



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Diseño del sistema de generación fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al  
caserío Naranjo, Distrito Miracosta, Cajamarca**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Br. Segundo Vicente Bernilla Rufasto (ORCID: 0000-0001-6710-7652)

**ASESOR:**

Msc. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**CHICLAYO - PERÚ**

2020

## **Dedicatoria**

Dedico mi trabajo de tesis a Dios, por brindarme la vida y a mi familia por ser la fuente de inspiración, superación y fortaleza para culminar satisfactoriamente mi carrera profesional universitaria.

**El Autor.**

## **Agradecimiento**

A mi esposa Jesus Mercedes Tapia Frias y a mis adorados hijos, Diego Alexander, Cielo Marina y Fabián Alexander por brindarme su amor incondicional y por ser para mí un motivo especial de superación y esfuerzo.

A mi Padre que en dios en paz descanse y mi Madre, quienes me dieron la vida y la fortaleza para afrontar todos los retos que se presenta en este mundo.

A mis hermanos y hermanas, que siempre me han brindado su apoyo incondicional en momentos más difíciles, siempre los tendré presente.

A todos los docentes de mi formación universitaria en Ingeniería Mecánica Eléctrica, por brindarme sus conocimientos en cada uno de los cursos tomados para la realización de mi perfil profesional.

**Segundo Vicente Bernilla Rufasto**

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
Índice de figuras. ....	x
Índice de Tablas .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN. ....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática.....	1
1.1.1. A nivel internacional.....	1
1.1.2. A nivel nacional.....	2
1.1.3. A Nivel Local.....	2
1.2. Trabajos previos.....	3
1.2.1. A nivel Internacional.....	3
1.2.2. A nivel Nacional.....	3
1.2.3. A nivel local.....	4
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	5
1.3.1. Energía Solar.....	5
1.3.2. Horas de sol pico (H.S.P.).....	6
1.3.3. Sistemas Fotovoltaicos.....	6
1.3.4. Distribución Weibull.....	11
1.3.5. Estudio de factibilidad.....	11
1.3.6. Análisis Costo - Beneficio .....	11
1.4. Formulación del problema.....	11
1.5. Justificación del estudio.....	11
1.5.1. Justificación ambiental.....	11
1.5.2. Justificación económica.....	12
1.5.3. Justificación social.....	12



1.5.4.	Justificación tecnológica.	12
1.6	Hipótesis.	12
1.7.	Objetivos.	12
1.7.1.	Objetivo General.	12
1.7.2.	Objetivos específicos.	12
<b>II.</b>	<b>MÉTODO.</b>	<b>13</b>
2.1.	Diseño de Investigación.	13
2.2.	Variables, Operacionalización.	13
2.3.	Población y Muestra.	15
2.4.	Técnica e Instrumento de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.	15
2.4.1.	Técnica e Instrumento de Recolección de Datos.	15
2.4.2.	Validez y Confiabilidad.	16
2.5.	Métodos de análisis de datos.	16
2.6.	Aspectos éticos.	16
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.</b>	<b>17</b>
3.1.	Estudio de la máxima demanda (M.D).	17
3.1.1.	Especificación del consumo de energía.	18
3.1.2.	Tasa de crecimiento de la población (r%).	18
3.1.3.	Tasa de crecimiento de la energía por abonado doméstico (I%)	18
3.1.4.	Estimación de la demanda inicial.	19
3.1.5.	Alumbrado en vías públicas.	19
3.1.6.	Estimación de los consumos en un periodo de 20 años	20
3.1.7.	Máxima demanda total de la localidad.	22
3.2.	Obtención de la radiación solar mediante análisis de Weibull.	24
3.2.1.	Protocolo de Medición.	24
3.2.2.	Análisis de Medición de radiación solar.	24
3.2.3.	Centro de ubicación de la central solar.	25
3.2.4.	Orientación del Generador Fotovoltaico.	26
3.2.5.	Cálculo de las Horas Solares Pico.	26
3.3.	Dimensionamiento electromecánicos del sistema de generación eléctrica.	26
3.3.1.	Cálculo del Rendimiento global de la instalación (R).	27
3.3.2.	Cálculo de la Energía a distribuir ( $L_{md}$ ).	27

3.3.3.	Potencia del generador fotovoltaico.....	27
3.3.4.	Cálculo de Generador Fotovoltaico ( $N_{mod}$ ).....	27
3.3.5.	Conexión de los paneles solares.....	28
3.3.6.	Cálculo de inclinación de los paneles solares. ....	28
3.3.7.	Separación entre sí de los paneles solares.....	28
3.3.8.	Cálculo del regulador de carga.....	29
3.3.9.	Número de ramas que deben conectarse a cada regulador.....	30
3.3.10.	Cálculo del banco de acumuladores. ....	31
3.3.11.	Cálculo de la potencia del convertidor.....	32
3.3.12.	Cálculo y elección del conductor eléctrico. ....	32
3.4.	Estimación económica y la viabilidad del proyecto.....	36
3.4.1.	Presupuesto general vinculado en el desarrollo del proyecto. ....	39
3.4.2.	Hallar del costo en Kwh que se ha generado. ....	39
3.4.3.	Evaluación Económica a inversión privada. ....	39
3.4.4.	Valoración Económica a precios benéficos por año: .....	42
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN.</b> .....	<b>44</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.</b> .....	<b>46</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.</b> .....	<b>47</b>
	<b>REFERENCIAS.</b> .....	<b>48</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>50</b>
	ANEXO 1.1: Metodología de cálculo.....	50
	ANEXO 2.1: Encuesta realizada a los abonados del caserío Naranjo. ....	61
	ANEXO 3.1: Características y calibración del instrumento utilizado para medir la radiación.....	62
	ANEXO 3.2: Valores Medidos con el Solarímetro. ....	65
	ANEXO 3.3: Análisis de Medición de la radiación solar incidente en el caserío Naranjo. ....	72
	ANEXO 3.4: Reemplazo de valores para obtener el gráfico por la distribución weibull. ....	79
	ANEXO 3.5: Ficha técnica del panel solar a utilizar.....	81
	ANEXO 3.6: Planos utilizados en la instalación del sistema fotovoltaico .....	82
	ANEXO 3.7: Ficha técnica del regulador a utilizar.....	85

ANEXO 3.8: Ficha técnica de la batería a utilizar.....	86
ANEXO 3.9: Ficha técnica del Inversor a utilizar. ....	87
ANEXO 3.10: Ficha técnica del conductor a utilizar. ....	88
ANEXO 3.11: Evaluación social Económica. ....	90
Panel Fotográfico.....	92
Acta de aprobación de originalidad de tesis. ....	94
Reporte de turnitin. ....	95
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	96
Autorización de la versión final del trabajo de investigación. ....	97

## Índice de figuras.

<i>Figura 1.</i> Componentes de la radiación solar.....	5
<i>Figura 2.</i> Irradiancia a lo largo del día.....	6
<i>Figura 3.</i> Esquema de una instalación Aislada.....	7
<i>Figura 4.</i> Esquema de una instalación conectada a red eléctrica.....	7
<i>Figura 5.</i> Elementos de una instalación Fotovoltaica.....	8
<i>Figura 6.</i> Tipos de células fotovoltaicas.....	8
<i>Figura 7.</i> Conexiones apropiadas de paneles solares según su instalación.....	9
<i>Figura 8.</i> Controlador utilizado en una instalación fotovoltaica.....	10
<i>Figura 9.</i> Baterías estacionarias utilizado en una instalación fotovoltaica.....	10
<i>Figura 10.</i> Convertidor utilizado en una instalación fotovoltaica.....	10
<i>Figura 11.</i> Ubicación geográfica de la central fotovoltaica.....	25
<i>Figura 12.</i> Inclinación de los módulos fotovoltaicos.....	28
<i>Figura 13.</i> Separación de módulos fotovoltaicos.....	28
<i>Figura 14.</i> Elección del regulador MPPT, de la marca Victron Energy.....	29
<i>Figura 15.</i> Instrumentos para obtener información relevante del caserío.....	62
<i>Figura 16.</i> Certificado de calibración del instrumento de medición Solarimetro.....	64
<i>Figura 17.</i> Gráfico de resultado de medición de energía del día 1.....	65
<i>Figura 18.</i> Gráfico de resultado de medición de energía del día 2.....	66
<i>Figura 19.</i> Gráfico de resultado de medición de energía del día 3.....	67
<i>Figura 20.</i> Gráfico de resultado de medición de energía del día 4.....	68
<i>Figura 21.</i> Gráfico de resultado de medición de energía del día 5.....	69
<i>Figura 22.</i> Gráfico obtenido al aplicar la distribución Weibull.....	80
<i>Figura 23.</i> Ficha técnica del panel solar a utilizar.....	81
<i>Figura 24.</i> Plano de distribución de paneles solares en la planta fotovoltaica.....	82
<i>Figura 25.</i> Diagrama unifilar de la instalación fotovoltaica.....	83
<i>Figura 26.</i> Distribución de dispositivos utilizados en la instalación fotovoltaica.....	84
<i>Figura 27.</i> Ficha técnica del regulador utilizado en la instalación fotovoltaica.....	85
<i>Figura 28.</i> Ficha del acumulador utilizado en la instalación fotovoltaica.....	86
<i>Figura 29.</i> Ficha técnica del inversor utilizado en la instalación fotovoltaica.....	87
<i>Figura 30.</i> Ficha técnica del conductor eléctrico a utilizar en la planta fotovoltaica.....	89
<i>Figura 31.</i> Estimación de beneficios sociales de la electricidad en áreas rurales.....	91

## Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables</i> .....	14
Tabla 2. <i>Especificación de Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i> . ....	15
Tabla 3. <i>Descripción de los horarios de consumos por abonado doméstico</i> . ....	17
Tabla 4. <i>Cuadro de consumo por abonado Doméstico</i> . ....	18
Tabla 5. <i>Datos considerados en la estimación de la demanda inicial</i> . ....	19
Tabla 6. <i>Determinación de los consumos domésticos totales</i> . ....	21
Tabla 7. <i>Consumos de alumbrado público total</i> .....	22
Tabla 8. <i>Cuadro de Consumos totales y máxima demanda para el caserío</i> . ....	23
Tabla 9. <i>Conductores eléctricos NNY</i> .....	35
Tabla 10. <i>Intensidades y sección del cable en el tramo DC</i> .....	35
Tabla 11. <i>Presupuesto del sistema fotovoltaico en el caserío el Naranjo</i> .....	36
Tabla 12. <i>Presupuesto de la Red Secundaria en el caserío el Naranjo</i> . ....	37
Tabla 13. <i>Presupuesto de la Red Secundaria en el caserío el Naranjo</i> . ....	38
Tabla 14. <i>Presupuesto total de inversión</i> . ....	39
Tabla 15. <i>Flujo de ingreso a precios del mercado</i> . ....	40
Tabla 16. <i>Gastos en la operación</i> . ....	41
Tabla 17. <i>Evaluación económica a precios de mercado</i> . ....	41
Tabla 18. <i>Flujo de ingresos a precios sociales</i> . ....	42
Tabla 19. <i>Costos de operación</i> . ....	42
Tabla 20. <i>Evaluación económica a precios de mercado</i> . ....	43
Tabla 21. <i>Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/ m<sup>2</sup></i> . ....	65
Tabla 22. <i>Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/ m<sup>2</sup></i> . ....	66
Tabla 23. <i>Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/ m<sup>2</sup></i> . ....	67
Tabla 24. <i>Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/ m<sup>2</sup></i> . ....	68
Tabla 25. <i>Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/ m<sup>2</sup></i> . ....	69
Tabla 26. <i>Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/ m<sup>2</sup></i> . ....	70
Tabla 27. <i>Valor de Medición de Energía de radiación solar: Kilowatt - h/ m<sup>2</sup></i> . ....	71
Tabla 28. <i>Análisis mediante distribución Weibull</i> .....	72
Tabla 29. <i>Tabulación de datos para hallar grafico requerido por distribución Weibull</i> . ..	79

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación denominada “**Diseño de un Sistema de Generación Fotovoltaico para suministrar Energía eléctrica al caserío Naranjo, distrito Miracosta, Cajamarca**”, se realiza asumiendo la necesidad de la población beneficiaria, que a su vez cuenta con 24 abonados domésticos.

Para realizar correctamente el estudio se tomaron datos de los habitantes con el fin de conocer la demanda de energía eléctrica así mismo esta demanda de energía cumple con lo establecido por el ministerio de energía y minas, a su vez también se obtuvieron datos de radiación solar, utilizando un instrumento de medición denominado solarímetro luego se realizó los cálculos del dimensionamiento del sistema fotovoltaico como paneles solares, controladores, acumuladores, inversor y conductores eléctricos, seleccionando bajo un criterio de ingeniería, todos los equipos dimensionados detallamos sus parámetros y características de funcionamiento óptimo considerando sus tolerancias, márgenes de seguridad, coeficientes de pérdidas, para la distribución de la energía, así mismo se diseñó una red secundaria monofásica de baja tensión teniendo en cuenta las normas nacionales de electrificación rural y finalmente analizamos los resultados obtenidos desde el levantamiento de información hasta la evaluación de factibilidad mediante la evaluación económica usando herramientas financieras como el VANS, TIRS y la relación costo-beneficio.

### **Palabras clave:**

Radiación solar, Panel fotovoltaico, Algoritmos MPPT, Regulador, Inversor monofásico.


## **ABSTRACT**

In this research project called "Design of a Photovoltaic Generation System to supply electricity to the Naranjo farm, Miracosta district, Cajamarca", it is carried out assuming the need of the beneficiary population, which in turn has 24 domestic subscribers. In order to carry out the study correctly, data were taken from the inhabitants in order to know the demand for electric energy, and this energy demand complies with the provisions of the Ministry of Energy and Mines, in turn, solar radiation data was also obtained. using a measurement instrument called solarimetry then the calculation of the photovoltaic system was done, such as solar panels, controllers, accumulators, inverters and electrical conductors, selecting under engineering criteria, all the dimensioned equipment we detail their parameters and optimum performance characteristics considering its tolerances, safety margins, loss coefficients, for the distribution of energy, likewise a monophasic low voltage secondary network was designed taking into account the national rural electrification norms and finally we analyze the results obtained from the survey of training up to the feasibility evaluation through economic evaluation using financial tools such as VANS, TIRS and the cost-benefit ratio

### **Keywords:**

Solar radiation, photovoltaic panel, MPPT algorithms, regulator, single phase inverter.

## Acta de aprobación de originalidad de tesis.

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : <b>FO6-PP-FR-02.02</b> Versión : <b>09</b> Fecha : <b>23-03-2018</b> Página : <b>1 de 1</b>
---	--	---

|

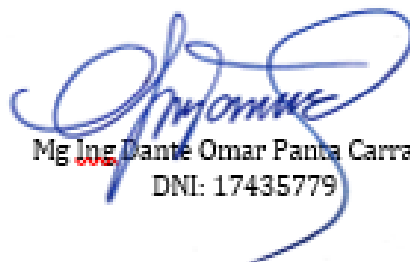
Yo, **Ing. Dante Omar Panta Carranza**, docente de la Facultad **DE INGENIERÍA** y Escuela Profesional **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

**"DISEÑO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA  
SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO NARANJO, DISTRITO  
MIRACOSTA, CAJAMARCA."**

Del estudiante **BERNILLA RUFASTO SEGUNDO VICENTE**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **17%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Chiclayo, 26 de junio 2020



Mg Ing Dante Omar Panta Carranza  
DNI: 17435779

Baboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerectorado de Investigación
--------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	--------------------------------