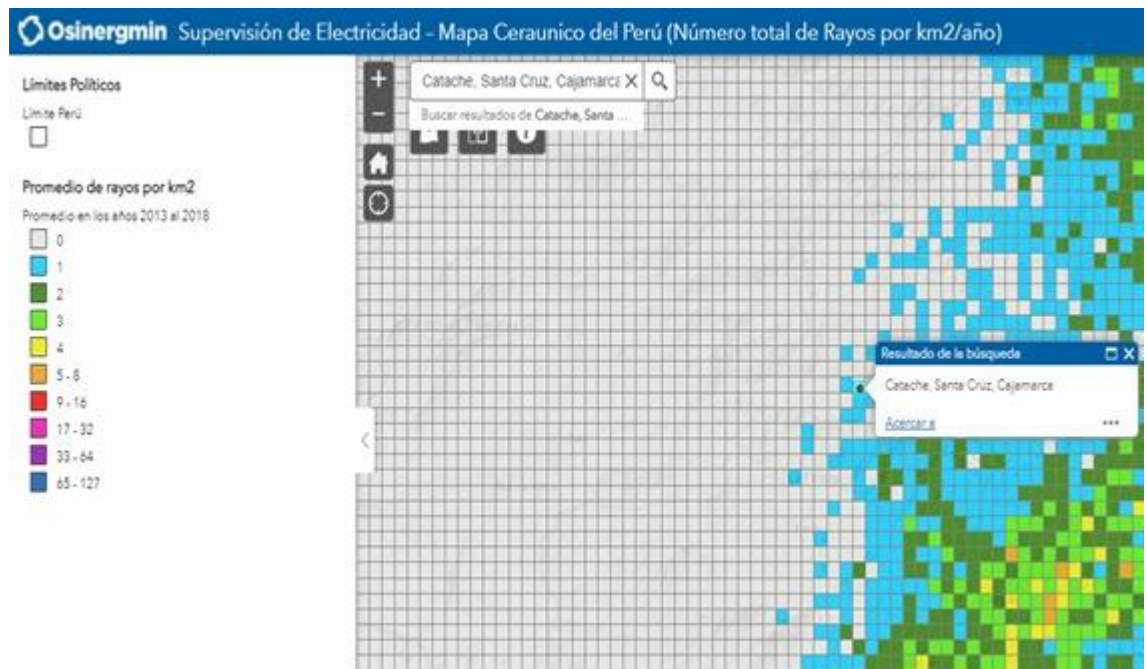


Figura 31. Mapa Ceraunico Catache, Cajamarca.

Tomada de “Supervisión de electricidad-Mapa Ceraunico del Perú”, por Osinergmin. 2021.

Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra ayuda con la protección de la vida humana y los equipos frente a descargas eléctricas y corto circuitos.

Para ello tenemos que habilitar el pozo donde ira instalada el electrodo. Este pozo tiene que ser ancha con unas medias recomendadas de 2mx1mx1m.

Colocar el electrodo junto con el cobre, cubriéndolo de manera espiral dentro del pozo.

Agregar aditivo para la reducción de la resistencia. El aditivo ayudara a disipar las descargas y evitar daños a nuestro sistema, para ello tenemos tres tratamientos más usados: Bentonita, mezcla de cloruro de sodio y carbón en gel y Gel. Por último, se coloca el cable de acometida junto con el electrodo de cobre y se procede con conexión de la puesta a tierra y la conexión de las estructuras del sistema y de los equipos.

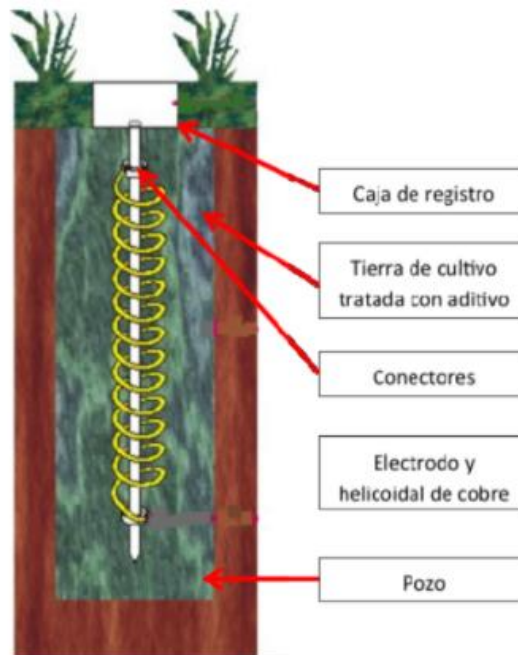


Figura 32. Sistema puesto a tierra

Fuente: Manual de instalación Sencico (Sencico, 2013 pág. 37)

5.4. Generación eléctrica del sistema híbrido

Calculamos la generación del sistema fotovoltaico por mes y año en kWh.

Tabla 20. Generación de energía de sistema fotovoltaico

	IRRADIACIÓN (kWh/m²/mes)	HSP(h)	POTENCIA DE GENERADOR(W)	GEN. MES (kWh/mes)
Ene	112.68	3.65	640.28	19.85
Feb	114.822	4.10	722.36	20.23
Mar	124.368	4.01	706.70	21.91
Abr	122.988	4.10	722.15	21.66
May	135.356	4.37	769.13	23.84
Jun	150.184	5.01	881.84	26.46
Jul	163.85	5.29	931.04	28.86
Ago	168.984	5.45	960.22	29.77
Sep	151.512	5.05	889.63	26.69
Oct	143.044	4.61	812.82	25.20
Nov	137.27	4.58	806.01	24.18
Dic	132.862	4.29	754.96	23.40
			TOTAL AÑO	292.05

Nota: HSP: Hora solar pico. Fuente: Elaboración en base a los resultados determinados en generación de energía del sistema fotovoltaico, 2021.

La energía de salida de los paneles fotovoltaicos a lo largo de un año es 292.05 kWh/año y la energía de salida del aerogenerador es 1,815.23kWh/año, lo cual nos da una energía de salida total de 2,107.28 kwh/año que viene a ser la energía total que nos brinda el sistema híbrido cuando este funciona a plena carga.

Al comparar la energía de salida total con la energía que se necesita para cubrir la demanda, existe una diferencia la misma que cubrirá las necesidades de energía cuando la velocidad del viento se encuentre menor al promedio anual y cuando la radiación sea baja.

5.5. Determinación de la evaluación económica

La evaluación económica de la presente investigación viene a ser dada respecto al costo de la energía por kWh durante su periodo de vida.

Frente a la propuesta de un sistema híbrido en una zona rural, y con el objetivo de dar viabilidad económica se compara con la alternativa más usada en el anexo Quebrada Honda siendo este la de un grupo electrógeno.

Para el sistema híbrido el mantenimiento es sencillo pero debido al tiempo de vida útil de los componentes, estos necesitan ser reemplazados y sufren de una degradación a lo largo de ese periodo, teniendo como diferencia que con el uso de grupo electrógeno se requiere de un mantenimiento especializado, suministro de combustible diario y la compra de repuestos.

a) Determinación de costo de energía por uso de generador eléctrico (Alternativa N°2)

En este punto analizamos la alternativa de usar un generador eléctrico pequeño para cubrir la demanda de consumo por cada vivienda.

Consideramos el uso del generador eléctrico por 5 horas durante el día, para ello seleccionaremos un grupo con potencia mayor a la potencia requerida por día 387W.

El modelo 800W cumple las condiciones necesarias para seleccionar y posee una potencia nominal de 650W.

Calculamos la eficiencia:

$$n_{GE} = \frac{P_{nom} \times \text{Horas continuas de trabajo}}{\text{Capacidad de tanque} \times \text{Poder calorífico gasolina}} \quad (28)$$

Donde:

n_{GE} : Eficiencia del generador

P_{nom} : Potencia nominal

Poder calorífico de gasolina: 39.8 kW-h/gal

$$n_{GE} = \frac{0.65kW \times 5h}{1.05gal \times 39.8kW - h/gal}$$

$$n_{Ge} = 7.78\%$$

Cálculo de volumen de combustible utilizado.

$$V_{comb} = \frac{\text{Energía demandada}}{n_{GE} \times \text{Poder calorífico de gasolina}} \quad (29)$$

$$V_{comb} = \frac{1010.64kWh/año}{7.78\% \times 39.8kW - h/gal}$$

$$V_{comb} = 326 \frac{gal}{año}$$

Donde:

Vcomb: Volumen de combustible

El costo de la gasolina de 84 octanos es aproximadamente 12 soles por galón, nos da como resultado el costo total de consumo de combustible al año de 3912 soles.

b) Inversión

- El consumo de combustible por los 25 años será igual a S/97800.00
- Además del consumo también será debe realizar mantenimientos para este caso consideraremos un 5% del costo del equipo.

$$\text{Costo de mantenimiento} = 5\% \times 500$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = 25 \text{ soles}$$

Costo de mantenimiento por los 25 años es 625 soles.

- Costo de equipos adicionales
Considerando un periodo de vida de 7 años por equipo, se deberá adquirir en el año 7, 14 y 21.

Costo de equipos adicionales = 3x500 soles

Costo de equipos adicionales = 1500 soles

c) Costo de la energía generada por el generador eléctrico

$$\text{Costo de energía} = \frac{\text{Costo GE} + \text{Costo combus.} + \text{Costo mantt} + \text{Costo Equip. adic.}}{\text{Energía demandada x Año}} \quad (30)$$

Donde:

Costo GE: Costo del generador eléctrico

Costo combust: Costo del combustible

Consto mantt: Costo del mantenimiento

Costo Equip. Adic: Costo de equipos adicionales

$$\text{Costo de energía} = \frac{500 + 97800 + 625 + 1500}{1010.64 \times 25}$$

$$\text{Costo de energía} = 3.9 \text{ soles/kwh}$$

El costo de energía con un generador es alto, se ve que el incremento en costo está dado por el uso de combustible, siendo además una fuente contaminante

5.6. Presupuesto de inversión del sistema híbrido (Alternativa N°1)

Los siguientes cuadros se muestran los costos en soles de los equipos y componentes seleccionados para nuestro sistema fotovoltaico y eólico.

Tabla 21. Presupuesto de equipos del sistema híbrido

EQUIPOS	COSTO	CANTIDAD	TOTAL
PANEL FOTOVOLTAICO	S/ 484.00	1	S/ 484.00
AEROGENERADOR + REGULADOR	S/ 1,478.20	1	S/ 1,478.20
REGULADOR	S/ 490.00	1	S/ 490.00
BATERIAS	S/ 890.00	2	S/ 1,780.00
INVERSOR	S/ 844.00	1	S/ 844.00
TOTAL			S/5,076.20

Fuente: Elaboración en base a los costos de los equipos, 2021.

Tabla 22.**Presupuesto de equipos de componentes**

EQUIPOS	COSTO	CANTIDAD	TOTAL
TERMOMAGNÉTICOS	S/ 68.32	3	S/ 204.96
DISYUNTOR	S/ 60.00	1	S/ 60.00
DIFERENCIAL	S/ 60.00	1	S/ 60.00
CAJA COMBINADORA	S/ 240.00	1	S/ 240.00
CONECTORES Y OTROS	S/ 200.00	1	S/ 200.00
ACCESORIOS	S/ 100.00	1	S/ 100.00
TABLERO	S/ 100.00	1	S/ 100.00
ESTRUCTURA HIERRO			
GALVANIZADO	S/ 1,500.00	1	S/ 1,500.00
PUESTA A TIERRA	S/ 1,200.00	1	S/ 1,200.00
PARARRAYO SIMPLE	S/ 740.00	1	S/ 740.00
		TOTAL	S/ 4,404.96

Fuente: Elaboración en base a los costos de los componentes, 2021.

La inversión inicial asciende a S/ 5.076.20 que involucra costo de equipos y S/ 4,404.96 soles en costo de componentes adicionales, además se considera un costo por mantenimiento anual de un porcentaje de 2.5% del costo de inversión total que representa S/ 237.03 soles al año por cada sistema híbrido por vivienda.

En el siguiente Tabla 23 apreciamos el tiempo de vida útil de los equipos y la cantidad de reemplazos que se realizarán.

Tabla 23. Costos de equipos del sistema híbrido y tiempo de vida útil

EQUIPOS	COSTO UNITARIO S/.	CANTIDAD	TOTAL S/.	TIEMPO DE VIDA ÚTIL	N° DE REEMPLAZOS
PANEL SOLAR	484.00	1.00	484.00	25	0
AEROGENERADOR + REGULADOR	1478.20	1.00	1478.20	25	0
REGULADOR	490.00	1.00	490.00	10	2

BATERIAS	890.00	2.00	890.00	10	2
INVERSOR	844.00	1.00	844.00	10	2

Fuente: Elaboración en base a los costos y tiempo de vida útil del sistema híbrido, 2021.

5.7. Costos de operación y mantenimiento

El mantenimiento del sistema híbrido es una acción de responsabilidad frente a la preservación de los equipos para su buen funcionamiento durante su tiempo de vida, en este caso los pobladores deberán de ser capacitados para dicho mantenimiento o supervisión visual, para ello se deberá seguir con la revisión de todos los equipos que conforman el sistema.

El mantenimiento anual deberá ser realizado revisando el ángulo de inclinación de los paneles, si presenta sombras, verificando el estado de las palas, medición del voltaje y amperaje para asegurar que se encuentre dentro de los parámetros.

Verificar el voltaje de las baterías y el estado físico de las mismas, también deben ser verificados por un experto, la medición de parámetros del tablero eléctrico y los inversores.

Si se encuentra algún tipo de daño deberá ser comunicado inmediatamente a un experto para que se pueda tomar las medidas adecuadas y no perjudicar el buen funcionamiento del sistema.

Si se encuentra algún tipo de daño deberá ser comunicado inmediatamente a un experto para que se pueda tomar las medidas adecuadas y no perjudicar el buen funcionamiento del sistema.

Se destina el 2.5% de la inversión para el mantenimiento de nuestro sistema, adicionalmente a lo largo de 25 años se considera que se realizará 2 reemplazos de reguladores, 2 de inversores y baterías que representan un total de 3114.00 soles por sistema híbrido implementado en cada vivienda.

5.8. Cálculo de VAN y TIR

Para el cálculo del VAN debemos identificar cuáles son los ingresos y egresos totales al momento del diseño del sistema híbrido, en este caso utilizaremos una tasa de interés de 8% basado en el promedio de tasas de las diferentes entidades bancarias.

a) Ingresos

Se considera como ingreso anual al total de energía generada por el precio de la energía para una tarifa BT5B igual a 0.158 USD/kWh, para nuestros fines evaluaremos el ingreso en soles tomando en cuenta un tipo de cambio de 4 soles por dólar americano.

Total, de energía generada por el sistema en el primer año es 2,107.28 kWh/año, esta energía sufrirá una degradación de 0.5% tal como se muestra en la Tabla 23.

$$\text{Ingreso según valor de energía} = 0.158 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} * \frac{4 \text{ Sol}}{\text{USD}} * 2107.28 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Ingreso según valor de energía} = 1331.8 \text{ Soles}$$

Dentro de los ingresos también consideraremos el ahorro en los gastos por compra de combustible, velas y pilas, para este trabajo tomaremos en cuenta un gasto de 30 soles mensuales.

Este ahorro al año suma 360 soles de ahorro.

Dando como ingreso en el primer año un monto de 1691.8 Soles

b) Egresos

Se considera como egreso a la inversión inicial realizada, el costo por mantenimiento y el costo de los equipos a reemplazar a lo largo del periodo de evaluación.

Con los datos obtenidos trabajamos en la siguiente tabla:

Tabla 24. Flujo económico para el Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico Aislado

	INGRESO ANUAL	INVERSION	COSTOS OPERATIVOS Y DE MANTTO	TOTAL EGRESO
0		-9481.16		-9481.16
1	1691.80		237.03	1454.77
2	1685.14		237.03	1448.11
3	1678.52		237.03	1441.49
4	1671.92		237.03	1434.89
5	1665.36		237.03	1428.34
6	1658.84		237.03	1421.81
7	1652.34		237.03	1415.31
8	1645.88		237.03	1408.84
9	1639.45		237.03	1402.48
10	1633.05		3351.03	-1717.97
11	1626.69		237.03	1389.66
12	1620.36		237.03	1383.33
13	1614.05		237.03	1377.03
14	1607.78		237.03	1370.75
15	1601.54		237.03	1364.52
16	1595.34		237.03	1358.31
17	1589.16		237.03	1352.13
18	1583.01		237.03	1345.99
19	1576.90		237.03	1339.84
20	1570.82		3351.03	-1780.21
21	1564.76		237.03	1327.73
22	1558.74		237.03	1321.71
23	1552.74		237.03	1315.71
24	1546.78		237.03	1309.75
25	1540.85		237.03	1303.82

Fuente: Elaboración en base al flujo económico, 2021.

De la Tabla 24 , calculamos el valor del VAN y TIR:

VAN= S/ 3370.90

TIR= 12%

5.9. Determinación del LCOE

Para la determinación de LCOE identificamos los costos distribuidos a lo largo de la vida útil del sistema generador de energía por la energía producida en dicho periodo.

Se considera como costo total del sistema a la suma de inversión inicial, costo por mantenimiento y costo de reemplazo de equipos.

Tomamos en cuenta el total de la energía producida con un porcentaje de degradación del sistema de 0.5, de la siguiente Tabla 25 obtenemos que la energía producida a lo largo de los 25 años es:

Tabla 25. Producción de energía

PERIODO	PRODUCCIÓN ENERGÍA (kWh)
0	
1	2107.28
2	2096.74
3	2086.26
4	2075.83
5	2065.45
6	2055.12
7	2044.85
8	2034.62
9	2024.45
10	2014.33
11	2004.26
12	1994.23
13	1984.26
14	1974.34
15	1964.47
16	1954.65
17	1944.87
18	1935.15
19	1925.47
20	1915.85
21	1906.27
22	1896.74
23	1887.25
24	1877.82
25	1868.43
TOTAL	51498.07

Fuente: Elaboración en base a la producción de energía, 2021.

$$LCOE = \frac{VP(\text{Costo total del proyecto})}{VP(\text{Total de energía eléctrica generada})} \quad (31)$$

$$LCOE = \frac{9481.16 + 237.03 \times 25 + 3114 \times 2}{51498.07}$$

$$LCOE = 0.42 \frac{\$/kWh}$$

Tabla 26. Costos de generación global de diferentes fuentes de generación de electricidad

FUENTE	COSTO DE GENERACIÓN GLOBAL NIVELADO (US\$ POR MWH)
Solar (empresa)	36
Eólica terrestre	40
Gas	59
Geotérmica	80
Eólica continental	86
Carbón	112
Nuclear	164
Gas	175
Solar (residencial)	189

Fuente: Lazard, 2020.

5.10. Simulación con el software Homer Pro

Para realizar la simulación con el software primero se ubicó geográficamente el anexo Quebrada Honda tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Figura 33. Ubicación geográfica del anexo Quebrada Honda.

Tomada de “Ubicación geográfica”, por el software Homer Pro.2021.

Luego se ingresó los datos de los recursos renovables como la radiación solar y la velocidad del viento, como se observa en la Figura 34 y la Figura 35 .

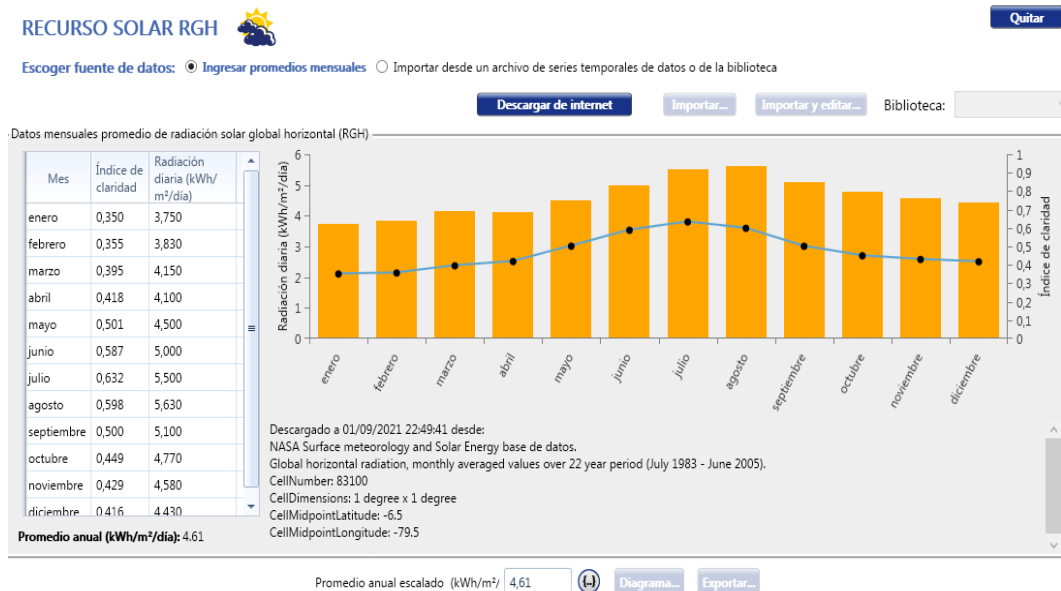


Figura 34. Datos de irradiación solar en el anexo Quebrada Honda.

Tomada de “La radiación solar”, por el software Homer Pro. 2021.

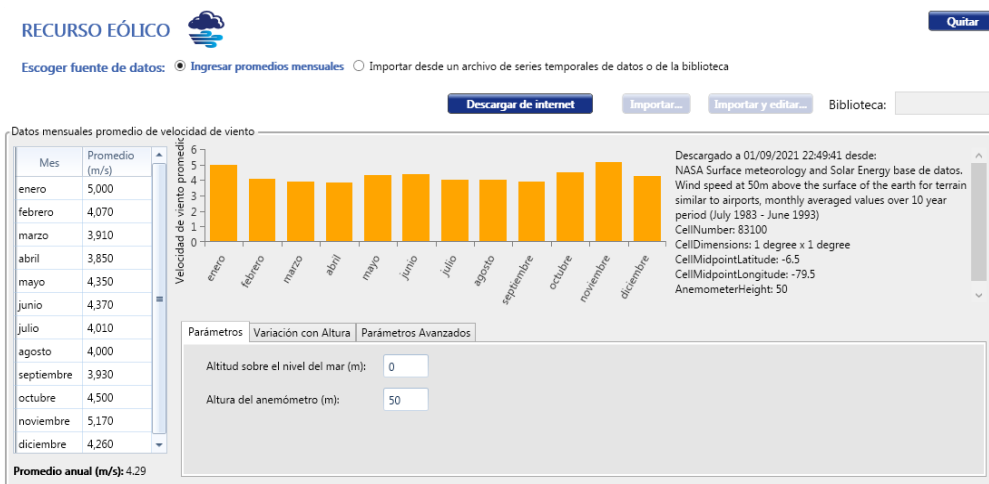


Figura 35. Datos de la velocidad del viento en el anexo Quebrada Honda. Tomada de “La velocidad del viento”, por el software Homer Pro. 2021.

Aerogenerador eólico

Para el dimensionamiento se utilizó un aerogenerador de potencia 0.5 kW como se muestra en la Figura 36, con la finalidad de apoyar la generación en días de ausencia de radiación solar.

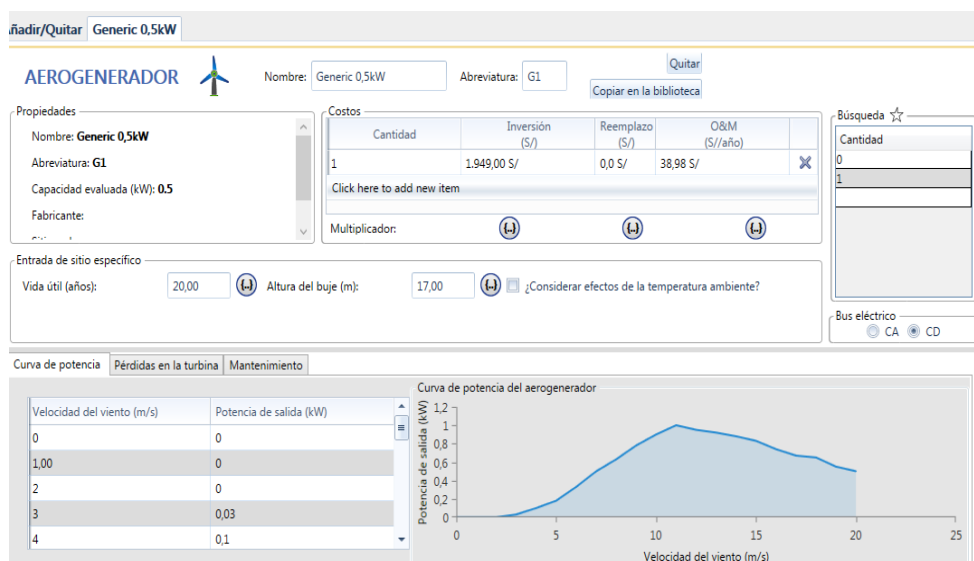


Figura 36. Características técnicas del aerogenerador Tomada de “Aerogenerador eólico”, por el software Homer Pro. 2021.

Panel solar

Para el dimensionamiento se utilizó un panel fotovoltaico policristalino de 200 W, como se puede observar en la Figura 37.

Añadir/Quitar Panel 200 W

FV Nombre: Panel 200 W Abreviatura: PV

Propiedades

Nombre: **Panel 200 W**

Abreviatura: **PV**

Tipo de panel: **Flat plate**

Capacidad evaluada (kW): **0**

Fabricante: **Generic**

Peso (lbs): **31.305**

Área (m2): **2046**

Sitio web: www.homerenergy.com

Notas:

Costos

Capacidad (kW)	Inversión (S/)	Reemplazo (S/)	O&M (S//año)
1	2.420,00 S/	0,0 S/	48,40 S/

Click here to add new item

Multiplicador:

Entrada de sitio específico

Vida útil (años): 25,00

Factor de reducción (%): 80,00

Bus eléctrico CA CD

MPPT Dato de entrada avanzado Temperatura

Ignorar convertidor dedicado

Vida útil (años): 15,00

Costos

Tamaño (kW)	Inversión (S/)	Reemplazo (S/)	O&M (S//año)
1	0,00 €	0,00 €	0,00 €

Click here to add new item

Espacio de búsqueda

Tamaño (kW)

1

¿Usar la tabla de eficiencia?

Eficiencia (%): 95


Porcentaje de entrada (%)	Eficiencia (%)
Click here to add new item	

Figura 37. Características técnicas del panel fotovoltaico.

Tomada del “Panel fotovoltaico”, por el software Homer Pro. 2021.

Baterías

Para la implementación consta de 2 baterías en serie, como se muestra en Figura 38. Con el propósito de mantener su voltaje, con el objetivo de almacenar la energía generada por el aerogenerador eólico y el panel fotovoltaico.

BATERÍA  Nombre: Abreviatura:

Propiedades

Nombre: **Batería 138Ah 12V**
 Abreviatura: **Batería 138Ah 12V**
 Fabricante: **Discover Energy**
 Voltaje nominal (V): **12,0**
 Capacidad máxima (Ah): **245**
 Eficiencia de ida y vuelta (%): **85,0**
 Vida de flotación (años): **18,0**
 Rendimiento sugerido de vida útil (kWh): **3.550**
 Intervalo de reemplazo del electrolito (años): **125**
 Ratio de capacidad, c: **0,329**
 Constante de tasa **0,594**
 Tasa de carga máxima (A/Ah): **1,00**
 Corriente máxima de carga (A): **57,0**
 Corriente máxima de descarga (A): **134**
 Sitio web: www.discover-energy.com/renewable-energy
 Notas:
 Tubular Flooded Lead Acid Battery

Costos

Cantidad	Inversión (S/)	Reemplazo (S/)	O&M (S//año)
1	890,00 S/	890,00 S/	18,00 S/

Click here to add new item

Multiplicador:

Entrada de sitio específico

Baterías por serie: (24 V bus)

Estado de carga inicial (%):

Estado de carga mínimo (%):

Rendimiento de la vida útil (kWh):

¿Hacer cumplir la vida mínima de la batería?

Vida mínima de la batería (año):


Búsqueda

Series
0
1
2

Figura 38. Características técnicas de las baterías.
 Tomada de “La batería”, por el software Homer Pro. 2021.

Inversor

Se implementará un inversor de 0.5 kW. Como se muestra en la Figura 39.

CONVERTIDOR  Nombre: Abreviatura:

Convertidor

Propiedades

Nombre: **Convertidor**
 Abreviatura: **Convertir**
 Fabricante: **Generic**
 Peso (lbs): **8,5**
 Área (in2) **73,44**
 Sitio web: www.homerenergy.com
 Notas:
This is a generic system converter.

Costos

Capacidad (kW)	Inversión (S/)	Reemplazo (S/)	O&M (S//año)
1	1.688,00 S/	1.688,00 S/	33,76 S/

Click here to add new item

Multiplicador:

Entrada del inversor

Vida útil (años):

Eficiencia (%):

¿Paralelo con el generador de CA?

Entrada del rectificador

Capacidad relativa (%):

Eficiencia (%):

Búsqueda

Tamaño (kW)
0,5
0
1

Figura 39. Características técnicas del inversor
 Tomada del “Inversor”, por el software Homer Pro. 2021.

Esquemática del dimensionamiento

A continuación, se muestra en la Figura 40, obtenidos en la simulación del diseño realizado en el software Homer. Se utilizó dos tipos de generación como es el aerogenerador eólico, el panel fotovoltaico, baterías e inversor.

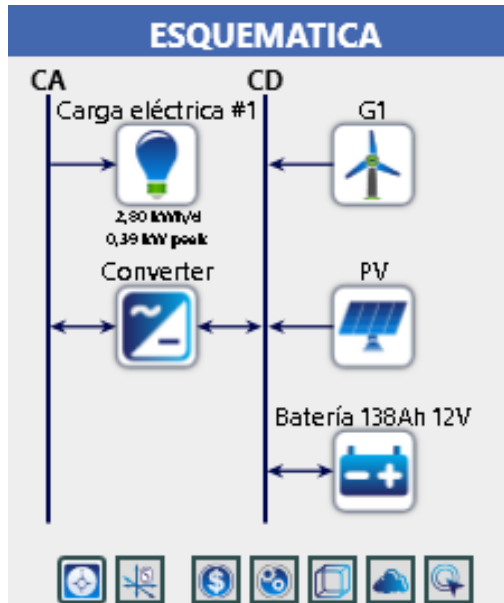


Figura 40. Configuración del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado
 Fuente: Tomada de la “Esquemática del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado”, obtenida por el software Homer Pro. 2021.

Realizado el dimensionamiento y simulación en el software Homer, como se muestra en la Figura 41.

Exportar... Elecciones de columna Casos de sensibilidad: de un click izquierdo en el caso de sensibilidad para ver los casos de optimización.

Sensibilidad	Arquitectura	Costo	Sistema	PV	G1											
Carga eléctrica #1 Promedio escalado (kWh/d)	Viento Promedio escalado (m/s)	PV (kW)	G1	Batería 138Ah 12V	Converter (kW)	Despacho	CDE (S/)	CAN (S/)	Costo de operación (S/)	Inversión inicial (S/)	Frac. Ren. (%)	Costo de inversión	Producción	Costo de inversión	Producción	Costo de O&M
1,9	7,29	0,200	1	2	0,500	CC	0,819 S/	6,065 S/	139,79 S/	4,573 S/	100			1,949	3,463	39
2,8	4,285	0,200	1	2	0,500	CC	0,672 S/	6,653 S/	149,47 S/	5,057 S/	100	484	272	1,949	1,198	39
2,8	5,29		1	2	0,500	CC	0,593 S/	6,065 S/	139,79 S/	4,573 S/	100			1,949	1,970	39
2,8	6,29		1	2	0,500	CC	0,566 S/	6,065 S/	139,79 S/	4,573 S/	100			1,949	2,754	39

Exportar... Casos de optimización: haga doble click en la simulación para examinar detalles.

Arquitectura	Costo	Sistema	PV	G1	Batería 138Ah 12V											
PV (kW)	G1	Batería 138Ah 12V	Converter (kW)	Despacho	CDE (S/)	CAN (S/)	Costo de operación (S/)	Inversión inicial (S/)	Frac. Ren. (%)	Costo de inversión	Producción	Costo de inversión	Producción	Costo de O&M	Autonomía	Annual Throughput
0,200	1	2	0,500	CC	0,672 S/	6,653 S/	149,47 S/	5,057 S/	100	484	272	1,949	1,198	39	23	353

Figura 41. Resultados de la simulación en el software Homer

Fuente: Tomada de “Resultados”, por el software Homer Pro. 2021.

De la Figura 42 observamos que el aerogenerador eólico contribuye con 81.49% de la energía y el panel fotovoltaico contribuye con 18.51% de la energía total. La cual son representadas en el diagrama de barras color anaranjado la contribución del aerogenerador y las barras de color verde la del panel fotovoltaico.



Figura 42. Contribución de las energías eólica y solar para la generación
Fuente: Tomada de “Resumen eléctrico”, el software Homer Pro. 2021.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1 Contrastación de la hipótesis general

Tabla 27. Resultado de hipótesis general

HIPÓTESIS	El diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado permitirá la electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.
RESULTADO	Se utilizó datos reales siendo la radiación menor 112.68 <i>kWh/m²/mes</i> y la velocidad 4.1 m/s de la zona, asegurando que el diseño es viable. Logrando cubrir la demanda de energía necesaria cumpliendo la electrificación rural en el anexo Quebrada Honda. Es una alternativa con menor costo a comparación de otros sistemas de generación de energía eléctrica, según el informe Renewable Infrastructure Investment Handbook del World Economic Forum (WEF), invertir en energía renovable fue más rentable que hacerlo en los tradicionales combustibles fósiles. El costo para generar energía solar y eólica está al mismo nivel o es menor que el de producir energía con carbón o gas natural, En 2006, la energía solar costaba US\$ 600/ MWh, mientras que el precio de la tradicional obtenida a partir de carbón y gas natural ascendía a solo US\$ 100/Mwh; 10 años después, el costo de la energía solar es US\$100/MWh y el de la energía eólica es US\$ 50/MWh.

Fuente: Elaboración en base a la hipótesis general, 2021.

6.1.2 Contrastación de la las hipótesis específicas

Tabla 28. Resultado de hipótesis específica N°1

HIPÓTESIS	Si se determina la demanda de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca se podrá proyectar el diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para la electrificación rural.
RESULTADO	En la presente investigación se calculó la demanda total siendo 33.22 kWh/día, mediante la toma de datos. Logrando proyectar el sistema eólico fotovoltaico aislado ya que nos brindará la capacidad de energía eléctrica total necesaria para la iluminación y alimentación de los artefactos que cuenta cada familia.

Fuente: Elaboración en base a la hipótesis específica, 2021.

Tabla 29. Resultado de hipótesis específica N°2

HIPÓTESIS	Si se determinan los parámetros de diseño se logrará dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.
RESULTADO	De los cálculos realizados de nuestra investigación, se determinó los parámetros para la selección de los equipos que conforman el sistema híbrido eólico fotovoltaico: 1 panel fotovoltaico marca Era modelo 200W 12V, 1 aerogenerador marca Hummer modelo H2.7-500W, 2 baterías marca Ultracell modelo UC138-12.

Fuente: Elaboración en base a la hipótesis específica, 2021.

Tabla 30. Resultado de hipótesis específica 3

HIPÓTESIS	Si se establece la ubicación óptima del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado se logrará un buen funcionamiento para la electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.
RESULTADO	Se determinó la ubicación óptima de los paneles solares, del aerogenerador, las baterías considerando la ubicación demográfica de las 12 viviendas logrando el buen funcionamiento del sistema en el anexo Quebrada Honda. El sistema se ubicará a 10 m de cada vivienda, el panel tendrá un ángulo de inclinación 15° y se ubicará a 5 m de la casa, el aerogenerador estará a una altura de 10 m.

Fuente: Elaboración en base a la hipótesis específica, 2021.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Tabla 31. Contrastación de los resultados

TESIS	DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL ANEXO QUEBRADA HONDA, CATACHE-CAJAMARCA	DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO AISLADO PARA ABASTECER A LA HACIENDA QUIROLA
OBJETIVO	Diseñar un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.	Desarrollar y simular un sistema híbrido eólico-solar para el abastecimiento de energía eléctrica a la “Hacienda Quirola” – Bananera.
DESCRIPCIÓN	Determinar una metodología de diseño para un sistema híbrido eólico fotovoltaico el cual abastezca la demanda energética del anexo Quebrada Honda	Se realizó el estudio de abastecimiento energético utilizando el software Homer para modelar y comparar las opciones de diseño basándose en las cualidades técnico-económicas de la Haciendo Quirola.
DISEÑO	Carga energética: 33.22 kWh/día	Carga energética: 2.5 kWh/día

Fuente: Elaboración en base a los resultados con otros estudios similares, 2021.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La presente investigación diseña un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado a la red en el anexo Quebrada Honda para suministrar energía eléctrica que satisface las necesidades básicas de la población.

La tesis se basó en recolección de datos de libros, informes, normas nacionales

- Decreto Legislativo 1002: Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- Norma DGE (Dirección General de Electricidad): Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural.

CONCLUSIONES

- Se diseñó el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache - Cajamarca, aprovechando los recursos renovables eólico y solar de la zona siendo la energía total generada de 25.28 MWh/año, así mismo se obtuvo que para cada vivienda los equipos a usar para el sistema híbrido eólico – fotovoltaico: 1 aerogenerador marca Hummer modelo H2.7-500W , 1 panel fotovoltaico marca Era modelo 200W 12V, 2 baterías marca Ultracell modelo UC 138-12, tablero de distribución y el cable de alimentación de marca Indeco.
- Se determinó la demanda de energía eléctrica total en el Anexo Quebrada Honda siendo este resultado de 33.22 kWh/día, de acuerdo a la energía consumida por los equipos eléctricos de las 12 viviendas.
- Se determinó los parámetros de diseño para dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca, haciendo uso de la base de datos de la Comisión Europea y la NASA, el cual se obtuvo valor de la radiación solar promedio igual a $112.68 \text{ kWh/m}^2/\text{mes}$ y la velocidad de viento promedio igual a 4.1 m/s.
- Se estableció la ubicación óptima de los equipos: el aerogenerador a 10 m de altura para cada vivienda a fin de disminuir las vibraciones y ruidos molestos; los paneles solares se ubicarán a 5 m de la vivienda para evitar las pérdidas por efecto sombra y garantizando el buen funcionamiento del sistema híbrido.
- Se realizó el análisis de factibilidad económica del diseño, determinando que el proyecto es viable. El VAN resultó S/3370.90, el TIR 12%.
- Se realizó la comparación económica entre el sistema híbrido y el generador siendo el valor del LCOE del sistema híbrido $0.42 \frac{\text{S}}{\text{kWh}}$ y el valor del LCOE del aerogenerador $3.9 \frac{\text{S}}{\text{kWh}}$, se concluye que el sistema híbrido es viable.

RECOMENDACIONES

- Para la ejecución del proyecto se recomienda realizar un mantenimiento preventivo para un correcto funcionamiento del sistema, con el objetivo de evitar fallas en la generación de energía.
- Es recomendable que nuestro proyecto sea de inversión social, pues permitirá mejorar la calidad de vida, desarrollo económico, la educación de la población del anexo Quebrada Honda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **AEMET, Agencia Estatal de Meteorología** -. La radiación solar. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pág. 13.
2. **Arcoya, Encarni.** EconomíaFinanzas. [En línea] <https://www.economiafinanzas.com/que-son-van-tir/>.
3. **Asea Brown Boveri S.A. ABB. 2012.** Cuaderno de aplicaciones técnicas n°12: Plantas eólicas. 2012.
4. **Autosolar Energía del Perú S.A.C.** Autosolar pe. . [En línea] <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-orientacion-e-inclinacion-han-de-tener-los-paneles-solares-en-el-peru>.
5. **Ballón, Sergio. 2017.** Blogs escritos por empleados del BID. Copyright Banco Interamericano de Desarrollo. [En línea] 15 de Noviembre de 2017. <https://blogs.iadb.org/energia/es/2787/>.
6. **Benavides Ballesteros, Henry Oswaldo. 2010.** Información técnica sobre la radiación ultravioleta, el índice UV y su pronóstico. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2010. pág. 41.
7. **Bernal Torres, César Augusto. 2010.** Metodología de la Investigación. Bogotá : Pearson Educación, 2010, pág. 320.
8. **Bernal, Agustín y Dufo López, J.L. 2009.** Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009, Vol. 13, pág. 2204.
9. **Carrasco Diaz, Sergio Oswaldo. 2012.** Metodología de Investigación Científica. Lima : San Margos, 2012.
10. **de Alamos, Javier, y otros. 2014.** Estudio sobre las microrredes y su aplicación a proyectos de electrificación de zonas rurales. 2014. pág. 124.
11. **Del Río Sánchez, Saúl. 2017.** Diseño de un aerogenerador tipo H-Darrieus y estudio de la influencia del ángulo de pitch, mediante Mecánica de Fluidos Computacional. Valladolid , España : s.n., Julio de 2017.
12. **eólica, Asociación danesa de la industria. 2003.** [En línea] 12 de Mayo de 2003. <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/stat/betzpro.htm>.
13. **Espinoza Montes, Ciro. 2010.** Metodología de investigación tecnológica. Huancayo : s.n., 2010. pág. 187.

14. **FOCER, Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central. 2002.** Manuales sobre energía renovable: Eólica. San José : s.n., 2002. pág. 42.
15. **Gómez Muñoz, Magdiel Alejandro. 2018.** Diseño e implementación de viviendas rurales con energías verdes fotovoltaica y eólica. Agosto de 2018.
16. **Grupo Sinelec. SINELEC.** [En línea] <https://gruposinelec.com/grupos-electrogenos-tipos-y-caracteristicas/>.
17. **Guangdong Prostar New Energy Technology Co., Ltd - Prostar. 2020.** Prostarsolar. [En línea] 8 de Agosto de 2020. <https://www.prostarsolar.net/es/conexion-serie-de-placas-solares.html>.
18. **Hernández Sampieri, Roberto. 2014.** Metodología de la investigación . México D.F. : s.n., 2014. pág. 589.
19. **HOMER Energy LLC. 2020.** Homer Pro. 2020.
20. **Iberdrola S.A. Iberdrola.** [En línea] <https://www.iberdrola.com/innovacion/energia-hibrida>.
21. **Infobae. 2018.** Infobae. Infobae Web site . [En línea] 2 de Mayo de 2018. <https://www.infobae.com/america/mundo/2018/05/02/mil-millones-de-personas-en-el-mundo-no-tienen-acceso-a-la-electricidad/>.
22. **Jaramillo Salgado, Óscar A. y Borjas Díaz, Marco A. 2010.** Energía del Viento. Ciudad de México D.F. : s.n., 2010. pág. 29.
23. **Jutglar, Lluís. 2004.** Energía Solar. Barcelona : Ediciones Ceac, 2004. pág. 265.
24. **Lazard. 2019.** Lazard. Copyright 2021 Lazard. [En línea] 7 de Noviembre de 2019. <https://www.lazard.com/perspective/lcoe2019>.
25. Los principales componentes de un aerogenerador. **Romero del Cerro , Sandra, García Garrido, Santiago y Iturriaga, Marcos. 2019.** 2019, Energiza.
26. **Lubosny, Z. 2003.** Wind Turbine Operation in Electric Power Systems. 2003.
27. **MEM. 2016.** [En línea] 3 de Abril de 2016. <https://gestion.pe/economia/mem-1-potencial-eolico-peru-concretado-centrales-generacion-115924-noticia/>.
28. **MINEM. 2003.** 2003.
29. **Mirez Tarrillo, Jorge Luis. 2013.** Componentes de la radiación solar. Universidad Nacional de Ingeniería . Lima : s.n., 2013.
30. **MPPTSOLAR. MPPTSOLAR.** [En línea] <https://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-paralelo.html#Newsletter>.
31. **Olade. 1980.** 1980.

32. **Osinergmin.** Osinergmin.gob.pe. [En línea]
<https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-eolica>.
33. —. [En línea] https://gisem.osinergmin.gob.pe/Descargas_Atmosfericas/.
34. **Penadés Huesca, Patricia. 2019 - 2020.** Análisis de viabilidad de diferentes sistemas renovables híbridos para satisfacer la demanda eléctrica en isla de pequeño tamaño: aplicación a la isla "La Graciosa" ("Canarias"). Valencia, España : s.n., 2019 - 2020. pág. 101.
35. **Peralta Berlanga, Jhoner Alfredo. 2019.** Diseño de una central eléctrica eólica-fotovoltaica de 50kva en el Centro Poblado de Chaucalla Dustrito de Toro y Chichas Departamento de Arequipa. Arequipa, Perú : s.n., 17 de Diciembre de 2019. pág. 194.
36. **Pisco Venegas, Juan Carlos y Torres Quijije, Ángel Iván. 2021.** Diseño de un sistema híbrido aislado para abastecer a la Hacienda Quirola. 2021.
37. **PR Industrial S.R.L.** PRAMAC. [En línea]
https://www.pramac.com/es_ES/aboutstationarygenerators.
38. **Puga Muñoz, Miguel.** VAN y TIR. Auditoría y Sistemas de Información, Universidad Arturo Prat del Estado de Chile. pág. 4.
39. **Renovables, Energías. 2014.** Energías Renovables. [En línea] 25 de Noviembre de 2014. <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>.
40. **Rey Benavides, Daniela Juliana, Ayala Mogollón, Edwin y Barney Jaimes, Julián. 2019.** Avances en las tecnologías para obtención de energía eléctrica por medio de sistemas de aprovechamiento por energía solar fotovoltaica y eólica. Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo (UNICIENCIA). 2019. pág. 24.
41. **Sánchez Fernández, José Jaime, y otros. 2020.** Promoción de energías renovables no convencionales en Sistemas Aislados. Grupo de Trabajo Especializado: Generación Eléctrica. Lima : s.n., 2020. pág. 38.
42. **Sánchez Maza, Miguel Ángel. 2011.** Energía solar fotovoltaica. México D.F. : Limusa S.A. , 2011. pág. 313.
43. **Senamhi, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología -. 2003.** Atlas de energía solar del Perú. Lima : s.n., 2003. pág. 21.
44. **Sencico, Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.**

45. **Soliclima.** Soliclima. Soliclima Web Site. [En línea] <https://www.soliclima.es/electrificacion-rural>.
46. **Tamayo Tamayo, Mario. 2003.** El proceso de la investigación científica. México D.F. : Limusa S.A. , 2003. pág. 435.
47. **Vargas, Tatiana y Abrahamse, Augusta. 2014.** Trazador de curvas I-V de código abierto para monitoreo de rendimiento de paneles fotovoltaicos en Bolivia. Cochabamba, Bolivia : s.n., 14 de Marzo de 2014.
48. **Villarrubia López, Miguel. 2011.** Ingeniería de la energía eólica. s.l. : Marcombo, 2011, pág. 284.
49. **VM, Enérgya. 2020.** Enérgya-VM. [En línea] 13 de Mayo de 2020. <https://www.energyavm.es/que-es-el-levelized-cost-of-energy-lcoe/>.
50. **Wega Lighting.** Wega Lighting. Wega Lighting. [En línea] <https://www.wega-lighting.com/energy/inversores/sistema-on-grid/>.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

"DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL ANEXO QUEBRADA HONDA, DISTRITO DE CATACHE-CAJAMARCA"									
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	METODOLOGÍA	TÉCNICAS	
GENERAL			Variable Dependiente: Electrificación rural	Potencia instalada	Energía eléctrica	Voltaje	TIPO: Aplicada DISEÑO: No experimental con enfoque transversal POBLACIÓN Y MUESTRA: Anexo Quebrada Honda	Observación Documental: Páginas web, revistas, tesis, normas técnicas peruanas	
¿Cómo diseñar un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca?	Diseñar un sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.	Si se diseña el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado permitirá electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.							
ESPECÍFICOS			Variable Independiente: Sistema Híbrido eólico fotovoltaico aislado	Demanda energética	Consumo energético	Carga energética promedio			
¿Cómo determinar la demanda de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca para proyectar el diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural?	Determinar la demanda de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca para proyectar el diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para la electrificación rural.	Si se determina la demanda de energía eléctrica en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca se podrá proyectar el diseño del sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para la electrificación rural.		Parámetros de diseño	Condiciones climatológicas	Irradiación solar			Velocidad y dirección del viento
						Densidad del aire			
						Horas solar pico			
						Inclinación de paneles			Ángulo de inclinación
¿Cómo determinar los parámetros de diseño para dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca?	Determinar los parámetros de diseño para dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.	Si se determinan los parámetros de diseño se logrará dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.			Capacidad de baterías	Autonomía de baterías			Cantidad de baterías

“DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN EL ANEXO QUEBRADA HONDA, DISTRITO DE CATACHE-CAJAMARCA”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	METODOLOGÍA	TÉCNICAS
					Potencia del inversor	Voltaje DC entrada Voltaje AC Salida		
				Dimensionamiento del sistema híbrido aislado	Componentes del sistema	Selección de paneles Número de paneles Selección del aerogenerador Número del aerogenerador Selección de baterías selección de inversor		
¿Cómo determinar los parámetros de diseño para dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca?	Determinar los parámetros de diseño para dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.	Si se determinan los parámetros de diseño se logrará dimensionar el sistema híbrido eólico fotovoltaico aislado para electrificación rural en el Anexo Quebrada Honda, distrito de Catache-Cajamarca.		Configuración y ubicación del sistema híbrido aislado	Montaje de baterías Montaje de paneles Montaje de aerogenerador Montaje de inversor	Conexión de baterías Conexión de paneles Conexión de aerogenerador Conexión de inversor		

ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO

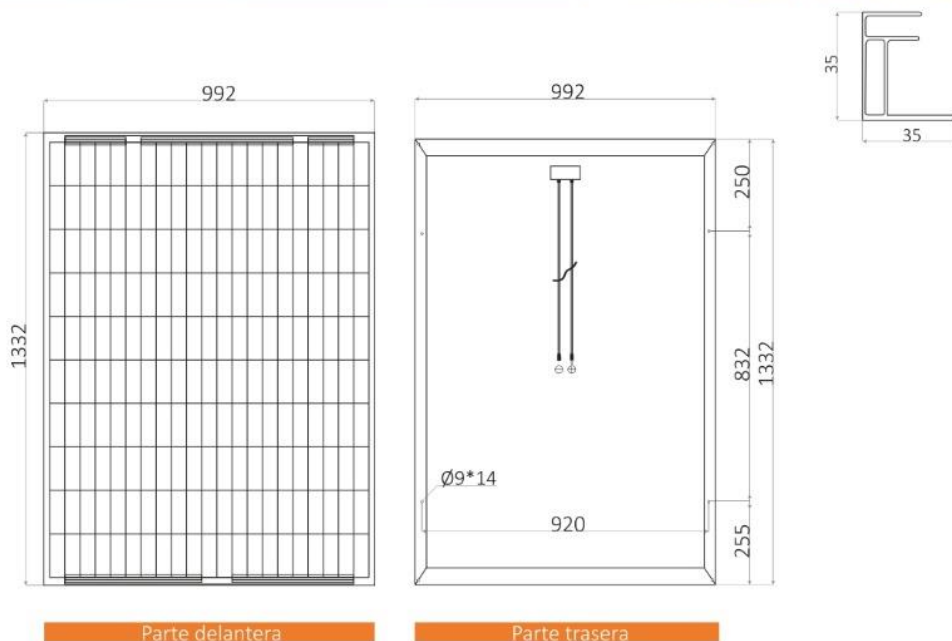


Panel Solar 200W 12V



Especificaciones

Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Tipo de célula	Policristalina 104 x 156 mm
Número de células	72 (6x12)
Potencia máxima (Wp)	200W
Tolerancia de potencia (%)	±3%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Fusible máximo Serie	15A
Número de diodos	3
Longitud y tipo cable	90cm, 4mm ²
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%/°C
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.29506%/°C
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg



ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DEL AEROGENERADOR



安徽蜂鸟电机有限公司
ANHUI HUMMER DYNAMO CO., LTD

Model: H2.7-500W / H3.1-1000W / H3.8-2000W

Hummer 500W wind turbine is designed for the off-grid system which uses a battery bank to store the electricity. It can drive a load equal to or less than 500W or a pump equal to or less than 370W.

Hummer 1000W wind turbine can be applied in both the on-grid system and the off-grid system which uses a battery bank to store the electricity. It can drive a load equal to or less than 1000W.

Hummer 2000W wind turbine can be applied in both the on-grid system and the off-grid system which uses a battery bank to store the electricity. It can drive a load equal to or less than 2000W.



I. Features:



1. Supercritical generator

Hummer's wind generator adopts the supercritical technology which won a gold award in the 37th Salon Eureka in Brussels and an U.S. patent. This technology significantly reduces generator's weight and size down to 20% to 30% of the traditional one, and the production efficiency is 10% to 30% higher. This ensures that the generator functions perfectly in small wind condition.



2. SKF bearings

Hummer wind turbine adopts two SKF (Svenska Kullager Fabriken) bearings which are produced by the largest bearing manufacturer in the world, with the perfect internal geometric structure, known for its life-time endurance and reliable quality. Ordinary bearings need to be changed every two or three years, while SKF bearings can greatly reduce the maintenance costs on this matter.



3. Apt speed control

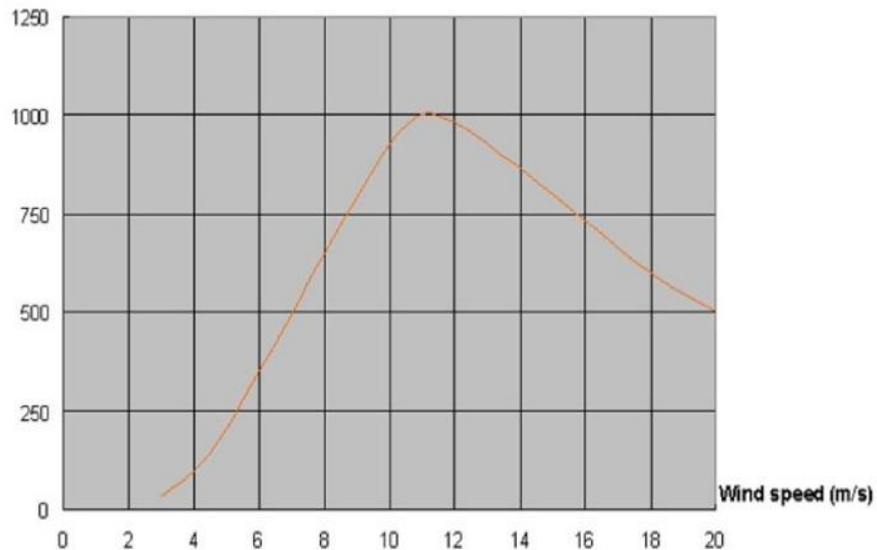
Hummer small wind turbine adopts the electromagnetic brake and the yawing mechanism. The electromagnetic brake is used to shut down the wind turbine manually while the yawing mechanism makes the wind turbine automatically yaw from the wind direction in order to control the rotation speed of the rotor.

II. Specifications and power curve :

1. 500W

Rated power (W)	500
Maximum output power (W)	1000
Battery bank voltage (VDC)	24
Cut-in wind speed (m/s)	3
Rated wind speed (m/s)	7
Working wind speed (m/s)	3-25
Survival wind speed (m/s)	50
Generator efficiency	>0.78
Wind energy utilizing ratio (Cp)	0.48
Generator type	Permanent Magnet Alternator
Generator weight (kg)	6.5
Blade material/quantity	GRP/3
Blade diameter (m)	Φ2.5
Mast height (m)	6
Over speed control	Yawing mechanism + Electromagnetic brake
Shutting down method	Manual + Automatic

Power (W)



HUMMER-500W Wind Generator

ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR

REGULADOR DE CARGA MPPT SR-MC

12/24V
20/30/40/50A

Características



Un algoritmo integrado de seguimiento de máxima potencia (MPPT) conduce a una mejora significativa de la eficiencia de utilización de la energía del sistema y una eficiencia de carga un 30% superior a la del método PWM. Una variedad de algoritmos de seguimiento se combinan para localizar rápidamente el mejor punto de operación de la curva I-V.



Protección electrónica integral: protección de polaridad inversa de la batería, protección de polaridad inversa de paneles, protección de cortocircuito de paneles, protección de sobrecarga de carga.



Admite el protocolo estándar Modbus para satisfacer las necesidades de comunicación en una variedad de entornos y ocasiones.



La eficiencia de seguimiento MPPT es del 99.9% y la eficiencia de conversión de energía del circuito es del 98%. La máxima eficiencia garantiza que no se desperdicie energía.



El módulo de monitorización de temperatura incorporado permite la carga a través de la reducción sin necesidad de un ventilador, lo que garantiza un funcionamiento estable en ambientes de temperaturas extremas.



Admite una variedad de baterías de plomo-ácido y baterías de litio, y los usuarios pueden especificar los parámetros de carga según sus necesidades.



Accesorios

Pantalla LCD, BT-2 módulo Bluetooth, cable para PC, sensor de temperatura BT5.



Especificaciones técnicas

Parámetro	Valor			
	SR-MC2420	SR-MC2430	SR-MC2440	SR-MC2450
Modelo	SR-MC2420	SR-MC2430	SR-MC2440	SR-MC2450
Voltaje del sistema	12V/24V			
Corriente de carga máx.	20A	30A	40A	50A
Potencia paneles solares (batería 12V)	260W	400W	520W	660W
Potencia paneles solares (batería 24V)	520W	800W	1040W	1320W
Voltaje panel en circuito abierto	100V			
Consumo en reposo	10mA			
Tipos de baterías admitidas	AGM/Sellada, GEL, Plomo-ácido abierta, Litio, Definido por el usuario			
Carga de ecualización	14.6V/29.2V (Ajustable)			
Carga boost	14.4V/28.8V (Ajustable)			
Carga en flotación	13.8V/27.6V (Ajustable)			
Compensación de temperatura	-3mV/°C/2V			
Rango de temperatura de operación	-35°C ~ 60°C			
Eficiencia de conversión	95%, sin condensación			
Diámetro del cable de paneles	5mm ² /10AWG	8mm ² /8AWG	10mm ² /7AWG	12mm ² /6AWG
Diámetro del cable de la batería	5mm ² /10AWG	8mm ² /8AWG	10mm ² /7AWG	12mm ² /6AWG

ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR



Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

www.victronenergy.com



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.

Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

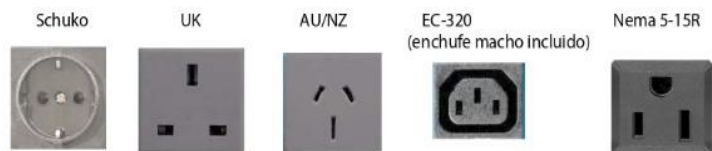
Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

Disponible con tres tomas de corriente distintas



Bornes de tornillo

No se necesitan herramientas especiales para su instalación

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)		230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3 / 18,6 / 37,2V				
Dinámica (dependiente de la carga)		Desconexión dinámica, ver https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff				
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		10,9 / 21,8 / 43,6V				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		14,0 / 28,0 / 56,0V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0 / 28,0 / 56,0V				
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				
CARCASA						
Material y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10mm² / AWG8	10mm² / AWG8	10mm² / AWG8	25/10/10mm² / AWG4/8/8	35/25/25 mm² / AWG 2/4/4
Tomas de corriente CA estándar		230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R				
Tipo de protección		IP 21				
Peso		2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)		86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4,1 x 8,5 x 12,1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4,6 x 9,1 x 12,9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)
ACCESORIOS						
On/Off remoto					Sí	
Conmutador de transferencia automático					Filax	
ESTANDARES						
Seguridad		EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1				
EMC		EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción		ECE R10-4				
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						



Alarma de batería

Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota



Monitor de baterías BMW

El monitor de baterías BMW dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra selectivamente la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y la vida de la batería.



Mochila VE.Direct a Bluetooth Smart
(Debe pedirse por separado)

ANEXO 6: FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA

UC 138-12
12V 138AH
Deep Cycle

Ultracell[®]
Quality in Every Language

UC138-12



Physical Specification

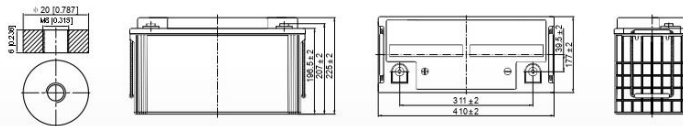
Part Number:	UC138-12
Length:	410 ± 2 mm (16.14 inches)
Width:	177 ± 2 mm (6.97 inches)
Container Height:	225 ± 2 mm (8.86 inches)
Total Height (with terminal):	225 ± 2 mm (8.66 inches)
Approx Weight:	Approx 37.6kg (82.9lbs)

Specifications

	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (100HR)	138.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F11
	Optional Terminal	-
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
Rated Capacity	128.6 AH/6.43A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	120.0 AH/12.0A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	105.2 AH/21.0A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	95.4 AH/31.8A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	77.5 AH/77.5A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	1300A (5s)	
Internal Resistance	Approx 4.0mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F) Charge: 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F) Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 36.0A. Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
	Capacity affected by Temperature	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
	Design Floating Life at 20°C	12 Years
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Dimensions

F11 Terminal

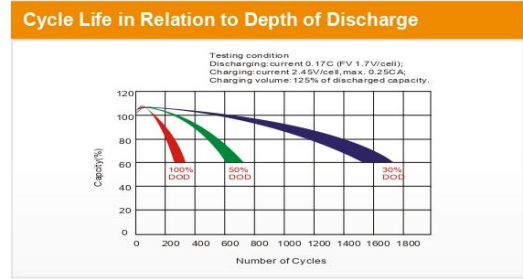
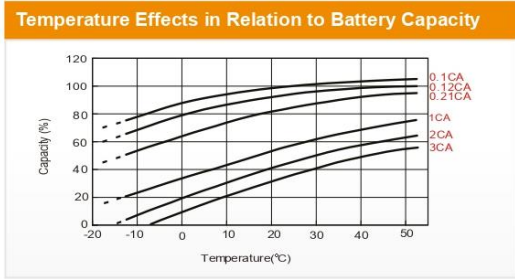
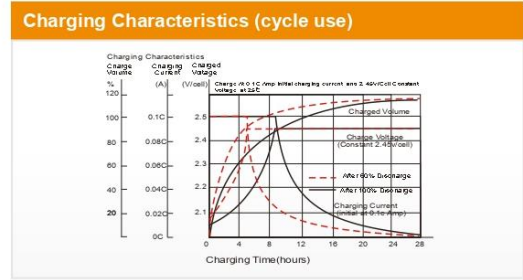
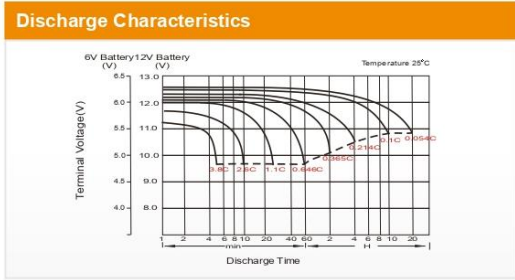


ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C (77°F)														
F.V/Time	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	175.7	147.8	129.2	93.0	73.8	59.9	37.2	29.0	23.5	19.1	16.7	13.6	11.3	6.37
1.80V/cell	224.5	178.6	152.7	109.7	85.9	67.1	40.6	31.2	25.1	20.5	17.9	14.4	12.0	6.43
1.75V/cell	246.7	195.1	164.3	113.9	89.1	70.2	42.1	31.8	25.7	21.0	18.4	14.7	12.1	6.49
1.70V/cell	268.9	208.3	172.6	118.5	92.7	72.4	43.8	32.7	26.3	21.6	18.7	14.9	12.2	6.61
1.65V/cell	290.2	221.5	183.4	125.0	95.0	74.9	45.0	34.1	27.2	22.2	19.2	15.1	12.5	6.70
1.60V/cell	315.0	236.9	195.4	132.0	99.0	77.5	46.5	35.1	28.1	22.9	19.6	15.3	12.6	6.73

Constant Power Discharge (Watts) at 25°C (77°F)														
F.V/Time	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	327.8	278.7	246.2	178.6	142.8	116.3	72.5	56.7	46.0	37.5	32.9	26.9	22.4	12.8
1.80V/cell	413.3	331.7	286.6	208.2	164.8	129.5	78.7	60.7	48.9	40.2	35.2	28.5	23.8	12.9
1.75V/cell	448.5	358.9	305.7	215.1	170.2	135.0	81.4	61.7	49.9	41.1	36.1	29.0	24.0	13.0
1.70V/cell	482.0	380.3	319.5	223.0	176.4	138.9	84.4	63.2	51.1	42.1	36.8	29.3	24.2	13.2
1.65V/cell	516.5	401.8	337.8	234.2	180.2	143.1	86.5	65.8	52.8	43.2	37.5	29.8	24.7	13.3
1.60V/cell	551.2	424.6	356.2	244.8	186.1	147.0	88.9	67.4	54.2	44.4	38.3	30.0	24.9	13.4



Self Discharge Characteristics

A No supplementary charge required
(Carry out supplementary charge before use if 100% capacity is required.)

Supplementary charge required before use. Optional charging way as below:

B 1. Charged for above 3 days at limited current 0.25CA and constant voltage 2.25V/cell.
2. Charged for above 20hours at limited current 0.25CA and constant voltage 2.45V/cell.
3. Charged for 8-10hours at limited current 0.05CA.

C Supplementary charge may often fail to recover the capacity.
The battery should never be left standing till this is reached.

ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

ANEXO 7: FICHA TÉCNICA DEL CONDUCTOR



Contacto
Local Ventas support
ventas@nexans.com

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

Datos Dimensionales

Sección [mm ²]	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes. Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Diam. Nom. Exterior [mm]	Peso aprox. [kg/km]
2,5	7	1,92	0,7	0,9	5,3	47
4	7	2,44	0,7	0,9	5,8	64
6	7	2,98	0,7	0,9	6,3	86
10	7	3,99	0,7	0,9	7,1	128
16	7	4,67	0,7	0,9	8,0	189
25	7	5,88	0,9	0,9	9,7	287
35	7	6,92	0,9	0,9	10,7	384
50	19	8,15	1,0	0,9	12,1	507
70	19	9,78	1,1	0,9	14,0	713
95	19	11,55	1,1	1,0	15,9	975
120	37	13,0	1,2	1,0	17,6	1216
150	37	14,41	1,4	1,1	19,6	1497
185	37	16,16	1,6	1,2	22,0	1879
240	37	18,51	1,7	1,2	24,6	2436
300	37	20,73	1,8	1,3	27,2	3040
400	61	23,51	2,0	1,4	30,6	3877
500	61	26,57	2,2	1,5	34,2	4931

Datos Eléctricos

Sección [mm ²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
2,5	50	40	38
4	65	55	55
6	85	65	68
10	115	90	95
16	155	125	125
25	200	160	160
35	240	200	195
50	280	240	230
70	345	305	275
95	415	375	330
120	470	435	380
150	520	510	410
185	590	575	450
240	690	690	525
300	775	790	600

Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio Uo/U 0,6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat.C	No propagación de la llama IEC 60332-1

Versión 1.1 Generado 11/04/12 - <http://www.nexans.com>

Página 3 / 4

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

Sección [mm ²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
400	895	955	680
500	1010	1100	700

Condiciones de Cálculo de Corriente N2XOH

CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE







Temperatura máxima del conductor : 90°C

Temperatura ambiente : 30°C

Temperatura del terreno : 20°C

Profundidad de tendido : 0.7 m

Resistividad térmica del terreno : 1.0 K.m/W

					
Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio Uo/U 0.6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat.C	No propagación de la llama IEC 60332-1

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

Descripción

Aplicación:

En redes eléctricas de distribución de baja tensión. Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados, aplicación directa en lugares de alta afluencia de público. Se puede instalar en ductos o directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

Construcción:

1. Conductor: Cobre, clase 2.
2. Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.
3. Cubierta externa: Compuesto termoplástico libre de halógenos.



Principales características:

El cable tiene excelentes propiedades eléctricas. El aislamiento de polietileno reticulado permite mayor capacidad de corriente en cualquier condición de operación, mínimas pérdidas dieléctricas, alta resistencia de aislamiento. La cubierta exterior tiene las siguientes características: No propaga el incendio, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Calibre:

Desde 2.5 mm² hasta 500 mm².

Marcación:

FREETOX N2XOH 0.6/1 kV Sección.

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

Color:

Aislamiento: Natural.

Cubierta externa: Negro.

Norma

Internacional IEC 60228;
IEC 60332-1; IEC 60332-3-24 Cat.C;
IEC 60502-1; IEC 60684-2;
IEC 60754-2; IEC 60811-1-1;
IEC 60811-1-2; IEC 60811-1-3;
IEC 60811-1-4; IEC 60811-2-1;
IEC 60811-3-1; IEC 61034

Nacional NTP-IEC 60228; NTP-IEC 60502-1

Normas nacionales







NTP-IEC 60228: Conductores para cables aislados.

NTP-IEC 60502-1: Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

Normas internacionales aplicables

IEC 60228: Conductores para cables aislados.

IEC 60332-1: Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable

					
Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio U ₀ /U 0.6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat.C	No propagación de la llama IEC 60332-1

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Unipolares

simple.

IEC 60332-3-24: Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría C.

IEC 60502-1: Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

IEC 60684-2: Tubos aislantes flexibles - Métodos de ensayo.

IEC 60754-2: Determinación del grado de acidez de los gases producidos durante la combustión de los materiales de los cables por la medición del pH y la conductividad.

IEC 60811-1-1: Medición de espesores y dimensiones exteriores - Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas.

IEC 60811-1-2: Métodos de envejecimiento térmico.

IEC 60811-1-3: Ensayos de absorción de agua - Ensayo de contracción.

IEC 60811-1-4: Ensayo a baja temperatura.







IEC 60811-2-1: Ensayo de resistencia al ozono, ensayo de alargamiento en caliente y resistencia al aceite mineral.

IEC 60811-3-1: Ensayo de depresión a alta temperatura - Ensayo de resistencia al agrietamiento.

IEC 61034-2: Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

Características

Características de construcción	
Material del conductor	Cobre
Material de aislamiento	XLPE
Cubierta exterior	Compuesto Termoplástico Libre de Halógenos
Color de cubierta	Negro
Libre de halógenos	IEC 60754-2
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio Uo/U	0.6/1 kV
Características de uso	
Temperatura máxima del conductor	90 °C
Densidad de los humos	IEC 61034
No propagador del incendio	IEC 60332-3 Cat.C
No propagación de la llama	IEC 60332-1

					
Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio Uo/U 0.6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat.C	No propagación de la llama IEC 60332-1

ANEXO 8: FICHA TÉCNICA DE GENERADOR ELÉCTRICO

Carbone 

Generadores



FICHA TÉCNICA

Producto: **Generador a gasolina 800w Total Tools**

DESCRIPCIÓN: Generador a gasolina Total Tools una capacidad nominal de 800W. De una velocidad total de 3000 RPM, su alternador es sin escobillas con alambre de aluminio. Motor de 2 tiempos refrigerado por aire, un peso de 16 Kg y garantía de 6 meses, tanque de 4 litros y tiempo de trabajo de 13 horas seguidas.

CÓDIGO: UTP18001

Alternador



Marca: Total Tools	Tiempo de trabajo: 13 horas seguidas
Voltaje: 110 - 220V~50/60Hz	Incluye: panel de control de fácil uso e interruptor automático AC
Capacidad nominal: 0.65Kw /Max 0.8Kw	Encendido: Arranque eléctrico con cable de tracción
Velocidad: 3000 RPM	Tanque: 4 litros
Alternador: de aluminio	Garantía: 6 meses
Motor: a gasolina de 2.0 HP TOTAL	Peso: 16 Kg.
Desplazamiento: 65cc	Procedencia: Importado
Refrigeración: sistema de refrigeramiento por aire	



ANEXO 9: VALORES DE FACTORES DE PÉRDIDA SEGÚN EQUIPO

Pérdidas en el proceso de acumulación	Kb
Acumulados nuevos, sin descargas intensas	0.05
Acumulados viejos, descargas intensas, temperaturas bajas	0.1
Autodescarga de la batería	Ka
Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento	0.002
Baterías estacionarias de energía solar	0.005
Baterías de alta autodescarga	0.012
Pérdidas por el rendimiento del inversor	Ki
No hay inversor en la instalación	0
Rendimiento inversor 95%	0.05
Rendimiento inversor 90%	0.1
Rendimiento inversor 85%	0.15
Rendimiento inversor < 85%	0.2
Otras pérdidas no consideradas	Kv
Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0.15
Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos	0.05
Profundidad de descarga máxima admisible	Pd
Batería descargada hasta el 90%	0.9
Batería descargada hasta el 80%	0.8
Batería descargada hasta el 70%	0.7
Batería descargada hasta el 60%	0.6
Batería descargada hasta el 50%	0.5
Batería descargada hasta el 40%	0.4
Batería descargada hasta el 30%	0.3
Número de días de autonomía	N
Vivienda fines de semana	3
Vivienda habitual	5
Instalaciones especiales con servicio prioritario	15
Instalaciones especiales alta fiabilidad	20
Pérdidas en el controlador de carga	Kr
Controlador de carga eficiente	0.1
Controlador de carga antiguo, poco eficiente	0.15

ANEXO 10: VELOCIDADES DE VIENTO A UNA ALTURA DE 10M

AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)
2016	Enero	1	4.62	6.37	2017	Enero	1	2.75	1.72	2018	Enero	2	3.97	5.48
2016	Enero	2	3.73	5.15	2017	Enero	2	3.44	4.75	2018	Enero	3	3.78	5.22
2016	Enero	3	3.7	5.10	2017	Enero	3	3.41	4.70	2018	Enero	4	2.96	4.08
2016	Enero	4	3.7	5.10	2017	Enero	4	3.48	4.80	2018	Enero	5	3.07	4.22
2016	Enero	5	3.47	4.10	2017	Enero	5	3.4	4.69	2018	Enero	6	3.06	4.24
2016	Enero	6	3.91	5.39	2017	Enero	6	2.74	3.78	2018	Enero	7	3.19	4.40
2016	Enero	7	3.83	5.28	2017	Enero	7	3.23	4.46	2018	Enero	8	3.57	4.93
2016	Enero	8	3.93	5.42	2017	Enero	8	3.72	5.13	2018	Enero	9	3.34	4.61
2016	Enero	9	4.14	5.71	2017	Enero	9	4.33	5.97	2018	Enero	10	3.44	4.75
2016	Enero	10	4.51	6.22	2017	Enero	10	3.81	5.26	2018	Enero	11	2.63	1.56
2016	Enero	11	4.55	6.28	2017	Enero	11	3.4	4.69	2018	Enero	12	3.26	4.50
2016	Enero	12	3.88	5.35	2017	Enero	12	3.39	4.68	2018	Enero	13	3.79	5.23
2016	Enero	13	3.97	5.48	2017	Enero	13	2.9	4.00	2018	Enero	14	4.41	6.08
2016	Enero	14	3.85	5.31	2017	Enero	14	3.46	4.77	2018	Enero	15	3.28	4.53
2016	Enero	15	3.74	5.16	2017	Enero	15	3.73	5.15	2018	Enero	16	2.77	1.75
2016	Enero	16	3.55	4.90	2017	Enero	16	4.25	5.86	2018	Enero	17	3.35	4.62
2016	Enero	17	3.75	5.17	2017	Enero	17	3.93	5.42	2018	Enero	18	2.95	3.38
2016	Enero	18	3.56	4.91	2017	Enero	18	4.17	5.75	2018	Enero	19	2.77	3.13
2016	Enero	19	3.59	4.95	2017	Enero	19	3.95	5.45	2018	Enero	20	2.86	3.26
2016	Enero	20	3.16	3.67	2017	Enero	20	3.67	5.06	2018	Enero	21	3.12	3.61
2016	Enero	21	3.44	4.06	2017	Enero	21	4	5.52	2018	Enero	22	3.27	3.82
2016	Enero	22	3.2	3.73	2017	Enero	22	4	5.52	2018	Enero	23	3.36	3.95
2016	Enero	23	3.61	4.29	2017	Enero	23	4.32	5.96	2018	Enero	24	3.09	3.57
2016	Enero	24	3.95	5.45	2017	Enero	24	3.97	5.48	2018	Enero	25	3.11	3.60
2016	Enero	25	4.35	6.00	2017	Enero	25	3.28	4.53	2018	Enero	26	3.24	3.78
2016	Enero	26	3.38	3.97	2017	Enero	26	3.2	4.42	2018	Enero	27	3.58	4.94
2016	Enero	27	3.39	3.99	2017	Enero	27	3.11	4.29	2018	Enero	28	3.61	4.98
2016	Enero	28	3.31	3.88	2017	Enero	28	3	4.14	2018	Enero	29	3.6	4.97
2016	Enero	29	3.23	3.77	2017	Enero	29	3.05	4.21	2018	Enero	30	3.57	4.93
2016	Enero	30	4.15	5.73	2017	Enero	30	3.15	4.35	2018	Enero	31	3.51	4.84
2016	Enero	31	3.57	4.93	2017	Enero	31	3.43	4.73	2018	Febrero	1	3.56	4.91
2016	Febrero	1	2.96	3.39	2017	Febrero	1	4.11	5.67	2018	Febrero	2	3.82	5.27
2016	Febrero	2	3.18	3.70	2017	Febrero	2	4.51	6.22	2018	Febrero	3	4.02	5.55
2016	Febrero	3	3.69	5.09	2017	Febrero	3	3.14	4.33	2018	Febrero	4	3.88	5.35
2016	Febrero	4	4.12	5.68	2017	Febrero	4	2.73	3.77	2018	Febrero	5	3.71	5.12
2016	Febrero	5	3.44	4.06	2017	Febrero	5	3.01	4.15	2018	Febrero	6	3.42	4.72
2016	Febrero	6	3.29	3.85	2017	Febrero	6	2.87	1.89	2018	Febrero	7	3.55	4.90
2016	Febrero	7	3.37	3.96	2017	Febrero	7	3.11	2.22	2018	Febrero	8	3.58	4.94
2016	Febrero	8	3.15	3.66	2017	Febrero	8	3.31	2.50	2018	Febrero	9	3.59	4.95
2016	Febrero	9	3.11	3.60	2017	Febrero	9	3.22	2.37	2018	Febrero	10	3.51	4.84
2016	Febrero	10	3.18	3.70	2017	Febrero	10	3.67	5.06	2018	Febrero	11	3.38	4.66
2016	Febrero	11	3.17	3.68	2017	Febrero	11	4.26	5.88	2018	Febrero	12	3.05	4.21
2016	Febrero	12	2.64	1.57	2017	Febrero	12	4.28	5.91	2018	Febrero	13	3.73	5.15
2016	Febrero	13	3.28	3.84	2017	Febrero	13	4.09	5.64	2018	Febrero	14	3.11	4.29
2016	Febrero	14	3.44	4.06	2017	Febrero	14	3.88	5.35	2018	Febrero	15	3.13	4.32
2016	Febrero	15	3.18	3.70	2017	Febrero	15	3.28	4.53	2018	Febrero	16	2.83	3.90
2016	Febrero	16	3.48	4.11	2017	Febrero	16	3.89	5.37	2018	Febrero	17	3.28	4.53
2016	Febrero	17	3.12	3.61	2017	Febrero	17	3.8	5.24	2018	Febrero	18	3.54	4.88
2016	Febrero	18	3.27	3.82	2017	Febrero	18	3.69	5.09	2018	Febrero	19	3.61	4.98
2016	Febrero	19	3.28	3.84	2017	Febrero	19	3.78	5.22	2018	Febrero	20	3.96	5.46
2016	Febrero	20	3.59	4.95	2017	Febrero	20	4.05	5.59	2018	Febrero	21	3.79	5.23
2016	Febrero	21	3.55	4.90	2017	Febrero	21	4.19	5.78	2018	Febrero	22	3.69	5.09
2016	Febrero	22	3.12	4.30	2019	Febrero	21	3.12	4.30	2020	Febrero	21	3.12	4.30
2016	Febrero	23	3.12	4.30	2019	Febrero	22	3.12	4.30	2020	Febrero	22	3.12	4.30
2016	Febrero	24	3.12	4.30	2019	Febrero	23	3.12	4.30	2020	Febrero	23	3.12	4.30
2016	Febrero	25	3.12	4.30	2019	Febrero	24	3.12	4.30	2020	Febrero	24	3.12	4.30
2016	Febrero	26	3.12	4.30	2019	Febrero	25	3.12	4.30	2020	Febrero	25	3.12	4.30
2016	Febrero	27	3.12	4.30	2019	Febrero	26	3.12	4.30	2020	Febrero	26	3.12	4.30
2016	Febrero	28	3.12	4.30	2019	Febrero	27	3.12	4.30	2020	Febrero	27	3.12	4.30
2016	Febrero	29	3.12	4.30	2019	Febrero	28	3.12	4.30	2020	Febrero	28	3.12	4.30
2016	Febrero	30	3.12	4.30	2019	Febrero	29	3.12	4.30	2020	Febrero	29	3.12	4.30
2016	Febrero	31	3.12	4.30	2019	Febrero	30	3.12	4.30	2020	Febrero	30	3.12	4.30
2016	Febrero	1	2.86	3.95	2020	Febrero	1	2.86	3.95	2021	Febrero	1	2.86	3.95
2016	Febrero	2	3.29	4.54	2020	Febrero	2	3.29	4.54	2021	Febrero	2	3.29	4.54
2016	Febrero	3	3.54	4.88	2020	Febrero	3	3.54	4.88	2021	Febrero	3	3.54	4.88
2016	Febrero	4	2.84	3.92	2020	Febrero	4	2.84	3.92	2021	Febrero	4	2.84	3.92
2016	Febrero	5	3.84	5.30	2020	Febrero	5	3.84	5.30	2021	Febrero	5	3.84	5.30
2016	Febrero	6	3.63	5.01	2020	Febrero	6	3.63	5.01	2021	Febrero	6	3.63	5.01
2016	Febrero	7	3.66	5.05	2020	Febrero	7	3.66	5.05	2021	Febrero	7	3.66	5.05
2016	Febrero	8	3.74	5.16	2020	Febrero	8	3.74	5.16	2021	Febrero	8	3.74	5.16
2016	Febrero	9	3.32	4.58	2020	Febrero	9	3.32	4.58	2021	Febrero	9	3.32	4.58
2016	Febrero	10	2.94	4.06	2020	Febrero	10	2.94	4.06	2021	Febrero	10	2.94	4.06
2016	Febrero	11	3.3	4.55	2020	Febrero	11	3.3	4.55	2021	Febrero	11	3.3	4.55
2016	Febrero	12	3.49	4.82	2020	Febrero	12	3.49	4.82	2021	Febrero	12	3.49	4.82
2016	Febrero	13	3.48	4.80	2020	Febrero	13	3.48	4.80	2021	Febrero	13	3.48	4.80
2016	Febrero	14	3.18	4.39	2020	Febrero	14	3.18	4.39	2021	Febrero	14	3.18	4.39
2016	Febrero	15	3.2	4.42	2020	Febrero	15	3.2	4.42	2021	Febrero	15	3.2	4.42
2016	Febrero	16	3.37	4.65	2020	Febrero	16	3.37	4.65	2021	Febrero	16	3.37	4.65
2016	Febrero	17	3.14	4.33	2020	Febrero	17	3.14	4.33	2021	Febrero	17	3.14	4.33
2016	Febrero	18	3.2	4.42	2020	Febrero	18	3.2	4.42	2021	Febrero	18	3.2	4.42
2016	Febrero	19	3.46	4.77	2020	Febrero	19	3.46	4.77	2021	Febrero	19	3.46	4.77
2016	Febrero	20	4.05	5.59	2020	Febrero	20	4.05	5.59	2021	Febrero	20	4.05	5.59
2016	Febrero	21	4.62	6.37	2020	Febrero	21	4.62	6.37	2021	Febrero	21	4.62	6.37

AÑO	MES	DÍA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DÍA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DÍA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DÍA	V(2M)	V(10M)					
2016	Abril	14	3.06	3.53	2017	Abril	15	3.2	3.73	2018	Abril	16	3.29	4.54	2019	Abril	15	3.36	4.64	2020	Abril	14	3.98	5.49
2016	Abril	15	3.3	3.86	2017	Abril	16	3.25	3.79	2018	Abril	17	3.27	4.51	2019	Abril	16	2.95	4.07	2020	Abril	15	3.93	5.42
2016	Abril	16	3.18	3.70	2017	Abril	17	3.4	4.00	2018	Abril	18	2.92	4.03	2019	Abril	17	3.18	4.39	2020	Abril	16	3.62	4.99
2016	Abril	17	2.95	3.38	2017	Abril	18	3.03	3.49	2018	Abril	19	3.33	4.59	2019	Abril	18	3.34	4.61	2020	Abril	17	2.79	3.85
2016	Abril	18	3.26	3.81	2017	Abril	19	3.43	4.04	2018	Abril	20	3.22	4.44	2019	Abril	19	3.13	4.32	2020	Abril	18	3.24	4.47
2016	Abril	19	3.27	3.82	2017	Abril	20	3.8	5.24	2018	Abril	21	3.24	4.47	2019	Abril	20	3.19	4.40	2020	Abril	19	3.34	4.61
2016	Abril	20	3.07	3.55	2017	Abril	21	2.96	3.39	2018	Abril	22	3.1	4.28	2019	Abril	21	3.26	4.50	2020	Abril	20	3.39	4.68
2016	Abril	21	3.16	3.67	2017	Abril	22	2.87	3.27	2018	Abril	23	3.3	4.55	2019	Abril	22	3.41	4.70	2020	Abril	21	3.48	4.80
2016	Abril	22	3.41	4.02	2017	Abril	23	3.13	3.63	2018	Abril	24	2.93	4.04	2019	Abril	23	3.85	5.31	2020	Abril	22	3.42	4.72
2016	Abril	23	3.14	3.64	2017	Abril	24	3.59	4.95	2018	Abril	25	2.84	3.92	2019	Abril	24	3	4.14	2020	Abril	23	3.46	4.77
2016	Abril	24	3.28	3.84	2017	Abril	25	3.15	3.66	2018	Abril	26	3.22	4.44	2019	Abril	25	3.19	4.40	2020	Abril	24	3.22	4.44
2016	Abril	25	3.47	4.10	2017	Abril	26	2.99	3.44	2018	Abril	27	3.39	4.68	2019	Abril	26	3.27	4.51	2020	Abril	25	3.35	4.62
2016	Abril	26	3.45	4.07	2017	Abril	27	2.68	3.01	2018	Abril	28	2.85	3.93	2019	Abril	27	3.08	4.25	2020	Abril	26	2.96	4.08
2016	Abril	27	3.22	3.75	2017	Abril	28	3.41	4.02	2018	Abril	29	3.19	4.40	2019	Abril	28	3.16	4.36	2020	Abril	27	3.3	4.55
2016	Abril	28	2.84	3.23	2017	Abril	29	3.32	3.89	2018	Abril	30	3.04	4.19	2019	Abril	29	3.21	4.43	2020	Abril	28	3.63	5.01
2016	Abril	29	3.24	3.78	2017	Abril	30	3.25	3.79	2018	Mayo	1	3.2	4.42	2019	Abril	30	3.18	4.39	2020	Abril	29	3.11	4.29
2016	Abril	30	3.23	3.77	2017	Mayo	1	3.22	3.75	2018	Mayo	2	3.28	4.53	2019	Mayo	1	3.05	4.21	2020	Abril	30	3.02	4.17
2016	Mayo	1	3.64	4.33	2017	Mayo	2	3.35	3.93	2018	Mayo	3	3.31	4.57	2019	Mayo	2	3.33	4.59	2020	Mayo	1	3	4.14
2016	Mayo	2	3.28	3.84	2017	Mayo	3	3.17	3.68	2018	Mayo	4	3.37	4.65	2019	Mayo	3	3.01	4.15	2020	Mayo	2	3.13	4.32
2016	Mayo	3	3.04	3.50	2017	Mayo	4	3.51	4.15	2018	Mayo	5	3.04	4.19	2019	Mayo	4	2.85	3.93	2020	Mayo	3	3.3	4.55
2016	Mayo	4	3.41	4.02	2017	Mayo	5	3.16	3.67	2018	Mayo	6	3.3	4.55	2019	Mayo	5	2.62	2.93	2020	Mayo	4	3.05	4.21
2016	Mayo	5	2.97	3.41	2017	Mayo	6	2.88	3.28	2018	Mayo	7	3.09	4.26	2019	Mayo	6	3.32	4.58	2020	Mayo	5	3.19	4.40
2016	Mayo	6	3.22	4.44	2017	Mayo	7	3.48	4.11	2018	Mayo	8	3.22	4.44	2019	Mayo	7	3.72	5.13	2020	Mayo	6	3.16	4.36
2016	Mayo	7	3.26	4.50	2017	Mayo	8	3.15	3.66	2018	Mayo	9	3.13	4.32	2019	Mayo	8	3.47	4.79	2020	Mayo	7	2.95	4.07
2016	Mayo	8	3.02	4.17	2017	Mayo	9	3.08	3.56	2018	Mayo	10	3.07	4.24	2019	Mayo	9	3.14	4.33	2020	Mayo	8	3.18	4.39
2016	Mayo	9	3.44	4.75	2017	Mayo	10	2.82	3.20	2018	Mayo	11	2.93	4.04	2019	Mayo	10	3.49	4.82	2020	Mayo	9	3.02	4.17
2016	Mayo	10	3.43	4.73	2017	Mayo	11	3.12	3.61	2018	Mayo	12	3.21	4.43	2019	Mayo	11	3.39	4.68	2020	Mayo	10	3.39	4.68
2016	Mayo	11	2.96	4.08	2017	Mayo	12	3.34	3.92	2018	Mayo	13	2.53	2.80	2019	Mayo	12	3.09	4.26	2020	Mayo	11	3.66	5.05
2016	Mayo	12	3.01	4.15	2017	Mayo	13	2.85	3.24	2018	Mayo	14	3.17	4.37	2019	Mayo	13	2.72	1.68	2020	Mayo	12	3.81	5.26
2016	Mayo	13	3.42	4.72	2017	Mayo	14	2.87	3.27	2018	Mayo	15	3.21	4.43	2019	Mayo	14	3.18	4.39	2020	Mayo	13	3.5	4.83
2016	Mayo	14	3.61	4.98	2017	Mayo	15	3.08	3.56	2018	Mayo	16	3.07	4.24	2019	Mayo	15	3.5	4.83	2020	Mayo	14	3.15	4.35
2016	Mayo	15	3.36	4.64	2017	Mayo	16	2.98	3.42	2018	Mayo	17	3.21	4.43	2019	Mayo	16	3.34	4.61	2020	Mayo	15	3.06	4.22
2016	Mayo	16	3.66	5.05	2017	Mayo	17	3.25	3.79	2018	Mayo	18	3.27	4.51	2019	Mayo	17	3.53	4.87	2020	Mayo	16	3.14	4.33
2016	Mayo	17	3.37	4.65	2017	Mayo	18	3.17	3.68	2018	Mayo	19	2.88	3.97	2019	Mayo	18	3.03	4.18	2020	Mayo	17	3.49	4.82
2016	Mayo	18	3.21	4.43	2017	Mayo	19	3.38	3.97	2018	Mayo	20	3.2	4.42	2019	Mayo	19	3.65	5.04	2020	Mayo	18	3.39	4.68
2016	Mayo	19	3.11	4.29	2017	Mayo	20	3.01	3.46	2018	Mayo	21	3.17	4.37	2019	Mayo	20	3.24	4.47	2020	Mayo	19	3.02	4.17
2016	Mayo	20	3.11	4.29	2017	Mayo	21	3.06	3.53	2018	Mayo	22	3.16	4.36	2019	Mayo	21	2.97	4.10	2020	Mayo	20	3.2	4.42
2016	Mayo	21	3.44	4.75	2017	Mayo	22	2.85	3.24	2018	Mayo	23	3.06	4.22	2019	Mayo	22	3.16	4.36	2020	Mayo	21	3.42	4.72
2016	Mayo	22	3.34	4.61	2017	Mayo	23	2.83	3.21	2018	Mayo	24	3.05	4.21	2019	Mayo	23	3.38	4.66	2020	Mayo	22	3.02	4.17
2016	Mayo	23	3.24	4.47	2017	Mayo	24	3.34	3.92	2018	Mayo	25	3.27	4.51	2019	Mayo	24	3.12	4.30	2020	Mayo	23	3.09	4.26
2016	Mayo	24	3.19	4.40	2017	Mayo	25	3.27	3.82	2018	Mayo	26	3.47	4.79	2019	Mayo	25	2.95	4.07	2020	Mayo	24	2.97	4.10
2016	Mayo	25	3.37	4.65	2017	Mayo	26	3.21	3.74	2018	Mayo	27	3.34	4.61	2019	Mayo	26	2.91	4.02	2020	Mayo	25	3.18	4.39
2016	Mayo	26	3.59	4.95	2017	Mayo	27	3.31	3.88	2018	Mayo	28	3.54	4.88	2019	Mayo	27	3.39	4.68	2020	Mayo	26	3.09	4.26
2016	Mayo	27	3.38	4.66	2017	Mayo	28	3.21	3.74	2018	Mayo	29	3.17	4.37	2019	Mayo	28	2.96	4.08	2020	Mayo	27	3.63	5.01
2016	Mayo	28	3.33	4.59	2017	Mayo	29	3.27	3.82	2018	Mayo	30	3.23	4.46	2019	Mayo	29	2.84	3.92	2020	Mayo	28	3.6	4.97
2016	Mayo	29	3.28	4.53	2017	Mayo	30	3.28	3.84	2018	Mayo	31	3.4	4.69	2019	Mayo	30	3.84	4.66	2020	Mayo	29	3.31	4.57
2016	Mayo	30	3.46	4.77	2017	Mayo	31	3.2	3.73	2018	Junio	1	3.05	4.21	2019	Mayo	31	3.31	4.57	2020	Mayo	30	3.2	4.42
2016	Mayo	31	2.7	1.66	2017	Junio	1	3.24	3.78	2018	Junio	2	3	4.14	2019	Junio	1	3.11	4.29	2020	Mayo	31	3.07	4.24
2016	Junio	1	3.18	4.39	2017	Junio	2	3.14	4.33	2018	Junio	3	3.27	4.51	2019	Junio	2	3.26	4.50	2020	Junio	1	3.43	4.73
2016	Junio	2	2.85	3.93	2017	Junio	3	3.04	4.19	2018	Junio	4	3.27	4.51	2019	Junio	3	3.19	4.40	2020	Junio	2	3.28	4.53
2016	Junio	3	3.02	4.17	2017	Junio	4	3.19	4.40	2018	Junio	5	3.29	4.54	2019	Junio	4	3.16	4.36	2020	Junio	3	3.32	4.58
2016	Junio	4	2.93	4.04	2017	Junio	5	3.21	4.43	2018	Junio	6	3.21	4.43	2019	Junio	5	3.6	4.97	2020	Junio	4	2.8	3.86

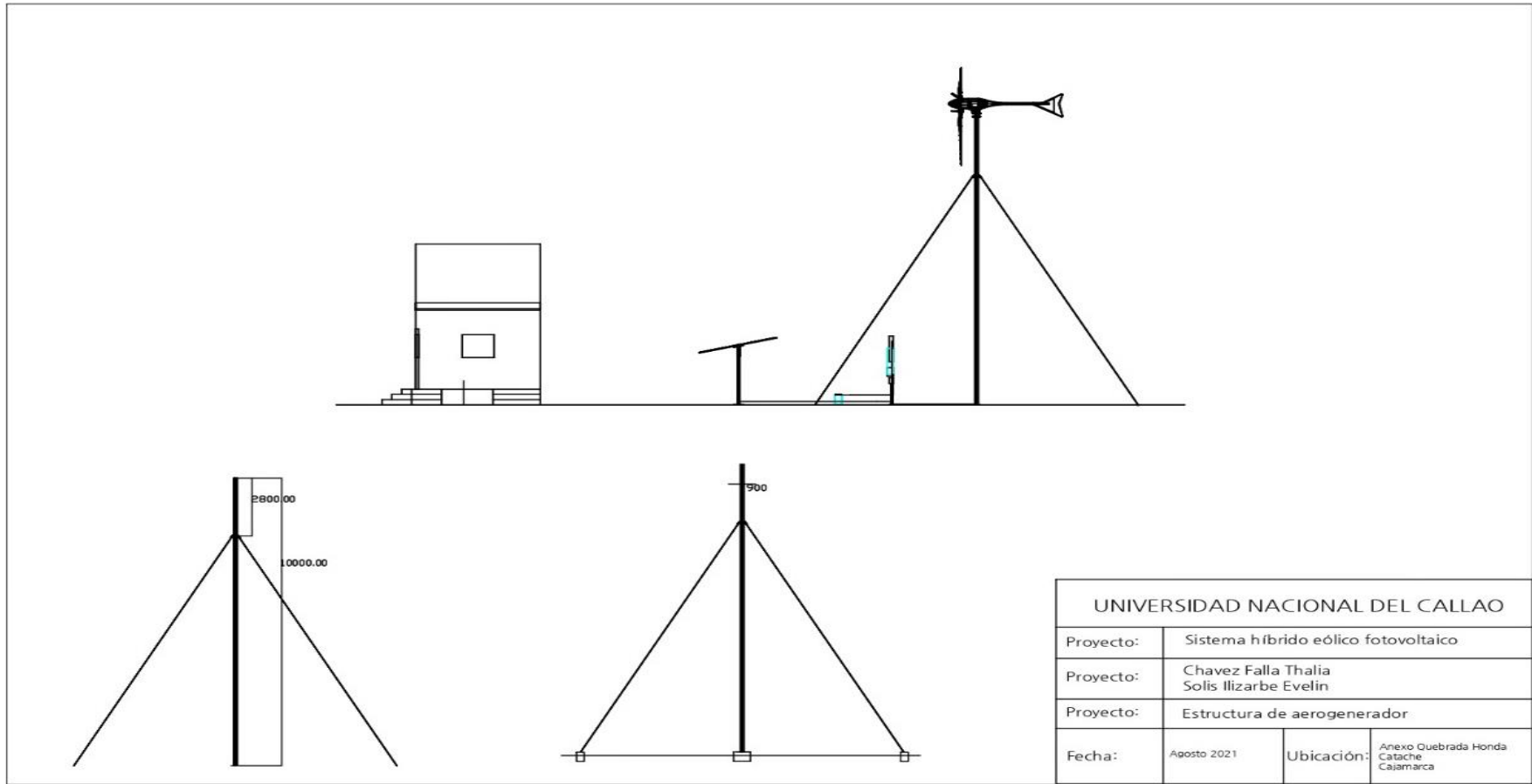
AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)					
2016	Junio	5	3.32	4.58	2017	Junio	6	3.33	4.59	2018	Junio	7	2.86	3.95	2019	Junio	6	3.51	4.84	2020	Junio	5	2.84	3.92
2016	Junio	6	2.76	3.81	2017	Junio	7	3.45	4.76	2018	Junio	8	3.06	4.22	2019	Junio	7	3.42	4.72	2020	Junio	6	2.94	4.06
2016	Junio	7	3.15	4.35	2017	Junio	8	3.18	4.39	2018	Junio	9	3.06	4.22	2019	Junio	8	3.18	4.39	2020	Junio	7	3.3	4.55
2016	Junio	8	2.94	4.06	2017	Junio	9	2.94	4.06	2018	Junio	10	3.1	4.28	2019	Junio	9	3.4	4.69	2020	Junio	8	3.01	4.15
2016	Junio	9	2.98	4.11	2017	Junio	10	2.84	3.92	2018	Junio	11	3.17	4.37	2019	Junio	10	3.52	4.86	2020	Junio	9	3.31	4.57
2016	Junio	10	3.02	4.17	2017	Junio	11	3.09	4.26	2018	Junio	12	2.63	2.94	2019	Junio	11	3.43	4.73	2020	Junio	10	3.23	4.46
2016	Junio	11	3.26	4.50	2017	Junio	12	3.36	4.64	2018	Junio	13	2.89	3.99	2019	Junio	12	3.53	4.87	2020	Junio	11	3.26	4.50
2016	Junio	12	3.33	4.59	2017	Junio	13	2.9	4.00	2018	Junio	14	3.27	4.51	2019	Junio	13	3.26	4.50	2020	Junio	12	3.35	4.62
2016	Junio	13	3.36	3.95	2017	Junio	14	3.3	4.10	2018	Junio	15	3.26	4.50	2019	Junio	14	3.5	4.83	2020	Junio	13	2.83	3.90
2016	Junio	14	3.44	4.06	2017	Junio	15	3.3	4.55	2018	Junio	16	3.52	4.86	2019	Junio	15	3.37	4.65	2020	Junio	14	3.28	4.53
2016	Junio	15	3.71	5.12	2017	Junio	16	3.58	4.94	2018	Junio	17	3.42	4.72	2019	Junio	16	3.18	4.39	2020	Junio	15	3.28	4.53
2016	Junio	16	3.73	5.15	2017	Junio	17	3.1	4.28	2018	Junio	18	3.83	5.28	2019	Junio	17	3.9	5.38	2020	Junio	16	3.31	4.57
2016	Junio	17	3.48	4.11	2017	Junio	18	3.18	4.39	2018	Junio	19	3.69	5.09	2019	Junio	18	3.56	4.91	2020	Junio	17	3.36	4.64
2016	Junio	18	3.52	4.86	2017	Junio	19	3.12	4.30	2018	Junio	20	3.45	4.76	2019	Junio	19	3.67	5.06	2020	Junio	18	3.28	4.53
2016	Junio	19	3.34	3.92	2017	Junio	20	3.12	4.30	2018	Junio	21	3.25	4.48	2019	Junio	20	4.14	5.71	2020	Junio	19	3.18	4.39
2016	Junio	20	3.28	3.84	2017	Junio	21	3.06	4.22	2018	Junio	22	3.26	4.47	2019	Junio	21	4.57	6.31	2020	Junio	20	3.34	4.61
2016	Junio	21	3.49	4.13	2017	Junio	22	3.12	4.30	2018	Junio	23	3.24	4.47	2019	Junio	22	4.25	5.86	2020	Junio	21	3.26	4.50
2016	Junio	22	3.46	4.08	2017	Junio	23	3.11	4.29	2018	Junio	24	3.15	4.35	2019	Junio	23	3.82	5.27	2020	Junio	22	3.28	4.53
2016	Junio	23	3.51	4.15	2017	Junio	24	3.34	4.61	2018	Junio	25	3.1	4.28	2019	Junio	24	3.56	4.91	2020	Junio	23	3.35	4.62
2016	Junio	24	3.58	4.94	2017	Junio	25	3.43	4.73	2018	Junio	26	3.21	4.43	2019	Junio	25	3.26	4.50	2020	Junio	24	3.17	4.37
2016	Junio	25	3.46	4.08	2017	Junio	26	3.54	4.88	2018	Junio	27	3.13	4.32	2019	Junio	26	2.85	3.93	2020	Junio	25	2.86	3.95
2016	Junio	26	3.26	3.81	2017	Junio	27	3.27	4.51	2018	Junio	28	3.1	4.28	2019	Junio	27	3.01	4.15	2020	Junio	26	3.09	4.26
2016	Junio	27	3.78	5.22	2017	Junio	28	3.16	4.36	2018	Junio	29	3.05	4.21	2019	Junio	28	3.29	4.54	2020	Junio	27	3.19	4.40
2016	Junio	28	3.7	5.10	2017	Junio	29	3.29	4.54	2018	Junio	30	3.15	4.35	2019	Junio	29	3.29	4.54	2020	Junio	28	3.13	4.32
2016	Junio	29	3.74	5.16	2017	Junio	30	3.27	4.51	2018	Julio	1	3.25	4.48	2019	Junio	30	3.24	4.47	2020	Junio	29	3.17	4.37
2016	Junio	30	3.53	4.87	2017	Julio	1	3.48	4.80	2018	Julio	2	3.19	4.40	2019	Julio	1	3.31	4.57	2020	Junio	30	3.3	4.55
2016	Julio	1	3.59	4.95	2017	Julio	2	3.4	4.69	2018	Julio	3	3.26	4.50	2019	Julio	2	3.47	4.79	2020	Julio	1	3.15	4.35
2016	Julio	2	3.42	4.03	2017	Julio	3	3.63	5.01	2018	Julio	4	3.18	4.39	2019	Julio	3	3.26	4.50	2020	Julio	2	3.13	4.32
2016	Julio	3	3.51	4.15	2017	Julio	4	3.4	4.69	2018	Julio	5	3.27	4.51	2019	Julio	4	3.04	4.19	2020	Julio	3	3.29	4.54
2016	Julio	4	3.51	4.15	2017	Julio	5	3.22	4.44	2018	Julio	6	3.28	4.53	2019	Julio	5	2.84	3.92	2020	Julio	4	3.15	4.35
2016	Julio	5	3.34	3.92	2017	Julio	6	3.24	4.47	2018	Julio	7	3.21	4.43	2019	Julio	6	3.36	4.64	2020	Julio	5	2.9	4.00
2016	Julio	6	2.96	3.39	2017	Julio	7	3.47	4.79	2018	Julio	8	3.57	4.93	2019	Julio	7	3.16	4.36	2020	Julio	6	2.84	3.92
2016	Julio	7	3.33	3.90	2017	Julio	8	3.57	4.93	2018	Julio	9	3.22	4.44	2019	Julio	8	3.46	4.77	2020	Julio	7	3.1	4.28
2016	Julio	8	3.45	4.07	2017	Julio	9	3.24	4.47	2018	Julio	10	3.11	4.29	2019	Julio	9	3.42	4.72	2020	Julio	8	3.34	4.61
2016	Julio	9	3.53	4.87	2017	Julio	10	3.28	4.53	2018	Julio	11	3.02	4.17	2019	Julio	10	3.43	4.73	2020	Julio	9	3.13	4.32
2016	Julio	10	3.27	3.82	2017	Julio	11	3.59	4.95	2018	Julio	12	3.23	4.46	2019	Julio	11	3.46	4.77	2020	Julio	10	3.06	4.22
2016	Julio	11	3.15	3.66	2017	Julio	12	3.63	5.01	2018	Julio	13	3.33	4.59	2019	Julio	12	3.24	4.47	2020	Julio	11	3.16	4.36
2016	Julio	12	3.38	3.97	2017	Julio	13	3.5	4.83	2018	Julio	14	3.23	4.46	2019	Julio	13	3.38	4.66	2020	Julio	12	3.06	4.22
2016	Julio	13	3.36	3.95	2017	Julio	14	3.28	4.53	2018	Julio	15	3.33	4.59	2019	Julio	14	3.07	4.24	2020	Julio	13	3.12	4.30
2016	Julio	14	3.21	3.74	2017	Julio	15	3.64	5.02	2018	Julio	16	3.24	4.47	2019	Julio	15	3.13	4.32	2020	Julio	14	3.28	4.53
2016	Julio	15	3.27	3.82	2017	Julio	16	3.24	4.47	2018	Julio	17	3.23	4.46	2019	Julio	16	3.35	4.62	2020	Julio	15	3.16	4.36
2016	Julio	16	3.04	3.50	2017	Julio	17	3.06	4.22	2018	Julio	18	3.21	4.43	2019	Julio	17	3.37	4.65	2020	Julio	16	3.17	4.65
2016	Julio	17	3.25	3.79	2017	Julio	18	3.6	4.97	2018	Julio	19	3.17	4.37	2019	Julio	18	3.49	4.82	2020	Julio	17	3.36	4.64
2016	Julio	18	3.42	4.03	2017	Julio	19	3.46	4.77	2018	Julio	20	2.99	4.13	2019	Julio	19	3.63	5.01	2020	Julio	18	3.24	4.47
2016	Julio	19	3.28	3.84	2017	Julio	20	3.29	4.54	2018	Julio	21	3.42	4.72	2019	Julio	20	3.54	4.88	2020	Julio	19	3.16	4.36
2016	Julio	20	3.34	3.92	2017	Julio	21	3.13	4.32	2018	Julio	22	3.05	4.21	2019	Julio	21	3.36	4.64	2020	Julio	20	3.2	4.42
2016	Julio	21	3.22	3.75	2017	Julio	22	3.35	4.62	2018	Julio	23	3.06	4.22	2019	Julio	22	3.33	4.59	2020	Julio	21	3.21	4.43
2016	Julio	22	3.43	4.04	2017	Julio	23	3.51	4.84	2018	Julio	24	3.26	4.50	2019	Julio	23	3.22	4.44	2020	Julio	22	3.13	4.32
2016	Julio	23	3.36	3.95	2017	Julio	24	3.46	4.77	2018	Julio	25	3.11	4.29	2019	Julio	24	3.36	4.64	2020	Julio	23	3.3	4.55
2016	Julio	24	3.35	3.93	2017	Julio	25	3.68	5.08	2018	Julio	26	3.58	4.94	2019	Julio	25	3.25	4.48	2020	Julio	24	3.08	4.25
2016	Julio	25	3.39	3.99	2017	Julio	26	3.49	4.82	2018	Julio	27	3.42	4.72	2019	Julio	26	3.39	4.68	2020	Julio	25	2.94	4.06
2016	Julio	26	3.28	3.84	2017	Julio	27	3.5	4.83	2018	Julio	28	3.48	4.80	2019	Julio	27	3.39	4.68	2020	Julio	26	3.01	4.15
2016	Julio	27	3.53	4.87	2017	Julio	28	3.48	4.80	2018	Julio	29	3.37	4.65	2019	Julio	28	3.61	4.98	2020	Julio	27	3.42	4.72

AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)					
2016	Julio	28	3.68	5.08	2017	Julio	29	3.43	4.73	2018	Julio	30	2.91	4.02	2019	Julio	29	3.51	4.84	2020	Julio	28	3.02	4.17
2016	Julio	29	3.3	3.86	2017	Julio	30	3.24	4.47	2018	Julio	31	2.93	4.04	2019	Julio	31	3.55	4.90	2020	Julio	29	3.24	4.47
2016	Julio	30	3.21	3.74	2017	Julio	31	3.35	4.62	2018	Agosto	1	3.17	4.37	2019	Julio	30	3.92	5.41	2020	Julio	30	3.35	4.62
2016	Julio	31	3.27	3.82	2017	Agosto	1	3.25	4.48	2018	Agosto	2	3.33	4.59	2019	Agosto	1	3.66	5.05	2020	Julio	31	3.03	4.18
2016	Agosto	1	3.28	3.84	2017	Agosto	2	3.18	4.39	2018	Agosto	3	3.23	4.46	2019	Agosto	2	3.42	4.72	2020	Agosto	1	3.34	4.61
2016	Agosto	2	3.36	3.95	2017	Agosto	3	3.24	4.47	2018	Agosto	4	3.12	4.30	2019	Agosto	3	3.67	5.06	2020	Agosto	2	3.5	4.83
2016	Agosto	3	3.55	4.90	2017	Agosto	4	3.39	4.68	2018	Agosto	5	2.99	4.13	2019	Agosto	4	3.8	5.24	2020	Agosto	3	3.34	4.61
2016	Agosto	4	3.24	3.78	2017	Agosto	5	3.38	4.66	2018	Agosto	6	3.14	4.33	2019	Agosto	5	3.81	5.26	2020	Agosto	4	3.51	4.84
2016	Agosto	5	3.48	4.11	2017	Agosto	6	3.35	4.62	2018	Agosto	7	3.23	4.46	2019	Agosto	6	3.48	4.80	2020	Agosto	5	3.33	4.59
2016	Agosto	6	3.52	4.86	2017	Agosto	7	3.33	4.59	2018	Agosto	8	3.47	4.79	2019	Agosto	7	3.53	4.87	2020	Agosto	6	3.44	4.75
2016	Agosto	7	3.33	3.90	2017	Agosto	8	3.2	4.42	2018	Agosto	9	3.79	5.23	2019	Agosto	8	3.66	5.05	2020	Agosto	7	3.31	4.57
2016	Agosto	8	3.4	4.00	2017	Agosto	9	3.23	4.46	2018	Agosto	10	3.95	5.45	2019	Agosto	9	3.49	4.82	2020	Agosto	8	3.07	4.24
2016	Agosto	9	3.16	3.67	2017	Agosto	10	2.96	4.08	2018	Agosto	11	3.78	5.22	2019	Agosto	10	3.47	4.79	2020	Agosto	9	3.3	4.55
2016	Agosto	10	3.25	3.79	2017	Agosto	11	3.45	4.76	2018	Agosto	12	3.6	4.97	2019	Agosto	11	3.73	5.15	2020	Agosto	10	3.14	4.33
2016	Agosto	11	3.11	3.60	2017	Agosto	12	3.26	4.50	2018	Agosto	13	3.51	4.84	2019	Agosto	12	3.42	4.72	2020	Agosto	11	3.21	4.43
2016	Agosto	12	3.2	3.73	2017	Agosto	13	3.06	4.22	2018	Agosto	14	3.34	4.61	2019	Agosto	13	3.5	4.83	2020	Agosto	12	3.32	4.58
2016	Agosto	13	3.41	4.02	2017	Agosto	14	3.12	4.30	2018	Agosto	15	3.31	4.57	2019	Agosto	14	3.46	4.77	2020	Agosto	13	3.34	4.61
2016	Agosto	14	3.47	4.10	2017	Agosto	15	3.3	4.55	2018	Agosto	16	3.36	4.64	2019	Agosto	15	3.52	4.86	2020	Agosto	14	2.99	4.13
2016	Agosto	15	3.48	4.11	2017	Agosto	16	3.28	4.53	2018	Agosto	17	3.66	5.05	2019	Agosto	16	3.63	5.01	2020	Agosto	15	3.22	4.44
2016	Agosto	16	3.25	3.79	2017	Agosto	17	3.07	4.24	2018	Agosto	18	3.35	4.62	2019	Agosto	17	3.46	4.77	2020	Agosto	16	3.12	4.30
2016	Agosto	17	3.24	3.78	2017	Agosto	18	2.9	4.00	2018	Agosto	19	3.14	4.33	2019	Agosto	18	3.43	4.73	2020	Agosto	17	3.12	4.30
2016	Agosto	18	3.33	3.90	2017	Agosto	19	3.47	4.79	2018	Agosto	20	3.4	4.69	2019	Agosto	19	3.3	4.55	2020	Agosto	18	3.61	4.98
2016	Agosto	19	3.26	3.81	2017	Agosto	20	3.26	4.50	2018	Agosto	21	3.3	4.55	2019	Agosto	20	3.34	4.61	2020	Agosto	19	3.31	4.57
2016	Agosto	20	3.28	3.84	2017	Agosto	21	2.99	4.13	2018	Agosto	22	3.33	4.59	2019	Agosto	21	3.32	4.58	2020	Agosto	20	2.53	1.42
2016	Agosto	21	3.82	5.27	2017	Agosto	22	3.61	4.98	2018	Agosto	23	3.29	4.54	2019	Agosto	22	3.64	5.02	2020	Agosto	21	2.78	3.84
2016	Agosto	22	3.78	5.22	2017	Agosto	23	3.33	4.59	2018	Agosto	24	3.29	4.54	2019	Agosto	23	3.77	5.20	2020	Agosto	22	3.1	4.28
2016	Agosto	23	3.42	4.03	2017	Agosto	24	3.17	4.37	2018	Agosto	25	3.26	4.50	2019	Agosto	24	3.63	5.01	2020	Agosto	23	2.95	4.07
2016	Agosto	24	3.41	4.02	2017	Agosto	25	3.25	4.48	2018	Agosto	26	3.39	4.68	2019	Agosto	25	3.57	4.93	2020	Agosto	24	3.35	4.62
2016	Agosto	25	3.24	3.78	2017	Agosto	26	3.29	4.54	2018	Agosto	27	3.5	4.83	2019	Agosto	26	3.58	4.94	2020	Agosto	25	3.13	4.32
2016	Agosto	26	3.46	4.08	2017	Agosto	27	3.08	4.25	2018	Agosto	28	3.19	4.40	2019	Agosto	27	3.57	4.93	2020	Agosto	26	3.02	4.17
2016	Agosto	27	3.04	3.50	2017	Agosto	28	2.9	4.00	2018	Agosto	29	3.42	4.72	2019	Agosto	28	3.77	5.20	2020	Agosto	27	3.22	4.44
2016	Agosto	28	3.26	3.81	2017	Agosto	29	3.17	4.37	2018	Agosto	30	3.36	4.64	2019	Agosto	29	3.5	4.83	2020	Agosto	28	3.35	4.62
2016	Agosto	29	3.07	3.55	2017	Agosto	30	3.28	4.53	2018	Agosto	31	3.34	4.61	2019	Agosto	30	3.17	4.37	2020	Agosto	29	3.24	4.47
2016	Agosto	30	3.26	3.81	2017	Agosto	31	3.44	4.75	2018	Septiembre	1	3.16	4.36	2019	Agosto	31	3.32	4.58	2020	Agosto	30	3.14	4.33
2016	Agosto	31	3.11	3.60	2017	Septiembre	1	3.27	4.51	2018	Septiembre	2	3.24	4.47	2019	Septiembre	1	3.22	4.44	2020	Agosto	31	3.15	4.35
2016	Septiembre	1	3.17	3.68	2017	Septiembre	2	3.22	4.44	2018	Septiembre	3	3.18	4.39	2019	Septiembre	2	3.27	4.51	2020	Septiembre	1	3.45	4.76
2016	Septiembre	2	2.9	3.31	2017	Septiembre	3	3.4	4.69	2018	Septiembre	4	3.42	4.72	2019	Septiembre	3	3.14	4.33	2020	Septiembre	2	3.34	4.61
2016	Septiembre	3	3.48	4.11	2017	Septiembre	4	3.26	4.50	2018	Septiembre	5	3.64	5.02	2019	Septiembre	4	3.27	4.51	2020	Septiembre	3	3.27	4.51
2016	Septiembre	4	3.47	4.10	2017	Septiembre	5	3.33	4.59	2018	Septiembre	6	3.75	5.17	2019	Septiembre	5	3.39	4.68	2020	Septiembre	4	3.17	4.37
2016	Septiembre	5	3.24	3.78	2017	Septiembre	6	3.36	4.64	2018	Septiembre	7	3.66	5.05	2019	Septiembre	6	3.27	4.51	2020	Septiembre	5	3.16	4.36
2016	Septiembre	6	3.27	3.96	2017	Septiembre	7	3.38	4.66	2018	Septiembre	8	3.43	4.73	2019	Septiembre	7	3.23	4.46	2020	Septiembre	6	3.17	4.37
2016	Septiembre	7	3.38	3.84	2017	Septiembre	8	3.2	4.42	2018	Septiembre	9	3.46	4.77	2019	Septiembre	8	3.73	5.15	2020	Septiembre	7	3.5	4.83
2016	Septiembre	8	3.28	3.84	2017	Septiembre	9	3.36	4.64	2018	Septiembre	10	3.46	4.77	2019	Septiembre	9	3.69	5.09	2020	Septiembre	8	3.02	4.17
2016	Septiembre	9	3.42	4.03	2017	Septiembre	10	3.43	4.73	2018	Septiembre	11	3.29	4.54	2019	Septiembre	10	3.27	4.51	2020	Septiembre	9	2.81	3.88
2016	Septiembre	10	3.48	4.11	2017	Septiembre	11	3.59	4.95	2018	Septiembre	12	3.39	4.68	2019	Septiembre	11	3.27	4.51	2020	Septiembre	10	3.27	4.51
2016	Septiembre	11	3.33	3.90	2017	Septiembre	12	3.21	4.43	2018	Septiembre	13	3.45	4.76	2019	Septiembre	12	3.28	4.53	2020	Septiembre	11	3.2	4.42
2016	Septiembre	12	3.44	4.06	2017	Septiembre	13	3.61	4.98	2018	Septiembre	14	3.39	4.68	2019	Septiembre	13	3.54	4.88	2020	Septiembre	12	3.01	4.15
2016	Septiembre	13	3.22	3.75	2017	Septiembre	14	3.15	4.35	2018	Septiembre	15	3.12	4.30	2019	Septiembre	14	3.53	4.87	2020	Septiembre	13	3.32	4.58
2016	Septiembre	14	3.12	3.61	2017	Septiembre	15	3.28	4.53	2018	Septiembre	16	3.05	4.21	2019	Septiembre	15	3.35	4.62	2020	Septiembre	14	3.22	4.44
2016	Septiembre	15	3.46	4.08	2017	Septiembre	16	3.38	4.66	2018	Septiembre	17	3.47	4.79	2019	Septiembre	16	3.36	4.64	2020	Septiembre	15	2.99	4.13
2016	Septiembre	16	2.98	3.42	2017	Septiembre	17	3.55	4.90	2018	Septiembre	18	2.73	3.77	2019	Septiembre	17	3.42	4.72	2020	Septiembre	16	3.52	4.86
2016	Septiembre	17	3.37	3.96	2017	Septiembre	18	3.8	5.24	2018	Septiembre	19	3.18	4.39	2019	Septiembre	18	3.28	4.53	2020	Septiembre	17	2.85	3.93

AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)					
2016	Septiembre	18	3.2	3.73	2017	Septiembre	19	3.64	5.02	2018	Septiembre	20	3.13	4.32	2019	Septiembre	19	3.85	5.31	2020	Septiembre	18	2.93	4.04
2016	Septiembre	19	3.29	3.85	2017	Septiembre	20	3.86	5.33	2018	Septiembre	21	3.39	4.68	2019	Septiembre	20	2.62	1.55	2020	Septiembre	19	3.02	4.17
2016	Septiembre	20	3.37	3.96	2017	Septiembre	21	3.3	4.55	2018	Septiembre	22	3.36	4.64	2019	Septiembre	21	3.04	4.19	2020	Septiembre	20	3.24	4.47
2016	Septiembre	21	3.38	3.97	2017	Septiembre	22	3.39	4.68	2018	Septiembre	23	3.41	4.70	2019	Septiembre	22	3.28	4.53	2020	Septiembre	21	2.77	3.82
2016	Septiembre	22	3.12	3.61	2017	Septiembre	23	3.19	4.40	2018	Septiembre	24	3.4	4.69	2019	Septiembre	23	3.17	4.37	2020	Septiembre	22	2.94	4.06
2016	Septiembre	23	2.95	3.38	2017	Septiembre	24	3.11	4.29	2018	Septiembre	25	3.25	4.48	2019	Septiembre	24	3.51	4.84	2020	Septiembre	23	2.89	3.99
2016	Septiembre	24	3.39	3.99	2017	Septiembre	25	3.33	4.59	2018	Septiembre	26	3.35	4.62	2019	Septiembre	25	3.36	4.64	2020	Septiembre	24	3.32	4.58
2016	Septiembre	25	3.2	3.73	2017	Septiembre	26	3.24	4.47	2018	Septiembre	27	3.16	4.36	2019	Septiembre	26	3.37	4.65	2020	Septiembre	25	3.44	4.75
2016	Septiembre	26	3.36	3.95	2017	Septiembre	27	3.39	4.68	2018	Septiembre	28	3.2	4.42	2019	Septiembre	27	3.33	4.59	2020	Septiembre	26	3.34	4.61
2016	Septiembre	27	3.29	3.85	2017	Septiembre	28	3.75	5.17	2018	Septiembre	29	3.35	4.62	2019	Septiembre	28	2.72	3.75	2020	Septiembre	27	3.44	4.75
2016	Septiembre	28	3.46	4.08	2017	Septiembre	29	3.37	4.65	2018	Septiembre	30	3.44	4.75	2019	Septiembre	29	3.82	5.27	2020	Septiembre	28	3.17	4.37
2016	Septiembre	29	3.79	5.23	2017	Septiembre	30	3.09	4.26	2018	Septiembre	1	3.12	4.30	2019	Septiembre	30	4.15	5.73	2020	Septiembre	29	3.18	4.39
2016	Septiembre	30	3.65	5.04	2017	Septiembre	1	3.43	4.73	2018	Septiembre	2	3.23	4.46	2019	Septiembre	1	3.33	4.59	2020	Septiembre	30	2.79	3.85
2016	Septiembre	1	4.2	5.79	2017	Septiembre	2	3.53	4.87	2018	Septiembre	3	3.17	4.37	2019	Septiembre	2	3.07	4.24	2020	Septiembre	1	3.18	4.39
2016	Septiembre	2	3.32	3.89	2017	Septiembre	3	3.27	4.51	2018	Septiembre	4	3.16	4.36	2019	Septiembre	3	3.55	4.90	2020	Septiembre	2	3.38	4.66
2016	Septiembre	3	3.52	4.86	2017	Septiembre	4	2.84	3.92	2018	Septiembre	5	2.99	4.13	2019	Septiembre	4	3.81	5.26	2020	Septiembre	3	3.31	3.88
2016	Septiembre	4	3.72	5.13	2017	Septiembre	5	3.1	4.28	2018	Septiembre	6	3.25	4.48	2019	Septiembre	5	3.44	4.75	2020	Septiembre	4	2.93	3.35
2016	Septiembre	5	3.33	3.90	2017	Septiembre	6	3.31	4.57	2018	Septiembre	7	3.51	4.84	2019	Septiembre	6	3.4	4.69	2020	Septiembre	5	2.99	3.44
2016	Septiembre	6	3.64	4.33	2017	Septiembre	7	3.37	4.65	2018	Septiembre	8	3.69	5.09	2019	Septiembre	7	3.03	4.18	2020	Septiembre	6	3.15	3.66
2016	Septiembre	7	3.6	4.28	2017	Septiembre	8	3.11	4.29	2018	Septiembre	9	3.25	4.48	2019	Septiembre	8	3.06	4.22	2020	Septiembre	7	3.34	3.92
2016	Septiembre	8	3.84	5.30	2017	Septiembre	9	3.45	4.76	2018	Septiembre	10	3.55	4.90	2019	Septiembre	9	3.24	4.47	2020	Septiembre	8	2.8	3.17
2016	Septiembre	9	3.54	4.88	2017	Septiembre	10	3.08	4.25	2018	Septiembre	11	3.98	5.49	2019	Septiembre	10	3.47	4.79	2020	Septiembre	9	2.94	3.37
2016	Septiembre	10	3.1	3.59	2017	Septiembre	11	3.26	4.50	2018	Septiembre	12	3.91	5.39	2019	Septiembre	11	3.41	4.70	2020	Septiembre	10	3.1	3.59
2016	Septiembre	11	3.03	3.49	2017	Septiembre	12	3.47	4.79	2018	Septiembre	13	3.33	4.59	2019	Septiembre	12	3.14	4.33	2020	Septiembre	11	3.44	4.06
2016	Septiembre	12	3.42	4.03	2017	Septiembre	13	3.3	4.55	2018	Septiembre	14	3.03	4.18	2019	Septiembre	13	3.29	4.54	2020	Septiembre	12	3.34	3.92
2016	Septiembre	13	2.75	3.10	2017	Septiembre	14	3.07	4.24	2018	Septiembre	15	3.42	4.72	2019	Septiembre	14	3.24	4.47	2020	Septiembre	13	3.44	4.06
2016	Septiembre	14	2.96	3.39	2017	Septiembre	15	3.32	4.58	2018	Septiembre	16	3.85	5.31	2019	Septiembre	15	3.09	4.26	2020	Septiembre	14	3.05	3.52
2016	Septiembre	15	3.2	3.73	2017	Septiembre	16	3.54	4.88	2018	Septiembre	17	3.63	5.01	2019	Septiembre	16	3.21	4.43	2020	Septiembre	15	3.22	3.75
2016	Septiembre	16	3.79	5.23	2017	Septiembre	17	3.65	5.04	2018	Septiembre	18	3.11	4.29	2019	Septiembre	17	3.26	4.50	2020	Septiembre	16	3.15	4.35
2016	Septiembre	17	3.14	3.64	2017	Septiembre	18	3.5	4.83	2018	Septiembre	19	3.44	4.75	2019	Septiembre	18	3.35	4.62	2020	Septiembre	17	2.95	4.07
2016	Septiembre	18	3.12	3.61	2017	Septiembre	19	3.46	4.77	2018	Septiembre	20	3.76	5.19	2019	Septiembre	19	3.04	4.19	2020	Septiembre	18	3.6	4.97
2016	Septiembre	19	3.45	4.07	2017	Septiembre	20	3.49	4.82	2018	Septiembre	21	3.45	4.76	2019	Septiembre	20	3.19	4.40	2020	Septiembre	19	3.84	5.30
2016	Septiembre	20	3.29	3.85	2017	Septiembre	21	3.05	4.21	2018	Septiembre	22	3.63	5.01	2019	Septiembre	21	3.15	4.35	2020	Septiembre	20	3.25	4.48
2016	Septiembre	21	3.18	3.70	2017	Septiembre	22	3.51	4.84	2018	Septiembre	23	3.99	5.51	2019	Septiembre	22	3.79	5.23	2020	Septiembre	21	2.74	3.78
2016	Septiembre	22	3.54	4.88	2017	Septiembre	23	3.27	4.51	2018	Septiembre	24	4.02	5.55	2019	Septiembre	23	3.48	4.80	2020	Septiembre	22	3.2	4.42
2016	Septiembre	23	3.27	4.51	2017	Septiembre	24	3.34	4.61	2018	Septiembre	25	3.72	5.13	2019	Septiembre	24	2.98	4.11	2020	Septiembre	23	3.21	4.43
2016	Septiembre	24	3.87	5.34	2017	Septiembre	25	3.54	4.88	2018	Septiembre	26	3.35	4.62	2019	Septiembre	25	3.29	4.54	2020	Septiembre	24	3.35	4.62
2016	Septiembre	25	4.12	5.68	2017	Septiembre	26	2.92	4.03	2018	Septiembre	27	3.21	4.43	2019	Septiembre	26	3.08	4.25	2020	Septiembre	25	3.11	4.29
2016	Septiembre	26	4.16	5.74	2017	Septiembre	27	3.29	4.54	2018	Septiembre	28	3.28	4.53	2019	Septiembre	27	3.36	4.64	2020	Septiembre	26	3.36	4.64
2016	Septiembre	27	4.04	5.57	2017	Septiembre	28	3.31	4.57	2018	Septiembre	29	3.38	4.66	2019	Septiembre	28	2.91	4.02	2020	Septiembre	27	3.97	5.48
2016	Septiembre	28	3.49	4.82	2017	Septiembre	29	3.38	4.66	2018	Septiembre	30	3.19	4.40	2019	Septiembre	29	3.12	4.30	2020	Septiembre	28	4.66	6.43
2016	Septiembre	29	3.64	5.02	2017	Septiembre	30	3.66	5.05	2018	Septiembre	31	2.97	4.10	2019	Septiembre	30	3.23	4.46	2020	Septiembre	29	4.06	5.60
2016	Septiembre	30	3.87	5.34	2017	Septiembre	31	3.8	5.24	2018	Septiembre	1	2.94	4.06	2019	Septiembre	31	3.25	4.48	2020	Septiembre	30	3.61	4.98
2016	Septiembre	31	3.63	5.01	2017	Septiembre	1	3.53	4.87	2018	Septiembre	2	3.2	4.42	2019	Septiembre	1	3.05	4.21	2020	Septiembre	31	3.58	4.94
2016	Septiembre	1	3.8	5.24	2017	Septiembre	2	3.34	4.61	2018	Septiembre	3	3.9	5.38	2019	Septiembre	2	3.37	4.65	2020	Septiembre	1	3.73	5.15
2016	Septiembre	2	3.75	5.17	2017	Septiembre	3	3.73	5.15	2018	Septiembre	4	4.12	5.68	2019	Septiembre	3	3.41	4.75	2020	Septiembre	2	3.75	5.17
2016	Septiembre	3	3.42	4.72	2017	Septiembre	4	3.81	5.26	2018	Septiembre	5	4.14	5.71	2019	Septiembre	4	3.44	4.70	2020	Septiembre	3	3.76	5.19
2016	Septiembre	4	3	4.14	2017	Septiembre	5	3.53	4.87	2018	Septiembre	6	3.77	5.20	2019	Septiembre	5	3.36	4.64	2020	Septiembre	4	3.51	4.84
2016	Septiembre	5	3.57	4.93	2017	Septiembre	6	3.28	4.53	2018	Septiembre	7	3.16	4.36	2019	Septiembre	6	3.21	4.43	2020	Septiembre	5	3.69	5.09
2016	Septiembre	6	3.41	4.70	2017	Septiembre	7	3.33	4.59	2018	Septiembre	8	3.54	4.88	2019	Septiembre	7	3.03	4.18	2020	Septiembre	6	3.39	4.68
2016	Septiembre	7	3.63	5.01	2017	Septiembre	8	3.8	5.24	2018	Septiembre	9	3.43	4.73	2019	Septiembre	8	3.17	4.37	2020	Septiembre	7	3.49	4.82
2016	Septiembre	8	3.29	4.54	2017	Septiembre	9	3.43	4.73	2018	Septiembre	10	3.34	4.61	2019	Septiembre	9	3.31	4.57	2020	Septiembre	8	3.31	4.57
2016	Septiembre	9	3.31	4.57	2017	Septiembre	10	3.18	4.39	2018	Septiembre	11	3.46	4.77	2019	Septiembre	10	3.11	4.29	2020	Septiembre	9	3.49	4.82

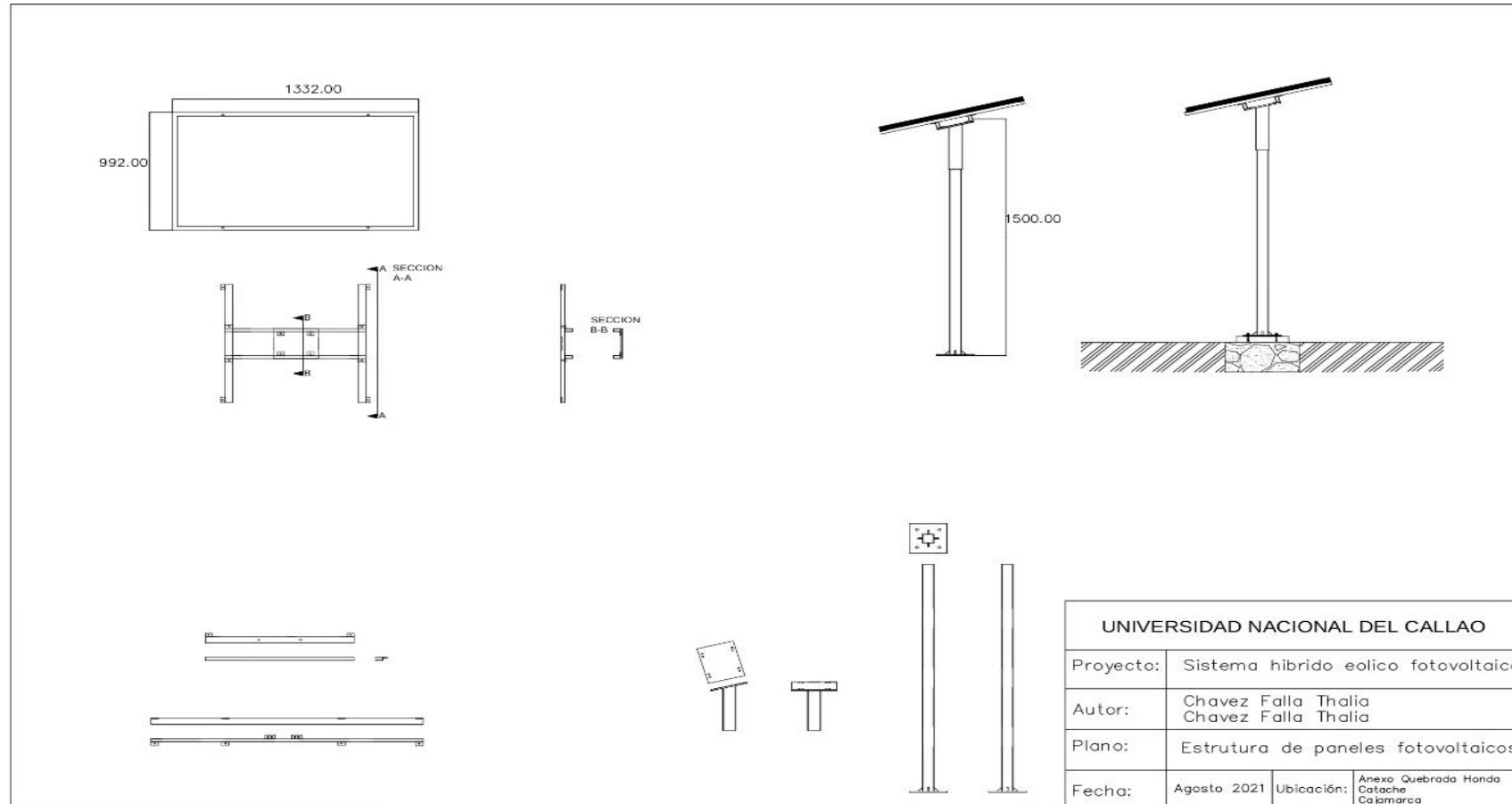
AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)	AÑO	MES	DIA	V(2M)	V(10M)					
2016	Noviembre	10	3.74	5.16	2017	Noviembre	11	3.48	4.39	2018	Noviembre	12	3.93	5.42	2019	Noviembre	11	3.62	4.99	2020	Noviembre	10	3.68	5.08
2016	Noviembre	11	4.05	5.59	2017	Noviembre	12	3.43	4.73	2018	Noviembre	13	3.66	5.05	2019	Noviembre	12	3.39	4.68	2020	Noviembre	11	3.11	4.29
2016	Noviembre	12	4.14	5.71	2017	Noviembre	13	3.55	4.90	2018	Noviembre	14	3.12	4.30	2019	Noviembre	13	3.98	5.49	2020	Noviembre	12	3.65	5.04
2016	Noviembre	13	4.28	5.91	2017	Noviembre	14	3.69	5.09	2018	Noviembre	15	3.42	4.72	2019	Noviembre	14	3.86	5.33	2020	Noviembre	13	3.98	5.49
2016	Noviembre	14	4.56	6.29	2017	Noviembre	15	3.53	4.87	2018	Noviembre	16	3.02	4.17	2019	Noviembre	15	3.92	5.41	2020	Noviembre	14	3.78	5.22
2016	Noviembre	15	4.39	6.06	2017	Noviembre	16	3.79	5.23	2018	Noviembre	17	3.17	4.37	2019	Noviembre	16	3.91	5.39	2020	Noviembre	15	3.39	4.68
2016	Noviembre	16	4.13	5.70	2017	Noviembre	17	3.76	5.19	2018	Noviembre	18	3.62	4.99	2019	Noviembre	17	4.08	5.63	2020	Noviembre	16	3.39	4.68
2016	Noviembre	17	4.15	5.73	2017	Noviembre	18	4.1	5.66	2018	Noviembre	19	2.98	4.11	2019	Noviembre	18	3.48	4.80	2020	Noviembre	17	3.43	4.73
2016	Noviembre	18	3.96	5.46	2017	Noviembre	19	3.93	5.42	2018	Noviembre	20	3.13	4.32	2019	Noviembre	19	2.89	3.99	2020	Noviembre	18	3.56	4.91
2016	Noviembre	19	3.77	5.20	2017	Noviembre	20	3.84	5.30	2018	Noviembre	21	3.16	4.36	2019	Noviembre	20	3.34	4.61	2020	Noviembre	19	3.86	5.33
2016	Noviembre	20	4.1	5.66	2017	Noviembre	21	2.85	3.93	2018	Noviembre	22	3.26	4.50	2019	Noviembre	21	3.83	5.28	2020	Noviembre	20	3.69	5.09
2016	Noviembre	21	4.03	5.56	2017	Noviembre	22	2.83	3.90	2018	Noviembre	23	3.95	5.45	2019	Noviembre	22	3.71	5.12	2020	Noviembre	21	3.77	5.20
2016	Noviembre	22	3.77	5.20	2017	Noviembre	23	3.02	4.17	2018	Noviembre	24	3.74	5.16	2019	Noviembre	23	3.42	4.72	2020	Noviembre	22	2.61	1.53
2016	Noviembre	23	3.57	4.93	2017	Noviembre	24	2.93	4.04	2018	Noviembre	25	3.48	4.80	2019	Noviembre	24	3.29	4.54	2020	Noviembre	23	3.13	4.32
2016	Noviembre	24	3.78	5.22	2017	Noviembre	25	2.75	3.79	2018	Noviembre	26	3.43	4.73	2019	Noviembre	25	3.34	4.61	2020	Noviembre	24	3.28	4.53
2016	Noviembre	25	3.8	5.24	2017	Noviembre	26	3.16	4.36	2018	Noviembre	27	4.01	5.53	2019	Noviembre	26	3.28	4.53	2020	Noviembre	25	3.42	4.72
2016	Noviembre	26	3.61	4.98	2017	Noviembre	27	2.65	3.66	2018	Noviembre	28	3.97	5.48	2019	Noviembre	27	3.16	4.36	2020	Noviembre	26	3.31	4.57
2016	Noviembre	27	3.37	4.65	2017	Noviembre	28	3.09	4.26	2018	Noviembre	29	3.8	5.24	2019	Noviembre	28	3.42	4.72	2020	Noviembre	27	3.19	4.40
2016	Noviembre	28	3.49	4.82	2017	Noviembre	29	2.99	4.13	2018	Noviembre	30	3.88	5.35	2019	Noviembre	29	3.34	4.61	2020	Noviembre	28	2.8	3.86
2016	Noviembre	29	2.86	3.95	2017	Noviembre	30	3.43	4.73	2018	Diciembre	1	3.87	5.34	2019	Noviembre	30	3.75	5.17	2020	Noviembre	29	3.35	4.62
2016	Noviembre	30	3.59	4.95	2017	Diciembre	1	3.77	5.20	2018	Diciembre	2	3.98	5.49	2019	Diciembre	1	3.27	4.51	2020	Noviembre	30	3.09	4.26
2016	Diciembre	1	3.33	2.52	2017	Diciembre	2	3.3	4.55	2018	Diciembre	3	3.91	5.39	2019	Diciembre	2	3.06	4.22	2020	Diciembre	1	3.2	4.42
2016	Diciembre	2	3.29	2.47	2017	Diciembre	3	3.24	4.47	2018	Diciembre	4	4.1	5.66	2019	Diciembre	3	3.16	4.36	2020	Diciembre	2	2.94	4.06
2016	Diciembre	3	3.43	2.66	2017	Diciembre	4	3.2	4.42	2018	Diciembre	5	3.74	5.16	2019	Diciembre	4	3.54	4.88	2020	Diciembre	3	3.27	4.51
2016	Diciembre	4	3.33	2.52	2017	Diciembre	5	3.11	4.29	2018	Diciembre	6	3.41	4.70	2019	Diciembre	5	3.21	4.43	2020	Diciembre	4	3.03	4.18
2016	Diciembre	5	3.48	2.73	2017	Diciembre	6	2.84	3.92	2018	Diciembre	7	3.1	4.28	2019	Diciembre	6	3.08	4.25	2020	Diciembre	5	2.68	3.70
2016	Diciembre	6	3.74	5.16	2017	Diciembre	7	3.57	4.93	2018	Diciembre	8	3.31	4.57	2019	Diciembre	7	3.39	4.68	2020	Diciembre	6	2.92	4.03
2016	Diciembre	7	3.63	5.01	2017	Diciembre	8	3.34	4.61	2018	Diciembre	9	3.38	4.66	2019	Diciembre	8	3.71	5.12	2020	Diciembre	7	3.09	4.26
2016	Diciembre	8	3.43	4.73	2017	Diciembre	9	3.42	4.72	2018	Diciembre	10	3.5	4.83	2019	Diciembre	9	3.43	4.73	2020	Diciembre	8	3.07	4.24
2016	Diciembre	9	3.56	4.91	2017	Diciembre	10	3.91	5.39	2018	Diciembre	11	2.76	1.74	2019	Diciembre	10	3.18	4.39	2020	Diciembre	9	3.37	4.65
2016	Diciembre	10	3.87	5.34	2017	Diciembre	11	3.74	5.16	2018	Diciembre	12	3.27	4.51	2019	Diciembre	11	3.64	5.02	2020	Diciembre	10	3.69	5.09
2016	Diciembre	11	3.65	5.04	2017	Diciembre	12	3.54	4.88	2018	Diciembre	13	2.74	3.09	2019	Diciembre	12	3.58	4.94	2020	Diciembre	11	3.46	4.77
2016	Diciembre	12	3.47	4.79	2017	Diciembre	13	3.05	4.21	2018	Diciembre	14	3.31	4.57	2019	Diciembre	13	4.08	5.63	2020	Diciembre	12	3.25	4.48
2016	Diciembre	13	3.57	4.93	2017	Diciembre	14	3.53	4.87	2018	Diciembre	15	3.02	4.17	2019	Diciembre	14	3.54	4.88	2020	Diciembre	13	2.78	3.15
2016	Diciembre	14	3.42	4.72	2017	Diciembre	15	3.27	4.51	2018	Diciembre	16	3.21	4.43	2019	Diciembre	15	3.31	4.57	2020	Diciembre	14	3.17	4.37
2016	Diciembre	15	2.78	1.77	2017	Diciembre	16	3.07	4.24	2018	Diciembre	17	3.69	5.09	2019	Diciembre	16	3.28	4.53	2020	Diciembre	15	3.39	4.68
2016	Diciembre	16	3.22	2.37	2017	Diciembre	17	3.26	4.50	2018	Diciembre	18	3.13	4.32	2019	Diciembre	17	3.46	4.77	2020	Diciembre	16	3.02	4.17
2016	Diciembre	17	3.16	2.29	2017	Diciembre	18	3.2	4.42	2018	Diciembre	19	3.41	4.70	2019	Diciembre	18	3.16	4.36	2020	Diciembre	17	2.87	3.96
2016	Diciembre	18	3.3	2.48	2017	Diciembre	19	3.16	4.36	2018	Diciembre	20	3.05	4.21	2019	Diciembre	19	3.21	4.43	2020	Diciembre	18	3.13	4.32
2016	Diciembre	19	3.29	4.54	2017	Diciembre	20	3.22	4.44	2018	Diciembre	21	3.06	4.22	2019	Diciembre	20	3.19	4.40	2020	Diciembre	19	3.34	4.61
2016	Diciembre	20	3.93	5.42	2017	Diciembre	21	3.41	4.70	2018	Diciembre	22	3.07	4.24	2019	Diciembre	21	3.26	4.50	2020	Diciembre	20	3.15	4.35
2016	Diciembre	21	4.13	5.70	2017	Diciembre	22	3.13	4.32	2018	Diciembre	23	2.95	4.07	2019	Diciembre	22	3.23	4.46	2020	Diciembre	21	3.03	4.18
2016	Diciembre	22	4	5.52	2017	Diciembre	23	3.28	4.53	2018	Diciembre	24	3.25	4.48	2019	Diciembre	23	3.25	4.48	2020	Diciembre	22	3.08	4.25
2016	Diciembre	23	3.77	5.20	2017	Diciembre	24	3.55	4.90	2018	Diciembre	25	3.24	4.47	2019	Diciembre	24	3.41	4.70	2020	Diciembre	23	3.23	4.46
2016	Diciembre	24	4.06	5.60	2017	Diciembre	25	3.67	5.06	2018	Diciembre	26	3.12	4.30	2019	Diciembre	25	3.63	5.01	2020	Diciembre	24	3.21	4.43
2016	Diciembre	25	3.73	5.15	2017	Diciembre	26	4.06	5.60	2018	Diciembre	27	3.2	4.42	2019	Diciembre	26	3.45	4.76	2020	Diciembre	25	3.67	5.06
2016	Diciembre	26	4.06	5.60	2017	Diciembre	27	3.34	4.61	2018	Diciembre	28	3.34	4.61	2019	Diciembre	27	3.28	4.53	2020	Diciembre	26	4.38	6.04
2016	Diciembre	27	3.9	5.38	2017	Diciembre	28	3.65	5.04	2018	Diciembre	29	3.34	4.61	2019	Diciembre	28	3.39	4.68	2020	Diciembre	27	4.2	5.79
2016	Diciembre	28	3.02	4.17	2017	Diciembre	29	3.25	4.48	2018	Diciembre	30	3.4	4.69	2019	Diciembre	29	3.24	4.47	2020	Diciembre	28	4.41	6.08
2016	Diciembre	29	3.23	4.46	2017	Diciembre	30	3.46	4.77	2018	Diciembre	31	2.82	3.89	2019	Diciembre	30	3.95	5.45	2020	Diciembre	29	4.24	5.85
2016	Diciembre	30	3.26	4.50	2017	Diciembre	31	3.57	4.93	2018	Diciembre	31	2.82	3.89	2019	Diciembre	31	4.14	5.71	2020	Diciembre	30	3.92	5.41
2016	Diciembre	31	3.21	4.43											2020	Diciembre	31						3.53	4.87

ANEXO 11: ESTRUCTURA DEL AEROGENERADOR

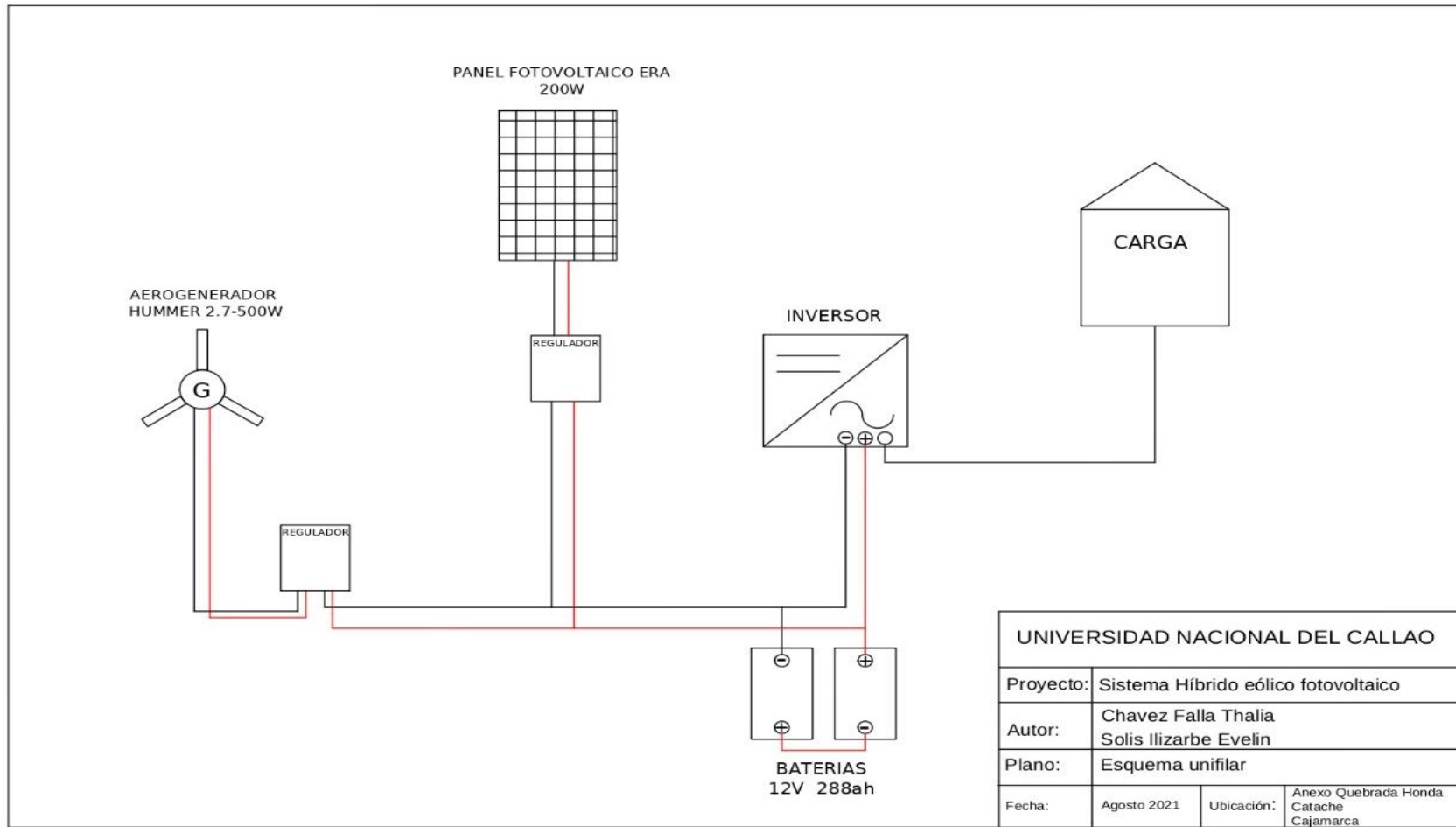


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO			
Proyecto:	Sistema híbrido eólico fotovoltaico		
Proyecto:	Chavez Falla Thalia Solis Ilizarbe Evelin		
Proyecto:	Estructura de aerogenerador		
Fecha:	Agosto 2021	Ubicación:	Anexo Quebrada Honda Catache Cajamarca

ANEXO 12: ESTRUCTURA DEL PANEL FOTOVOLTAICO



ANEXO 13: ESQUEMA UNIFILAR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO			
Proyecto:	Sistema Híbrido eólico fotovoltaico		
Autor:	Chavez Falla Thalia Solis Ilizarbe Evelin		
Plano:	Esquema unifilar		
Fecha:	Agosto 2021	Ubicación:	Anexo Quebrada Honda Catache Cajamarca

ANEXO 14: DIAGRAMA UNIFILAR

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL

N° CKTO.	AREA	CANT.	POTENCIA DEL EQUIPO (W)	POTENCIA INSTALADA (KW)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (KW)
1	ILUMINACION	3	27	0,027	1,00	0,027
2	TOMACORRIENTES	5	1,000	1,00	1,00	1,00
3	LAPTOP	1	200	0,20	0,8	0,20

MAXIMA DEMANDA 1.23 KW

DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO GENERAL

