



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Evaluación de un sistema híbrido para la generación eléctrica con
recurso fotovoltaico/eólico para el centro poblado Cushuro,
Huamachuco.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Grados Rodríguez, Erickson Carlos (orcid.org/0000-0002-2119-4786)

Moreno Oribe, Omar Yanis (orcid.org/0000-0002-9943-3134)

ASESORES:

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel (orcid.org/0000-0002-8127-4040)

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución de Energía

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación con todo cariño y amor a mis hijos, esposa y a mis padres y amigos, por su apoyo incondicional.

Agradecimiento

A Dios por guiar mi vida y a mi querida universidad por todas las enseñanzas formativas.

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Carátula | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | vii |
| Índice de gráficos y figuras | viii |
| Abstract | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA | 10 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación. | 10 |
| Tipo de investigación | 10 |
| Diseño de investigación | 10 |
| 3.2. Variables y operacionalización. | 10 |
| Variable 1 | 10 |
| Variable 2: | 11 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 11 |
| Población: | 11 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 11 |
| Técnicas de recolección de datos. | 11 |
| Instrumentos de recolección de datos | 11 |
| 3.5. Procedimientos | 12 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 13 |
| 3.7. Aspectos éticos | 13 |
| IV. RESULTADOS. | 14 |
| 4.1. Recopilación de datos técnicos para el diseño del sistema híbrido. | 14 |
| 4.1.1. Ubicación del proyecto. | 14 |
| 4.1.2. Recopilación de datos técnicos para calcular la demanda energética del Caserío. | 15 |
| 4.1.2.1 Índice de crecimiento poblacional (r%). | 15 |
| 4.1.2.2 Población y viviendas proyectadas a 15 años. | 17 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1.3 | Demanda máxima del caserío Cushuro. | 17 |
| 4.2 | Procesamiento y análisis de los recursos eólico y solar. | 25 |
| | Fuente: Homer pro | 27 |
| 4.2.1 | Hora solar pico (HSP): | 30 |
| A. | Inclinación del módulo fotovoltaico | 31 |
| B. | Rendimiento Global (<i>R</i>): | 32 |
| C. | Demanda energética | 33 |
| D. | Potencia del generador fotovoltaico | 33 |
| E. | Número de Módulos (<i>N</i> _{mód}) | 33 |
| b. | Conexión en paralelo | 35 |
| G. | Regulador de Carga: | 35 |
| H. | Dimensionamiento del banco de baterías: | 36 |
| i. | Cálculo y selección para conductores eléctricos. | 38 |
| | 4.4 Calculo del costo total del sistema híbrido. | 44 |
| | V DISCUSIÓN. | 47 |
| | VI CONCLUSIONES. | 49 |
| | VII RECOMENDACIONES. | 50 |
| | ANEXOS. | 55 |
| | Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables | 55 |
| | Anexo 02: Formato de encuesta de campo. | 56 |
| | Anexo 03: Ficha de validación de juicio de expertos. | 57 |
| | Anexo 04: Ficha de validación de juicio de expertos 2 y 3 | 58 |
| | Anexo 05: Coeficientes de potencia. | 59 |
| | Anexo 06. Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria de acuerdo a la R.D. N° 015 – 2004 – EM/DGE | 60 |
| | Anexo 07: imágenes del lugar de estudio. | 60 |
| | Anexo 08: Formato de encuesta de campo. | 61 |
| | Anexo 09: Curvas de potencia de los aerogeneradores. | 62 |
| | Anexo 10: Ficha técnica de la batería. | 62 |
| | Anexo 11: Tabla de conductores NYY. | 63 |
| | Anexo 12: Tasa de descuento e inflación BCRP. | 63 |
| | Anexo 13: Curvas de potencia de aerogeneradores. | 64 |
| | Anexo 13: Ficha técnica del inversor. | 65 |
| | Anexo 14: Ficha técnica del controlador | 67 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Evaluación de la tasa de crecimiento, según INEI, para el departamento de la libertad. | 16 |
| Tabla 2: Número de personas por vivienda, promedio y total de personas del caserío Cushuro. | 16 |
| Tabla 3: Cálculo de la energía consumida y la demanda máxima por vivienda del caserío Cushuro. | 18 |
| Tabla 4: Cálculo de la energía consumida y la demanda máxima del colegio del caserío Cushuro. | 19 |
| Tabla 5: Cálculo de la energía consumida y la demanda máxima del centro comunal del caserío Cushuro. | 19 |
| Tabla 6: Cálculo de la energía consumida y la demanda máxima de la iglesia del caserío Cushuro. | 20 |
| Tabla 7: Cálculo de máxima demanda y energía consumida proyectada a 15 años del caserío Cushuro. | 20 |
| Tabla 8: El parámetro principal para determinar el tipo óptimo de aerogenerador y la altura del buje es la clasificación del viento según la norma IEC-61400. | 23 |
| Tabla 9: Resumen del sistema Híbrido en el Software Homer pro. | 28 |
| Tabla 10: Análisis óptimo del software Homer pro: renovable fotovoltaico. | 29 |
| Tabla 11: Selección de días de autonomía de las baterías. | 32 |
| Tabla 12: Tensión del sistema fotovoltaico. | 34 |
| Tabla 13: Caídas de la máxima tensión en cada tramo: | 39 |
| Tabla 14: Conductores eléctricos NYY. | 40 |
| Tabla 15: Equipos del sistema fotovoltaico. | 41 |
| Tabla 16: Perfil aerodinámico SD7080. | 42 |
| Tabla 17: Capital inicial de la central híbrida modelada en el homer pro. | 44 |

Índice de gráficos y figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Diagrama del procedimiento del diseño del proyecto | 12 |
| Figura 2: El caserío Cushuro está ubicado en las coordenadas siguientes: latitud: -7.5155157; Longitud : -77.754505. | 15 |
| Figura 3: Punto de ubicación para definir los parámetros de búsqueda de radiación solar de la zona de estudio: latitud: -7.5155157; Longitud : -77.754505..... | 21 |
| Figura 4: Parámetros de búsqueda de radiación solar de la zona de estudio. | 21 |
| Figura 5: Punto de ubicación para definir los parámetros de búsqueda de radiación solar en el portal de Nasa..... | 22 |
| Figura 6: Gráfica del índice de crecimiento la variabilidad de la irradiación anual. | 22 |
| Figura 7: Parámetros de radiación solar obtenidos de la NASA..... | 23 |
| Figura 8: Parámetros de la velocidad promedio anual del viento obtenidos de la NASA..... | 24 |
| Figura 9: Gráfica del índice de crecimiento de la variabilidad de la velocidad del viento mensual. | 24 |
| Figura 10: Parámetros de iniciación del programa Homer pro. | 25 |
| Figura 11: Párametros de carga eléctrica del centro poblado Coshuro, ingresados al Homer pro. | 26 |
| Figura 12:Procesamiento y análisis del sistema fotovoltaico/eólico en el software Homer pro. | 27 |
| Figura 13:Análisis de simulación del caso base del sistema híbrido en Homer pro.. | 27 |
| Figura 14: Análisis de simulación de optimización del sistema renovable en Homer pro al 10% de corte de energía. | 28 |
| Figura 15: Sistema fotovoltaico. | 29 |
| Figura 16: Días de autonomía según Homer pro. | 32 |
| Figura 17: Regulador de Carga..... | 36 |
| Figura 18: Relación de cada hora de la penetración de energía eólica con respecto a los kilowatts producidos..... | 43 |
| Figura 19: Relación de cada hora de la penetración de energía eólica con respecto a los velocidad del caserío Cushuro. | 43 |

Resumen

La presente tesis tiene como finalidad evaluar un sistema híbrido para la generación eléctrica con recurso fotovoltaico/eólico para el centro poblado Cushuro, Huamachuco. En el capítulo I de la presente tesis se explica la importancia que conlleva relizar esta investigación, para luego describir los hechos a nivel internacional, nacional y local sobre la falta de electrificación de las zonas rurales, así mismo detallamos el problema, las causas y consecuencias que existe en el caserío por la falta de acceso a la electrificación, también se establecieron los objetivos general y específicos. En el capítulo II hicimos uso de artículos de revisión de distintos autores referente a la generación eléctrica con recurso fotovoltaico/eólico como antecedentes que demuestran y respaldan que este tipo de proyectos es una alternativa real a la falta de electrificación en las zonas rurales, además se hizo una descripción general sobre la energía eólica y solar y su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica. En el Capítulo III, el marco metodológico; donde se describe el tipo y diseño de la investigación, así como las variables, se identifica la población y la forma de cómo se va a extraerlos y manipularlos hasta obtener los resultados. En el capítulo IV se recopilan los datos técnicos del centro poblado para determinar la demanda energética y cantidad de energías renovables obtenidos de la NASA power y mapas eólicos para diseñar el sistema híbrido, luego se procesa y analiza los recursos eólico y solar en el software Homer pro, posteriormente se dimensiona los sistemas fotovoltaico/eólico, para finalmente realizar el cálculo del costo general del proyecto. En el Capítulo V Por último, se finaliza con las conclusiones a las que se llegó y que guardan relación directa con los objetivos específicos planteados.

Palabras Clave: Híbrido, eólico, fotovoltaico, energía eléctrica, electrificación rural.

Abstract

The purpose of this thesis is to design a hybrid system for electricity generation with photovoltaic/wind resources for the Cushuro town center, Huamachuco.

In chapter I of this thesis, the importance of carrying out this investigation is explained, to later describe the facts at an international, national and local level about the lack of electrification in rural areas, likewise we detail the problem, the causes and consequences that exists in the hamlet due to the lack of access to electrification, the general and specific objectives were also established.

In chapter II we made use of review articles by different authors referring to electricity generation with photovoltaic/wind resources as antecedents that demonstrate and support that this type of project is a real alternative to the lack of electrification in rural areas, in addition to He made a general description of wind and solar energy and its use for the generation of electrical energy.

In Chapter III, the methodological framework; where the type and design of the investigation is described, as well as the variables, the population is identified and the way in which they are going to be extracted and manipulated until the results are obtained. In chapter IV, the technical data of the populated center are collected to determine the energy demand and amount of renewable energy obtained from NASA power and wind maps to design the hybrid system, then the wind and solar resources are processed and analyzed in the Homer pro software. pro, later the photovoltaic/wind systems are dimensioned, to finally calculate the general cost of the project. In Chapter V Finally, it ends with the conclusions that were reached and that are directly related to the specific objectives set.

Keywords: Hybrid, wind, photovoltaic, electric power, rural electrification.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, WALTER MIGUEL CASTRO ANTICONA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de un sistema híbrido para la generación eléctrica con recurso fotovoltaico/eólico para el centro poblado Cushuro, Huamachuco.", cuyos autores son GRADOS RODRIGUEZ ERICKSON CARLOS, MORENO ORIBE OMAR YANIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| WALTER MIGUEL CASTRO ANTICONA DNI: 18173382 ORCID: 0000-0002-8127-4040 | Firmado electrónicamente por: CASTROA el 20-12- 2022 15:48:25 |

Código documento Trilce: TRI - 0475661