



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Dimensionamiento de una central fotovoltaica aislada para
suministro de energía eléctrica en la zona rural de
Yunchaco-Cajamarca.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Chuquisapon Salas, Omar Leonel (orcid.org/0000-0002-5768-6969)

Dioses Rivas, Tomy (orcid.org/0000-0003-3897-134X)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Omar, Chuquisapón:

Se la dedico al forjador de mi camino, a mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo al creador, profundo agradecimiento a mis padres que estuvieron conmigo en el proceso y de las personas que más amo, con mi más sincero amor.

Tomy, Dioses:

Este trabajo está dedicado para aquellos que perseveran, a aquellos que buscan incansablemente el conocimiento y aquellos que nunca dejan de creer en sus sueños. Con profundo agradecimiento y cariño, dedico este trabajo a Dios y a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable ha sido fundamental para alcanzar este logro. A mis padres, Julio Antonio y Juana Isabel, quienes han sido mi faro de fuerza, dedicación y honestidad. A mis hermanos, cuyo apoyo incansable ha sido mi motor para seguir adelante ante los desafíos. A mi novia, Catherine, por ser mi inspiración y por brindarme constante aliento para perseguir mis metas y sueños. Sin ustedes, mi esfuerzo carecería de significado. Son mi razón de ser y mi motivación para enfrentar con valentía todo lo que la vida traiga. ¡Gracias por ser mi fuente de amor y fortaleza inquebrantable!

Agradecimiento

Nuestro agradecimiento es para todas las personas que confiaron en nuestras capacidades y fomentaron nuestro desarrollo, especialmente a nuestro asesor ingeniero Jorge Luján quien con su sabiduría nos encaminó a tener éxito en nuestro trabajo. Así como para los pobladores del pueblo de Yunchaco quienes fueron partícipes de esta investigación brindándonos la oportunidad de conocer más acerca de esta pequeña pero acogedora zona rural; así como de las personas que participaron de la encuesta para poder determinar la demanda necesaria bajo la cual enfocar nuestra investigación.

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, 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: "Dimensionamiento de una central fotovoltaica aislada para suministro de energía eléctrica en la zona rural de Yunchaco-Cajamarca.", cuyos autores son DIOSES RIVAS TOMY, CHUQUISAPON SALAS OMAR LEONEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, 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, 08 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 08-12- 2023 07:02:42

Código documento Trilce: TRI - 0688504



Declaratoria de originalidad de los autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CHUQUISAPON SALAS OMAR LEONEL, DIOSES RIVAS TOMY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Dimensionamiento de una central fotovoltaica aislada para suministro de energía eléctrica en la zona rural de Yunchaco-Cajamarca.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
DIOSES RIVAS TOMY DNI: 45947062 ORCID: 0000-0003-3897-134X	Firmado electrónicamente por: DDIOSESRI el 10-12- 2023 19:17:57
CHUQUISAPON SALAS OMAR LEONEL DNI: 40688994 ORCID: 0000-0002-5768-8989	Firmado electrónicamente por: OLCHUQUISAPON el 10-12-2023 19:27:12

Código documento Trilce: INV - 1438658

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	iv
Declaratoria de originalidad de los autores.....	v
Índice de contenidos.....	v
Índice de tablas.....	ii
Índice de gráficos y figuras	ii
Resumen	ii
Abstract	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN	78
VI. CONCLUSIONES.....	82
VII. RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS	84
ANEXOS	91

Índice de tablas

Tabla 1. Registro de temperatura de enero a diciembre-Cutervo	19
Tabla 2. Porcentaje de nubosidad de enero a diciembre-Cutervo	21
Tabla 3. Horas de luz natural de enero a diciembre-Cutervo	22
Tabla 4. Ángulos de inclinación para radiación	23
Tabla 5. Irradiación solar promedio: noviembre- octubre	24
Tabla 6. Irradiación solar promedio-junio	26
Tabla 7. Ángulos de inclinación para radiación	29
Tabla 8. Ángulos promedios de inclinación para radiación – mes de noviembre	30
Tabla 9. Horas pico - por mes/año – Seguidor Solar	31
Tabla 10. Ángulos de inclinación para radiación	31
Tabla 11. Horas pico - por mes/año – Panel solar Fijo	32
Tabla 12. Ángulos de inclinación para radiación	32
Tabla 13. Informe del Centro Poblado de Yunchaco.....	33
Tabla 14. Aumento poblacional del centro poblado Yunchaco	35
Tabla 15. Gráfico poblacional del centro poblado Yunchaco	36
Tabla 16. Consumo de energía de los artefactos.....	37
Tabla 17. Factor de simultaneidad	38
Tabla 18. Tabla comparativa de energía requerida proyección 10 años.....	39
Tabla 19. Valores de las constantes para rendimiento global de instalación	40
Tabla 20. Cuadro de resumen de irradiancia, temperaturas y días nublados – Panel con Seguimiento solar	42
Tabla 21. Cálculo de Hora Solar Pico (HSP)	42
Tabla 22. Datos iniciales para calcular Paneles Solares – Panel con seguidor Solar	43
Tabla 23. Datos de ficha técnica de los paneles fotovoltaicos	44
Tabla 24. Datos de temperatura para panel fotovoltaico	45
Tabla 25. Cálculo de la capacidad de la batería	46
Tabla 26. Dimensionamiento de la batería	47
Tabla 27. Dimensionamiento del regulador	48
Tabla 28. Valoraciones para la elección del regulador.....	49
Tabla 29. Criterio de evaluación para el regulador.	49
Tabla 30. Análisis de factores para la elección del regulador.....	50
Tabla 31. Dimensionamiento del inversor	51
Tabla 32. Valoraciones para la elección del inversor.....	51
Tabla 33. Criterios de evaluación para el inversor.....	52
Tabla 34. Análisis de factores para la elección del inversor.	52
Tabla 35. Tabla de conductores eléctricos NYN TRIPLE.....	60
Tabla 36. Tabla de conductores eléctricos NYN TRIPLE.....	60
Tabla 37. Elección de protecciones sobre tensiones	62
Tabla 38. Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados – red primaria	63
Tabla 39. Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados – red secundaria.....	64
Tabla 40. Distancias mínimas del conductor a la superficie del terreno	65
Tabla 41. Hipótesis para usar la ecuación de cambio de estado	65
Tabla 42. Resultados de la ecuación de cambio de estado	67
Tabla 43. Tabla de costos de los componentes para la instalación	69
Tabla 44. Costos de materiales complementarios para la instalación	70
Tabla 45. Tabla de inversión intangible.....	71
Tabla 46. Costos directos, fijos y variables	72
Tabla 47. Tabla con descripción general de los ingresos y egresos	73
Tabla 48. Tabla para determinar el VAN.....	75

Tabla 49. Tabla para determinar el TIR..... 77

Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 1. Procedimiento del diseño de generación fotovoltaica propuesto</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de Yunchaco</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de Yunchaco</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4. Temperatura máxima y mínima promedio en Cutervo</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5. Temperatura promedio por hora en Cutervo</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6. Nubosidad en Cutervo</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7. Horas de luz natural y crepúsculo en Cutervo</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8. Ángulo óptimo de inclinación para radiación</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9. Comparación entre panel solar fijo vs seguidor solar – irradiancia directa- mes de octubre y noviembre</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10. Comparación entre panel solar fijo vs seguidor solar – irradiancia directa- mes de junio</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11. Comparación entre panel solar fijo vs seguidor solar – irradiancia difusa- mes de junio</i>	<i>28</i>
<i>Figura 12. Irradiancia diaria vs tiempo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13. Cuadro estadístico de las respuestas obtenidas de la encuesta realizada a 164 viviendas</i>	<i>34</i>
<i>Figura 14. Diseño de paneles solares fotovoltaicos.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 15. Estructura de soporte para el sistema fotovoltaico con seguimiento solar</i>	<i>53</i>
<i>Figura 16. Sistema de movimiento del seguidor solar de dos ejes</i>	<i>54</i>
<i>Figura 17. Diagrama de flujo de funcionamiento de movimiento de panel con seguidor solar</i>	<i>54</i>
<i>Figura 18. Separación de módulos fotovoltaicos.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 19. Diagrama de estructura de conexiones de motor a celdas solares</i>	<i>56</i>
<i>Figura 20. Conexiones de baterías.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 21. Conexión de los paneles solares.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 22. Diagrama de conexiones de esta tarjeta de adquisición de datos</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23. Programación con el lenguaje de Arduino.....</i>	<i>59</i>

Resumen

El enfoque de la investigación es dimensionar una central fotovoltaica para abastecer electricidad en áreas rurales mediante una metodología de investigación aplicada y no experimental. Después de examinar la irradiación solar en Yunchaco, se determinaron los niveles promedio, ayudando a seleccionar paneles y tamaños óptimos para aprovechar la irradiación en momentos propicios, en cuanto al análisis de la necesidad de máxima demanda de energía eléctrica se determinó que esta demanda se encuentra en 208803,28 Wh/día. Las instalaciones fotovoltaicas fijas capturan un porcentaje menor de la radiación solar anual, a pesar de considerar la inclinación. Asimismo, los seguidores solares aumentan la eficiencia mediante una programación de Arduino para los movimientos libres y generación de energía de acuerdo a los ángulos, pero requieren inversión y consumo más altos. Es una oportunidad de mejorar la calidad y estilo de vida en el uso de energía limpia en lugares poblados con limitación al acceso de energía. Por último, Con una inversión de S/. 1 807 151,39 y una tasa de descuento del 2%, el proyecto generó un VAN de S/.171 734,17, obteniendo un TIR del 6% en 30 años, mayor al periodo inicialmente proyectado de 10 años, determinando la rentabilidad del proyecto.

Palabras clave: Máxima Demanda, suministro, energía eléctrica, central fotovoltaica, zona rural.

Abstract

The research approach focuses on sizing a photovoltaic power station to supply electricity in rural areas through an applied, non-experimental research methodology. After examining solar irradiation in Yunchaco, average levels were determined to assist in selecting optimal panels and sizes to harness irradiation during favorable moments. Regarding the analysis of the maximum demand for electrical energy, it was determined that this demand is at 208,803.28 Wh/day. Fixed photovoltaic installations capture a lower percentage of annual solar radiation, despite considering inclination. Likewise, solar trackers increase efficiency through Arduino programming for free movements and energy generation according to angles but require higher investment and consumption. It is an opportunity to improve the quality and lifestyle in the use of clean energy in underserved areas with limited access to power. Finally, with an investment of S/ 1,807,151.39 and a discount rate of 2%, the project generated a VAN of S/ 171,734.17, achieving an TIR of 6% over 30 years, surpassing the initially projected 10-year period, determining the project's profitability.

KeyWords: Peak Demand, supply, electric power, photovoltaic power plant, rural area.

I. INTRODUCCIÓN

Sin duda, son las repercusiones del cambio climático las que han impulsado a los gobiernos de todo el mundo a modificar la forma de producir energía, pasar de fuentes contaminantes como la hulla y el hidrocarburo a energías limpias fundamentadas en energía alternativa como la eólica, la solar y fotovoltaica. (Pachas, Arancibia y Cabrera, 2022).

En la actualidad existe un interés significativo en comprender la variabilidad del recurso solar mediante un diseño de instalaciones solares fotovoltaicas, debido al aumento de demanda de energía y nuevas tecnologías que beneficie a una población en crecimiento. Por el cual la preocupación mundial por el incremento de la población ha generado diseñar fuentes de energía renovable, sostenible y confiable que logre suplir las necesidades de los habitantes (Sene et al., 2023).

Por ello, es importante considerar todos los aspectos técnicos relevantes que respalde con datos concretos y fundamentos realistas que permita alcanzar conclusiones prácticas. Debido a que una evaluación de suministro autónomo y confiable de energía eléctrica es esencial en una vivienda unifamiliar e independiente (Cepin, 2023).

Es así como, numerosas investigaciones científicas lograron optimizar e implementar la tecnología que capta del sol. Pues estos avances lograron captar la radiación solar como una estrategia científica, donde la luz del sol incide perpendicularmente en las células de los paneles fotovoltaicos. En tal sentido, el "Seguimiento Solar" como se conoce logra que los paneles solares persigan al sol durante el día, ajustando el ángulo constantemente para mantenerlos alineados y de manera óptima con la posición del sol (Baouche et al.,2022).

De este modo, en el desempeño de los paneles fotovoltaicos (PV) según la literatura nos indica que un panel solar estático puede aumentar la eficiencia eléctrica en un rango del 25 al 35%, y que la implementación de un seguidor solar de dos ejes puede incrementar hasta un 45% de eficiencia (Gol y Scasny, 2023).

Así mismo, para abarcar una geografía de un amplio rango se recurre a los seguidores de doble eje siendo el más adecuado por su flexibilidad. Además, en áreas con veranos extensos suele emplearse seguidores de eje vertical, mientras en

regiones tropicales se usa el eje horizontal por su alta trayectoria solar. Por lo tanto, se recomienda un seguidor solar de doble eje para obtener la máxima energía, el cual está compuesto por tres elementos: la entrada del LDR, un controlador Arduino que integra un microcontrolador automático y asequible de la plataforma Arduino siendo un sistema novedoso en el seguimiento solar compacto, y un servomotor controlado por una unidad Arduino Mega. Pues este sistema tiene la misión de reorientar el panel solar en función de la ubicación del sol, usando la resistencia dependiente de la luz (LDR) y servomotores (Awad, Jbaar y Abdullah, 2020).

Esta investigación se llevará a cabo en el centro poblado de Yunchaco, distrito de Cujillo, provincia de Cutervo, en la región de Cajamarca, con una altitud de 1826 m s. n. m, con un total de 384 pobladores y con 164 viviendas particulares. Así mismo, el poblado cuenta con los servicios de suministro de energía de la concesionaria Electro Norte S.A. Sin embargo, debido a que el poblado está aislado y alejado de la conexión principal de energía se producen pérdidas de electricidad debido a la caída de voltaje, lo que hace que el suministro de energía para los residentes sea inestable.

De esta manera se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál es el dimensionamiento de una central fotovoltaica aislada para suministro de energía eléctrica en la zona rural de Yunchaco- Cajamarca? Y las preguntas específicas siguientes: ¿Cuál es el potencial de irradiación solar de la zona?, ¿Cuál es la demanda de energía eléctrica de la zona?, ¿Cuál es la configuración de un sistema de una central fotovoltaica en Yunchaco?, y ¿Cuál es el costo-beneficio de implementar el sistema propuesto?

En el presente trabajo se justifica a nivel teórico, puesto que tendrá relevancia en las investigaciones literarias para su desarrollo, y que cuyos datos corroborarán con la teoría planteada. De forma tecnológica la electrónica aprovechara al máximo la eficiencia recursos renovables. A nivel medio ambiental las maquinas utilizadas serán ecológicas ya que se utilizarán recursos naturales generando energía limpia y segura. A nivel social permitirá el suministro de energía eléctrica a los residentes descentralizados y esto les permitirá elevar su calidad de vida. Desde una perspectiva económica mejora con un bajo costo de desarrollo y por ello se convierte en una idea viable y sustentable con el tiempo; adecuando el funcionamiento a las necesidades de

la zona.

Objetivo general: Dimensionar una central fotovoltaica aislada para suministro de energía eléctrica en la zona rural de Yunchaco-Cajamarca. Dentro de los objetivos específicos se tuvieron: primero, evaluar el potencial de irradiación solar de la zona, segundo determinar la demanda de energía eléctrica de la zona, luego modelar el sistema de una central fotovoltaica en Yunchaco y finalmente determinar costo y beneficio del sistema

II. MARCO TEÓRICO

Las investigaciones que anteceden a este informe se tienen a continuación.

Según la perspectiva de Peña C. y Acuña R (2022), se expone un plan de modelo de un sistema de energía solar fotovoltaica con el propósito principal de proporcionar electricidad en villa Juan Velasco Alvarado en Chirino- Cajamarca. Para registrar información sobre la emisión solar, se empleó la aplicación de la NASA, eligiendo febrero como el mes más difícil con una emisión de 3,71Kwh/m². Además, se realizó un cálculo de la demanda proyectada a 20 años para 17 viviendas y 03 puntos de iluminación, con lo que condujo a la selección de 24 paneles solares de 340W, 20 baterías de 260 Ah, 02 controladores de 80 A., 02 inversores de 4kW y cables de hasta 70 mm². También se llevó a cabo el diseño de la red secundaria para la distribución de la energía eléctrica en toda la localidad. En última instancia, se estableció un presupuesto total de proyecto de S/.154,210.08. La evaluación económica se realizó empleando un análisis de flujo de caja, y aplicando una tasa de descuento del 10%, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) negativo de S/-84,850.076 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 1%. En conclusión, el proyecto no es factible a nivel económico, pero su implementación contribuirá al medio ambiente al reducir las emisiones de 2,150 toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂) por año.

A juicio de Reyes M. y Salvador I. (2021), propone realizar un análisis técnico-económico comparativo entre paneles solares estáticos y paneles con sistema de seguimiento de dos ejes en la ciudad de Manta – Ecuador. Dicha ciudad se encuentra en la costa de Ecuador, caracterizada por altos niveles de radiación debido a su clima tropical seco. Después de diseñar el seguidor solar y colocar un panel solar fijo estáticamente, se llevó a cabo un análisis operativo y comparativo del rendimiento entre ambos sistemas. En consecuencia, indicaron que el panel con sistema de seguimiento es más eficiente que el panel fijo, ya que se observaron deficiencias significativas en la corriente, tensión y temperatura generadas por cada sistema. Estos datos fueron obtenidos a través de sensores instalados en ambos paneles y recolectados durante un periodo determinado bajo condiciones similares.

Como plantea Pachas D., Arancibia A. y Cabrera A. (2022), proponen el desarrollo y de un modelo inicial de un sistema de rastreo solar bidimensional en Lima, Perú. Este sistema se basa en la automatización a través del uso del software de programación Arduino IDE y dispositivos fotosensibles utilizados para orientar el panel solar y optimizar la absorción de energía solar. Los resultados de la prueba experimental indican que se logró la mayor generación de energía utilizando un sensor ACS712, el cual registro mediciones de mayor radiación solar entre las 10:00a.m y las 5:00 p.m. Además, se observó entre las 11:45 a.m. y la 1:00 p.m., la corriente oscila entre 0,60A y 0,62A, alcanzando un rendimiento optimo. En contraste, el sistema de posición fija obtuvo una corriente de 0,60A a las 10:45 a.m. y se obtuvo valores constantes entre 0,60A y 0,62A hasta las 1:45 p.m. la potencia promedio del panel en posición fija fue de 5,37W durante 7 horas, mientras que con la implementación del sistema de seguimiento solar se logró alcanzar 6,1W, representando un aumento del 13,67%.

De acuerdo con Martínez E. (2020), se destaca el diseño y el desarrollo de un modelo inicial de rastreador solar fotovoltaico equipado con un sistema mecatrónico independiente - Colombia. Se describe detalladamente el proceso de construcción de este prototipo, el cual supera a los sistemas convencionales de paneles solares fijos. El prototipo utiliza una placa de microcontrolador programable que gestiona los movimientos en los dos grados de libertad del seguidor. El método utilizado determina el ángulo formado por la luz incidente sobre el módulo solar y su superficie perpendicular al sensor fotorresistente LDR. En consecuencia, se evidencia que el seguidor proporciono una potencia promedio más alta en comparación con un seguidor solar estático durante el periodo de tiempo establecido. Además, se destaca que el nivel de luminosidad promedio fue similar durante los dos días de prueba.

Según el análisis de Cayotopa J. (2022), se ha evaluado el cálculo de un sistema fotovoltaico independiente con la intención de llevar la electricidad al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba, provincia de Bongará, Amazonas. La finalidad principal es determinar las especificaciones necesarias para la aplicación de un

sistema fotovoltaico aislado que permita la electrificación del caserío, ya que este carece de acceso a la red eléctrica convencional, lo que afecta significativamente la calidad de vida en sus hogares. Por lo tanto, se recurrió a los principios de la ingeniería y se emplearon técnicas de investigación como la observación, entrevistas y análisis de documentos para desarrollar un plan de dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Se usaron para este proyecto 20 paneles solares de 320 Wp de la marca YINGLI SOLAR, 16 baterías de acumuladores de 260Ah de la marca RITAR, 02 reguladores de carga de 150/70 de la marca VICTRON ENERGY, 02 inversores de 48/3000-230V de la marca VICTRON ENERGY, además de componentes de protección necesarios. Se concluyó la planificación de una red de distribución secundaria que transportara la electricidad generada por el sistema fotovoltaico a cada una de las viviendas. Como consecuencia de estos cálculos, se estimó una demanda promedio diaria proyectada de energía de 13,511 kWh/día, que constará de 33 viviendas previstas y un local comunal. El costo total del sistema fotovoltaico aislado se estima en S/.206,019.36.

Desde la posición de Sacón M. y Vera C. (2023), se presenta un sistema de generación de energía eléctrica aislado a partir de energía solar para abastecer a una vivienda en la comunidad rural de Mocochoal, ubicada en Calceta, Ecuador. El propósito fue analizar como las condiciones del emplazamiento y las características de la zona afectan la eficacia de este sistema fotovoltaico aislado en la provisión de energía para una vivienda. Para ello, se llevaron a cabo actividades como el análisis de datos climáticos proporcionados por la EMRSPAM MFL y la creación de mapas de radiación solar. Además, se realizó un análisis de datos sociodemográficos en el área de estudio mediante una encuesta, se efectuaron los cálculos requeridos para la elaboración del sistema de energía solar fotovoltaica destinado a la vivienda seleccionada y se eligió el panel solar a implementar en función de una revisión bibliográfica. En consecuencia, señala que la región presenta un nivel de radiación solar elevado ($4927 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$; con temperatura mínimas de 22.43°C y máximas de 31.62°C , junto con una radiación solar diaria de 115.98HSP). se determinó que, para un consumo promedio de energía de $0.187\text{kWh}/\text{día}$, se requiere un panel solar policristalino de 50W. La eficiencia del panel alcanza un valor de 7.87%, en contraste con el 14.1% especificado por el fabricante. En última instancia, se concluye que el sistema fotovoltaico aislado logró

un 55.65% de la eficiencia proyectada, lo que respalda la viabilidad de la propuesta.

Awad, Jbaar y Abdullah (2020), en su investigación propusieron desarrollar un nuevo sistema de seguimiento solar más compacto para suministrar energía eléctrica en Irak (África). Se fundamentan en el empleo de una plataforma Arduino con un microcontrolador automático de bajo coste, además, para adaptar la orientación del panel solar se usó un servomotor controlado por una Unidad Arduino Mega con resistencias dependientes de la luz (LDR), y servomotores en este procedimiento. Con lo siguiente, crearon un prototipo de doble eje para maximizar el acopio de energía solar, cuyos resultados experimentales demostraron un rendimiento de un 25 % superior al de un panel solar estático bajo la misma naturaleza.

Con base en Rúa-Ramírez et al. (2021), propone en su trabajo el desarrollo de un banco de pruebas didáctico para el aprendizaje y la medición de los rendimientos en los paneles solares fotovoltaicos - Colombia, crear bancos diseñados para evaluar mediante análisis de laboratorio, entre los que se encuentra la identificación y evaluación en la curva de funcionamiento del panel en base a la radiación solar obtenida, luego la medición de la tensión y la corriente de salida en el sistema revisando las conexiones que se encuentran tanto en serie como en paralelo, luego revisar conexiones en DC y AC, etc. El método de investigación para la medición de voltaje es usar un multímetro en el circuito paralelo, y la medición de corriente usa una conexión en serie. Dentro de los principales resultados estos análisis se tienen: la identificación de los cambios significativos en la eficiencia del panel solar según la posición en la que se encuentra sol, la identificación de la temperatura y su incidencia o nivel de afectación al rendimiento en el panel e identificar condiciones especiales para los paneles solares. El panel produce la potencia especificada por el fabricante.

Desde la posición de Gol y Scasny (2023), se identifica evaluar la factibilidad económica de implantar un sistema automático de seguimiento solar de un eje para un parque fotovoltaico de gran envergadura en el distrito de Nicosia, en Chipre – República Checa. La proposición implica un diagnóstico tecno-económico que recurre a diferentes softwares de simulación (SolarGIS, PVSyst y PVGIS) para configurar el sistema fotovoltaico. La evaluación financiera considera la producción simulada de energía solar, la tarifa eléctrica y el costo del proyecto. En consecuencia, sugieren que

el seguimiento solar de un eje puede generar entre un 20% y un 30% más de energía que una estructura fija. Ambas opciones se consideran viables desde el punto de vista económico, pero el seguimiento de un eje muestra una mejor rentabilidad financiera. Por último, a pesar de una inversión inicial más alta, el sistema de seguimiento solar tiene una tasa interna de retorno un 12% mayor y un periodo de recuperación de préstamo un 9% más corto en comparación con una estructura fija de la misma capacidad instalada.

A continuación, se presentan las teorías realizadas por la primera variable: Dimensionamiento de una central fotovoltaica aislada.

Definiciones: Hammoudi et al. (2022), la energía fotovoltaica (PV) es la conversión pura de la radiación solar en electricidad por medio de células solares; orientado en el principio físico de la fotoelectricidad.

El-Khozondar y El-Batta (2022), la energía fotovoltaica, PV, será un componente esencial de un sistema de energía solar. La energía fotovoltaica recopila la radiación solar para producir electricidad limpia, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de las fuentes de energía convencionales no renovables.

Importancia: Según Flores et al. (2018), los combustibles fósiles son los que contaminan el medio ambiente, el sistema fotovoltaico es una fuente de energía infinita que reduce la dependencia del petróleo y otros combustibles fósiles y tiene unos costes de mantenimiento mínimos.

Objetivo: Ramiro et al. (2018), es elaborar un seguidor solar conformado por dos ejes, el cual pueda ser adaptado a paneles fotovoltaicos. Con lo que se garantiza que los paneles aumenten su producción entre un 20% y un 30%, según el mes y la hora del día.

Tipos: Según Saltos y Navas (2022), se subdividen en dos tipos:

Energía solar térmica: es empleada para calentar agua, en el presente, se usa para generar electricidad mediante la producción de vapor.

Energía solar fotovoltaica: se refiere a la conversión de energía solar en electricidad, la cual se emplea para proveer de energía eléctrica a áreas donde este servicio no está disponible.

A continuación, se describen las dimensiones de diseño de generación fotovoltaica

Demanda de energía eléctrica: Niño et al. (2021), este primer paso es crucial para cualquier análisis operacional o estudio de planificación.

Capacidad de energía solar generada: Según Quiles et al. (2020), es necesario determinar la potencia nominal de los paneles fotovoltaicos y la capacidad de almacenamiento de la batería. El nivel de irradiación depende de las condiciones climáticas, variando ampliamente entre días soleados y nublados, a corto plazo (hora a hora) y a largo plazo (variaciones estacionales)

Dimensionamiento y selección de equipos: De acuerdo con Quiles et al. (2020), para garantizar cierto nivel de confianza, se previene la interrupción inaceptable del suministro (causada por un sistema insuficiente) y se evitan gastos innecesarios (derivados de un sistema excesivamente grande).

Se presentan las teorías para la primera variable: suministro de energía eléctrica.

Definiciones: Niño et al. (2021), es el aprovechamiento óptimo que se le da a la energía en varias y cada una de las cadenas energéticas.

A juicio de Barragán (2020), la energía de tipo eléctrica es la energía que la mayor parte de los máquinas y equipos emplean para su funcionamiento. La expansión de la población ha provocado un aumento en el consumo de energía.

Importancia: Según Chucuya (2021), el suministro de energía de tipo eléctrica es un servicio primordial para las familias que la utilizan en todas sus actividades, y es que la energía es imprescindible y con infinidad de usos.

Objetivo: Como señala Chucuya (2021), el objetivo es implementar la eficiencia energética en las familias aumentando la difusión de dispositivos innovadores de ahorro de energía, asistencia y educación.

Tipos: Según Barragán (2020), entre las principales son:

Energías de tipo renovables: La energía hidráulica se fundamenta en utilizar la fuerza generada por el agua al caer desde una altitud determinada; Energía solar: proviene de la radiación solar incide en el planeta; Energía eólica: se deriva del viento, o del aire en movimiento; La definición de energía geotérmica es la energía o calor inherente a la tierra; Energía mareomotriz: este tipo de energía se deriva de la fluctuación periódica del nivel de la mar causada por la atracción gravitatoria de la luna y el sol (mareas); Energía de la biomasa: la biomasa es un conjunto de productos energéticos

renovables y materias primas derivadas de la materia orgánica generada biológicamente.

Energías no renovables: Energía procedente de comburentes fósiles: Como en el caso del petróleo, carbón o gas natural, Energías procedente de combustibles nucleares: el uranio es el combustible nuclear más usual.

A continuación, se describen las dimensiones de suministro de energía eléctrica.

Demanda máxima de energía eléctrica: Con base en Quiles et al. (2020), la demanda residencial es muy variable entre diferentes usuarios y diferentes días. La carga residencial tiene un carácter variable en el tiempo y cambia según la hora del día, el día de la semana y la estación del año.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación desarrollada fue de tipo aplicada, porque analizó la evaluación y aplicación de conocimientos acerca de generación fotovoltaica con lo que se llevó a dotar la solución al problema de ausencia de energía eléctrica en la zona rural. Según Gonzales et al. (2021), la investigación aplicada es un estudio que busca ejecutar el conocimiento para solucionar un problema determinado y se basa en la investigación básica.

Diseño de investigación

La investigación a efectuar tuvo un diseño no experimental, porque no existió ningún tipo de alteración de las variables por parte de los tesisistas y se hizo el modelamiento o diseño del trabajo a nivel descriptivo (Gonzales et al., 2021).

Enfoque de investigación

Se diseñó este estudio basado en un enfoque cuantitativo en el cual se recolectó y analizó los datos numéricos para el dimensionamiento de la central fotovoltaica para generación eléctrica. Debido que existe los fundamentos susceptibles de cuantificación que contribuye a definir la cantidad de energía consumida. (Campos,2021).

Por lo tanto, se puntualizó las características de la población estudiada y los resultados hallados mediante la observación como un método descriptivo (Guevara et al., 2020).

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Dimensionamiento de una central de generación fotovoltaica

Definición conceptual: Define la provisión de energía a un sistema eléctrico externo aprovechando la radiación solar que llega a un dispositivo conocido como celdas y paneles fotovoltaicos. Este proceso se basa en el fenómeno denominado efecto fotovoltaico, el cual se origina a partir de un proceso específico en las células fotovoltaicas con el fin de generar electricidad. (Arévalo et al.,2019).

Definición operacional: Se recolecta y utiliza la energía solar al convertirla mediante

paneles solares, la cual luego se regula antes de ser almacenada en baterías para su conservación (Saavedra y Vásquez, 2022), (Marcelo,2019). Generación de energía eléctrica por la radiación solar. (Arévalo et al.,2019)

Variable 2: Suministro de energía eléctrica

Definición conceptual: Según el Código Nacional de Electricidad, se entiende como suministro eléctrico al conjunto de instalaciones destinadas a transportar la energía eléctrica de manera segura hasta su destino final (CNE, 2006).

Definición operacional: El suministro eléctrico incluye un conjunto de componentes diseñados para distribuir la energía eléctrica, con el propósito de conducir la corriente eléctrica a través de conductores hacia las cargas que demanden dicha energía (Saavedra y Vásquez, 2022).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La población de este estudio estuvo compuesta por todos 22 centros poblados del distrito de Cujillo, región Cajamarca. Y es que según Nicieza (2022) y Fernández (2021), la población se describe como la totalidad de las unidades de estudio que comparten rasgos similares o se adecuan a la investigación que se llevara a cabo.

- **Criterios de inclusión:** Se consideró como criterio de inclusión trabajar con el centro poblado de Yunchaco del distrito de Cujillo - Cajamarca ajustado a la necesidad de los pobladores con mayor demanda de energía eléctrica.
- **Criterios de exclusión:** Se eximieron de la investigación a los pueblos vecinos de Yunchaco del distrito de Cujillo - Cajamarca.

Muestra: Como muestra se tuvo el centro poblado de Yunchaco.

Muestreo: El muestreo utilizado en esta investigación fue no probabilístico, por conveniencia debido que los participantes con ventaja de disponibilidad aceptaron ser incluidas en el estudio, siendo un grupo organizado y elegido (Otzen y Manterola, 2017).

Unidad de análisis: La unidad de análisis fue un centro poblado de la región de Cajamarca (Yunchaco).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas fueron el componente abstracto de la recogida de datos, y también el método por el que el investigador obtuvo los datos y, en consecuencia, se determinó qué instrumento utilizar Nicieza (2022) y Fernández (2021). En el caso de este informe las técnicas utilizadas fueron la encuesta, que fue utilizada para recabar información de la población en general, con lo cual se pudo calcular el consumo energético de la población en general de la zona rural en estudio. Luego se desarrolló también el análisis documental para la evaluación y se comparó la encuesta con los registros de consumos alternativos desarrollados en la zona rural, luego se investigó acerca del método de generación fotovoltaica que se desarrolló con mayor frecuencia en nuestro país y sus métodos de instalación. A la vez se implementó un análisis documental el cual nos ayudó a recopilar datos de radiación, ángulos y tiempo.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron en esta investigación se encuentran en concordancia con lo descrito por Nicieza (2022) y Fernández (2021) los cuales se definen como herramientas mediante las cuales se obtienen los datos y la información requerida por el investigador. En el caso del informe realizado se tuvo como instrumentos el cuestionario, con el cual se realizó la encuesta a los pobladores de la zona rural. La ficha de registro documental también se empleó como herramienta/instrumento donde se anotaron los datos y la información encontrada en fuentes de documentos y base de datos.

3.5. Procedimientos

Al comienzo de este informe se evaluaron los modelos de generación fotovoltaica tanto el de panel fijo como de seguidor solar, ya que son los modelos con mayor accesibilidad y comerciales dentro de la industria para generar electricidad. Después de obtener los resultados de irradiación en los datos de PVGIS, se optó por el diseño de seguidor solar ya que se obtuvieron mejor recepción de irradiación de acuerdo a los ángulos de inclinación. Luego se analizó a la población y sus consumos energéticos; así como las principales fuentes de energía con que contaba la zona rural.

Posteriormente a ello se estableció el modelo de seguidor solar más adecuado para la zona y se delimitó el alcance que tendría este sistema de generación fotovoltaica; así como los módulos, paneles y arreglos fotovoltaicos requeridos por la extensión de la zona rural de Yunchaco en la provincia de Cajamarca que se pretende electrificar. Se realizó la programación de la placa de Arduino a través del lenguaje de programación Arduino IDE que conlleva la plataforma del mismo Arduino y la simulación llevada al software Proteus, y hacer las respectivas simulaciones en dos ejes, haciéndolo accionar con los servomotores. Además, se examinaron la potencia máxima del módulo, la intensidad de corriente, las condiciones de medición, la orientación óptima y otros aspectos relevantes. Para así proseguir con diseño de la distribución de la red secundaria para suministrar las viviendas del centro poblado usando Google Earth para poder disponer de las ubicaciones de las viviendas y el punto de diseño que sería el sistema fotovoltaico para tener una base de datos en referencia a los puntos asignados, para así poder llevarlos a TOPOMAGIC el cual nos ayudó en la topografía del lugar y poder asignar los flujos de terreno, posteriormente se pasó a diseñar en REDLIN la distribución de la red primaria ajustando el recorrido del conductor a alimentar desde el inversor, luego se analizó la red primaria para hacer la respectiva distribución en la red secundaria con el software REDCAD, la cual proporcionó datos importantes de caídas de tensión, la contabilización de los postes de forma automática tanto para la red primaria y secundaria, entre otros puntos importantes, la cual proporcionó una data de las dos líneas de distribución.

Finalmente, se llevó a cabo el estudio económico de la propuesta, evaluando desde un porcentaje de descuento para evaluar en VAN y TIR con lo que se analizó su viabilidad.

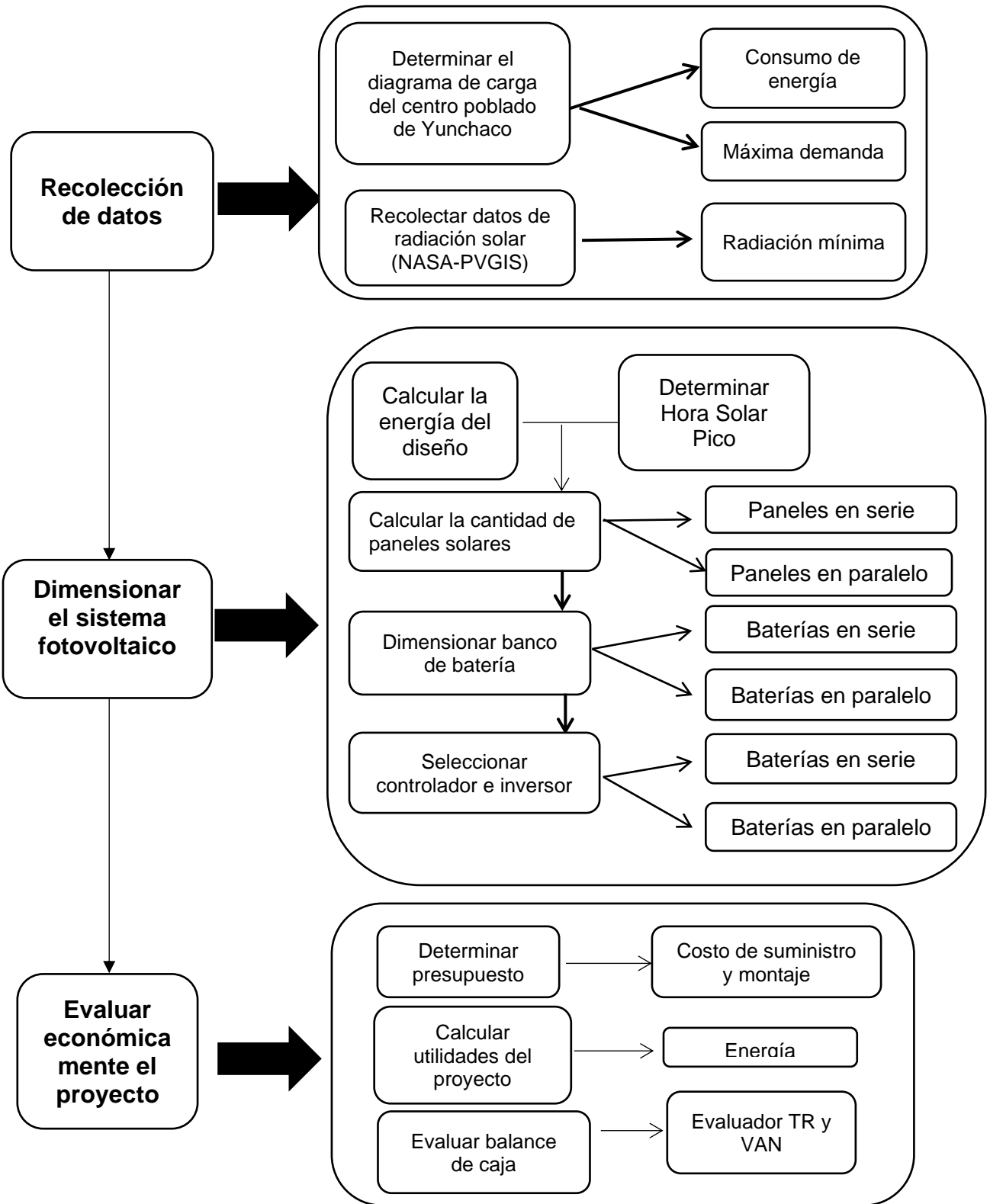


Figura 1. Procedimiento del diseño de generación fotovoltaica propuesto

Fuente: Propia

3.6. Método de análisis de datos

Los datos de radiación solar se recopilamos mediante la base de datos de PVGIS (PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM – EUROPEAN COMMISSION), datos que se documentaron y se validaron antes de ser revisados por los asesores encargados. A continuación, para realizar las tareas específicas, se emplearon programas informáticos como el procesador de texto MS WORD en el que se registraron el diagnóstico y la interpretación de los datos y, posteriormente, se tabularon mediante hojas de cálculo MS EXCEL. Se recurrió al software de Arduino IDE para el diseño del lenguaje electrónico de la tarjeta que ayudará a el traslado de los paneles, asimismo simulado y cargado al programa Proteus y SOLIDWORKS para el modelado del seguidor solar. Posteriormente se hizo una evaluación y recolección de data a través de Google Earth para tener mapeado los puntos importantes del centro poblado y de ahí comenzar hacer el diseño de distribución de la red primaria y secundaria usando los softwares TOPOMAGIC, REDLIN, REDCAD. Por último, se utilizaron hojas de cálculo MS EXCEL para presentar en detalle los resultados del modelamiento de generación fotovoltaica propuesto.

3.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos a considerar en esta investigación fueron las referencias y menciones utilizadas, puesto que se tuvo que tomar en cuenta el respeto por los autores de la información recopilada; asimismo se evaluó como un aspecto ético el desarrollo del trabajo de investigación en función a la normativa presentada por la Universidad César Vallejo y en base al cumplimiento de los tiempos establecidos por esta para la entrega de los avances. Por último, se tomó en cuenta que el respeto debe ser considerado un aspecto predominante al momento en que se realizaron las entrevistas a las personas que viven en la zona rural de Yunchaco en la provincia de Cajamarca; quienes fueron la principal fuente de información, pues nos proporcionaron la información necesaria para determinar el consumo energético en este lugar.

IV. RESULTADOS

Objetivo 1. Evaluar el potencial de irradiación solar de la zona

Descripción de la zona rural de Yunchaco

Yunchaco es un centro poblado que se encuentra ubicado en la parte oriental del cantón Cutervo, que forma parte del distrito de Cujillo, región Cajamarca. Este pueblo se encuentra a 5 kilómetros del distrito de Cujillo y a 60 kilómetros de la zona de Cajamarca. La carretera principal de acceso parte de Cutervo y pasa por las comunidades de Sócota, la Lucma, la Ramada y San Juan de Cutervo. Una ruta alternativa parte de la provincia de Jaén y pasa por Chamaya, Corral Quemado, Malleta y Cujillo. En el casco urbano viven alrededor de 384 personas, y en él se encuentran centros de enseñanza infantil, primaria y secundaria, así como otros establecimientos como una posta médica, un municipio delegado, un juez de paz e iglesias.

El clima templado-cálido, con máximas de entre 22 y 25 grados centígrados y pocas precipitaciones. La agricultura es la actividad económica predominante en la región, que está sujeta a la prevalencia de sequías en ciertos períodos del año (Díaz García, 2019).



Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de Yunchaco

Fuente: Propia

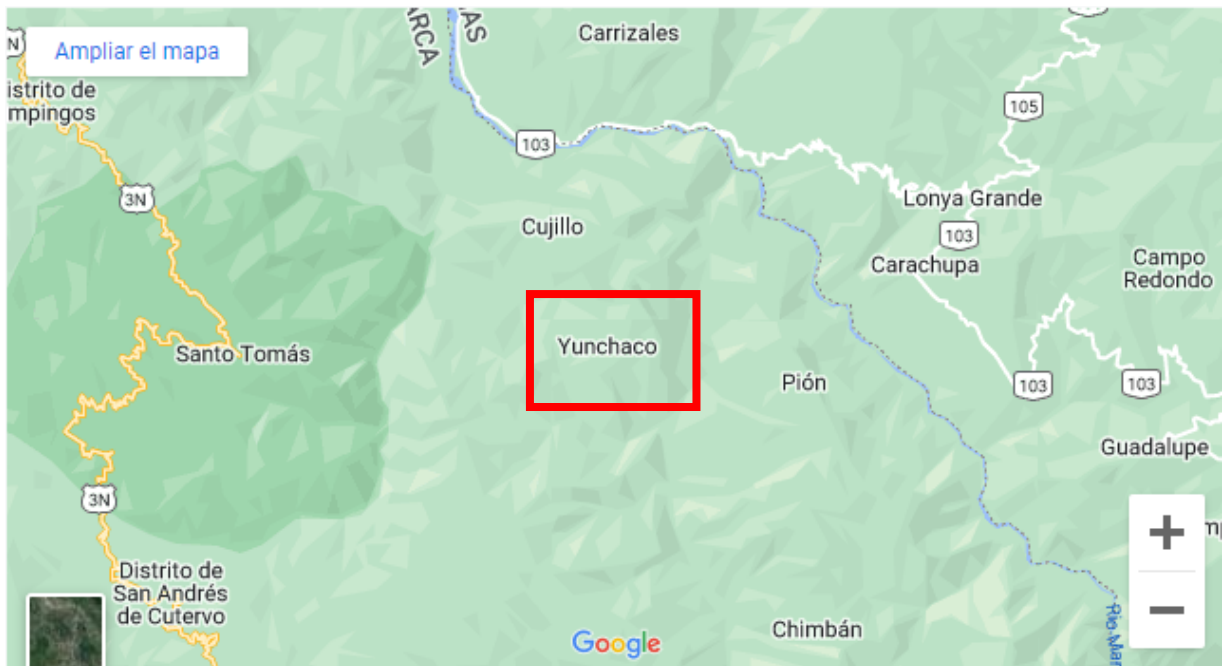


Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de Yunchaco

Fuente. Google Maps

Clasificación del centro poblado de Yunchaco es de una zona rural, la categoría es de un caserío y el detalle de viviendas y población censada se detalla en la siguiente tabla (INEI, 2017).

Recursos de irradiación solar de la zona rural de Yunchaco

Para el desarrollo de la propuesta basada en un diseño de generación fotovoltaica es indispensable realizar una evaluación de los factores favorables del recurso natural de radiación y, por tanto, es fundamental tener en cuenta los recursos naturales de radiación solar y viento para su realización. Por ello que se hace el siguiente análisis:

- **Temperatura promedio de Cutervo:** Desde el 27 de diciembre hasta el 4 de abril, que es la estación cálida, la temperatura media diaria máxima supera los 19 °C. Febrero es el mes más cálido del año, con una media de 20 °C de máxima y 8 °C de mínima. Del 3 de junio al 24 de julio, que son 1,7 meses, dura la estación fría, y la temperatura media diaria alta es inferior a 18 °C. El mes

más frío es julio, cuando la media de las bajas es de 5 °C y la media de las altas es de 18 °C (**Fig. 4.** Línea roja: Máximo, Línea azul: Mínimo).

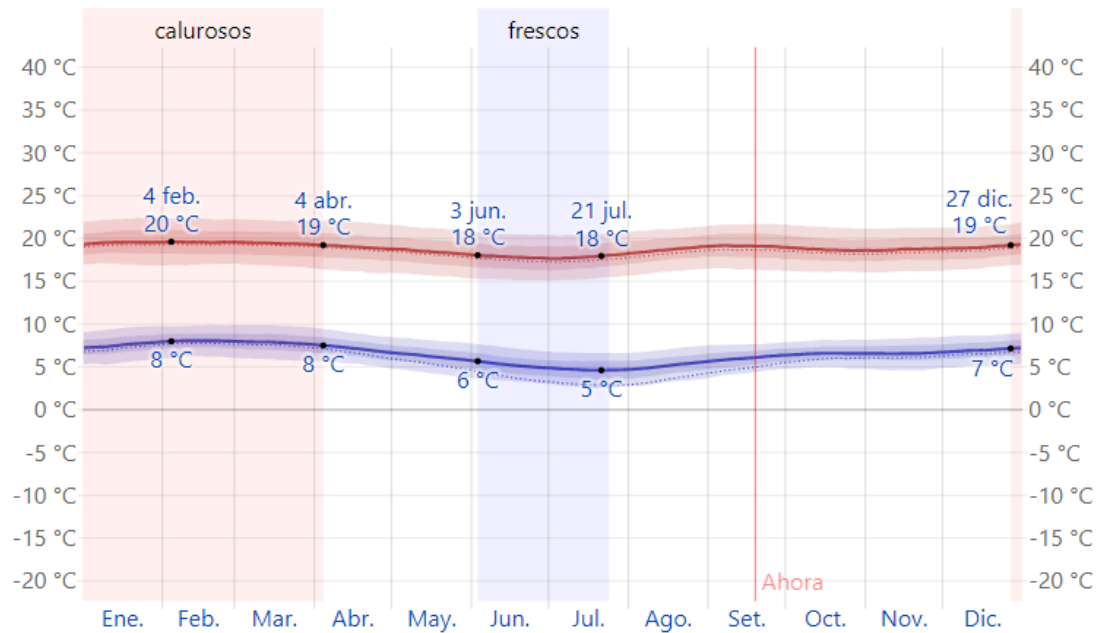


Figura 4. Temperatura máxima y mínima promedio en Cutervo

Fuente. Informe climatológico del distrito de Cutervo (Weather Spark, 2023)

Tabla 1. Registro de temperatura de enero a diciembre-Cutervo

	Ener.	Febr.	Marz.	Abri.	Mayo	Juni.	Juli.	Agos.	Sept.	Octub.	Novi.	Dici.
Máxima (°C)	20,8	21,2	21,6	20,3	20	19,7	19,3	19,7	20,1	20,7	21,5	20,1
Mínima. (°C)	19,7	20	20,1	19,8	19,4	18,4	17,9	18,1	19,4	19,8	20,9	19,8
Día nublado por semana (°C)	2	2	2	2	3	4	3	4	3	3	2	2

Fuente. Informe climatológico del distrito de Cutervo (Weather Spark, 2023)

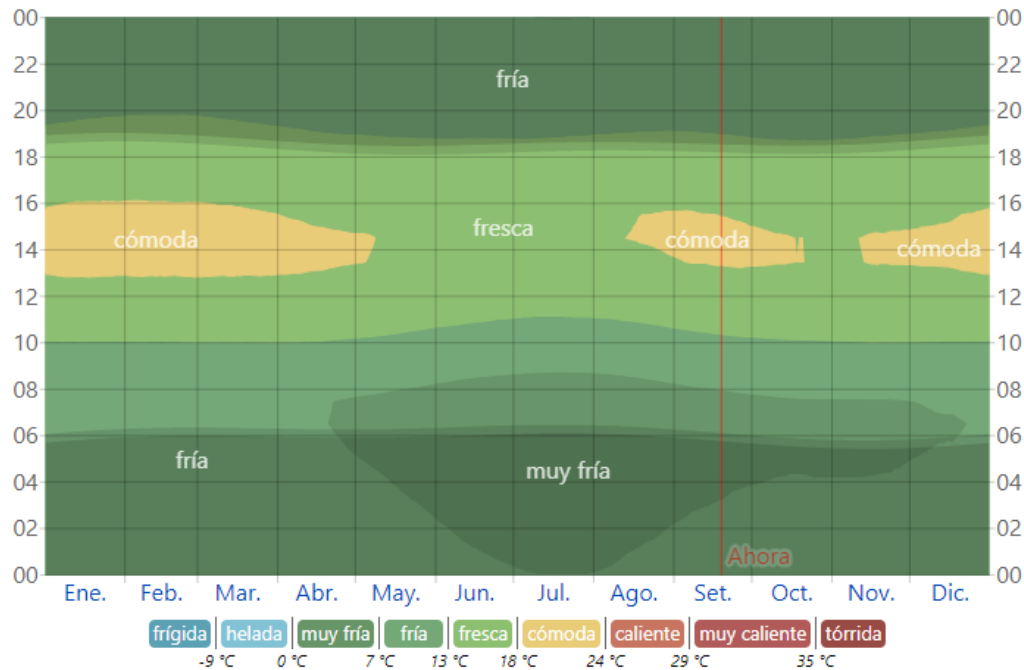


Figura 5. Temperatura promedio por hora en Cutervo

Fuente. Informe climatológico del distrito de Cutervo (Weather Spark, 2023)

- Nubes en Cutervo:** La fracción media del cielo cubierta por nubes fluctúa mucho a lo largo del año. El período más claro del año en Cutervo comienza alrededor del 30 de abril y dura unos 4,8 meses, terminando alrededor del 25 de septiembre. Julio es el mes más claro del año en Cutervo, con un cielo mayoritariamente despejado o parcialmente cubierto el 65% del tiempo de media. La parte más nublada del año comienza alrededor del 25 de septiembre y dura unos 7,2 meses, terminando alrededor del 30 de abril. Febrero es el mes más nublado del año en Cutervo, con una media del 86% del tiempo nublado o parcialmente nublado.

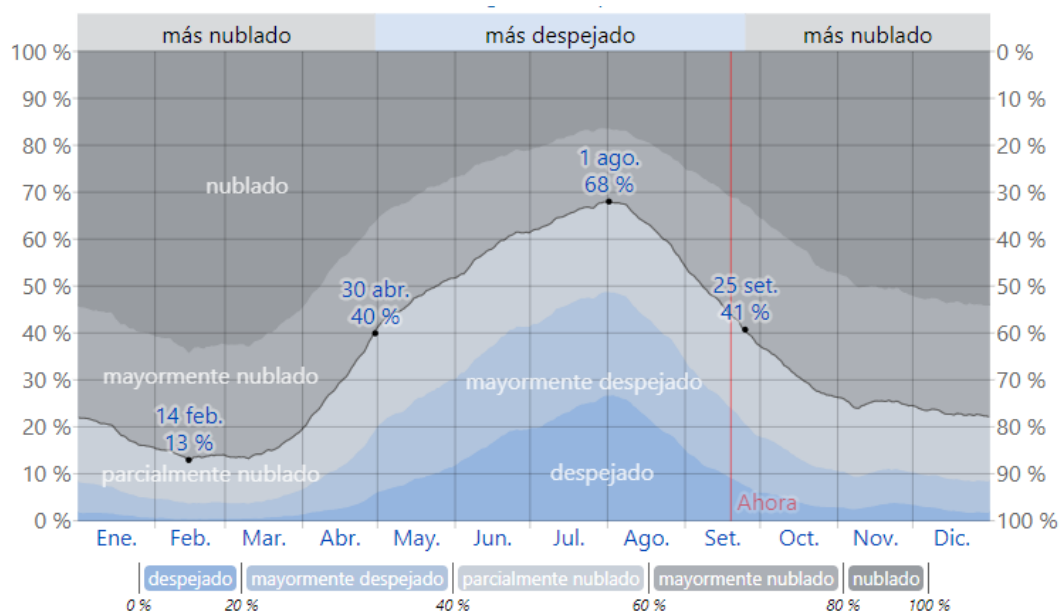


Figura 6. Nubosidad en Cutervo

Fuente. Informe climatológico del distrito de Cutervo (Weather Spark, 2023)

Tabla 2. Porcentaje de nubosidad de enero a diciembre-Cutervo

Fracción	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Más nublado (%)	81	86	85	70	52	42	35	38	55	69	65	77
Más despejado (%)	19	14	15	30	48	58	65	62	45	31	35	23

Fuente. Informe climatológico del distrito de Cutervo (Weather Spark, 2023)

- Sol en Cutervo:** El día en Cutervo tiene no varía mucho a lo largo del año, fluctuando aproximadamente 29 minutos sobre 12 horas a lo largo del año. El día más corto de 2022 se producirá el 21 de junio con 11 horas y 45 minutos de luz; el día más prolongado se producirá el 21 de diciembre con 12 horas y 30 minutos de sol.

Tabla 3. Horas de luz natural de enero a diciembre-Cutervo

Horas de	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Luz Natural (horas)	12,4	12,3	12,1	12,0	11,8	11,8	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5

Fuente. Informe climatológico del distrito de Cutervo (Weather Spark, 2023)

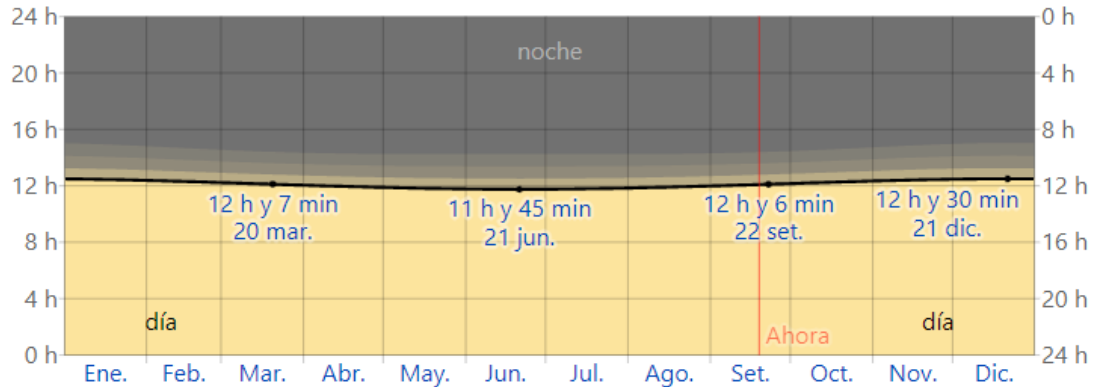


Figura 7. Horas de luz natural y crepúsculo en Cutervo

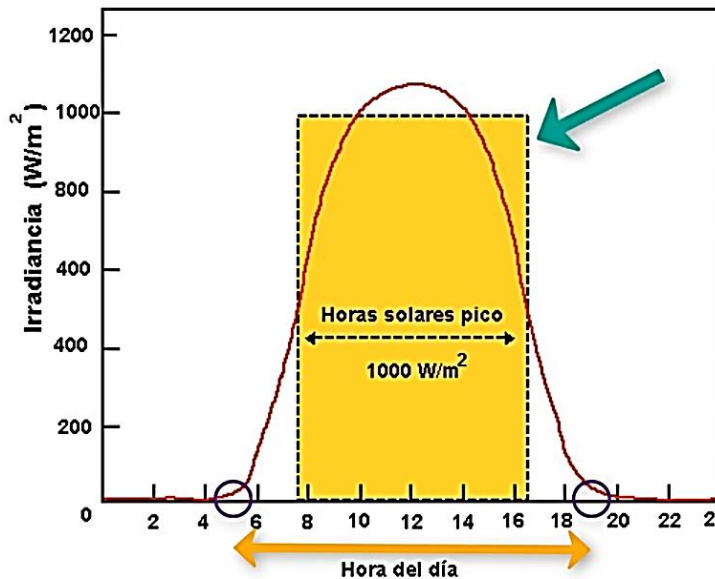
Fuente. Informe climatológico del distrito de Cutervo (Weather Spark, 2023)

- El momento más temprano en que amanece sucede el 13 de noviembre a las 05:47, mientras que el más tardío tiene lugar el 16 de julio a las 06:27, 40 minutos más tarde. La puesta de sol más temprana se produce el 23 de mayo a las 18:06, mientras que la más tardía tiene lugar el 31 de enero a las 18:40, 34 minutos más tarde. En 2022, el horario de verano (DST) no se observa en Cutervo.

Tomando en consideración los datos climatológicos revisados del Senamhi se identifica que, La energía solar diaria incidente en Cajamarca oscila entre 5,5 kWh/m² y 6,0 kWh/m², con índices solares que oscilan entre 5,5 y 6,0 kWh/m². La radiación solar diaria en la región de Yunchaco es de 4,9 kWh/m² con una variación estándar de 3 kWh/m². Asimismo, se revisan los registros de las mediciones de irradiación promedio diaria de los meses de septiembre y octubre del presente año.

Determinar el ángulo óptimo:

Figura 8. Ángulo óptimo de inclinación para radiación



Fuente: PVGIS (2023)

Del dato de ubicación:

Latitud Sur:

(-6.15232203000)

Longitud Oeste:

(-78.55082277000)

$$\text{INCLINACIÓN OPTIMA} = 3.7 + 0.69 * \text{LAT.}$$

$$\text{INCLINACIÓN OPTIMA} = 3.7 + 0.69 * -6.148699838$$

$$\text{INCLINACIÓN OPTIMA} = 15.6976307 = 15^\circ$$

La cantidad de energía generada por los paneles solares cada día, mes y año depende en gran medida de la dirección en la que estén orientados los módulos.

Para poder hallar el ángulo óptimo del sistema se ha tenido que calcular con la fórmula de ubicación de acuerdo a la latitud del lugar en donde se desarrolló el proyecto, la cual nos ayudó a determinar la mejor captación de radiación para el sistema fotovoltaico dando el resultado de un ángulo óptimo de 15° .

A continuación, se evaluó los datos de radiación solar con respecto al ángulo óptimo del sistema y se escogió los mejores meses de captación de radiación en los diferentes sistemas fotovoltaicos haciendo una comparativa exhaustiva de las mejores radiaciones.

Irradiación promedio diaria

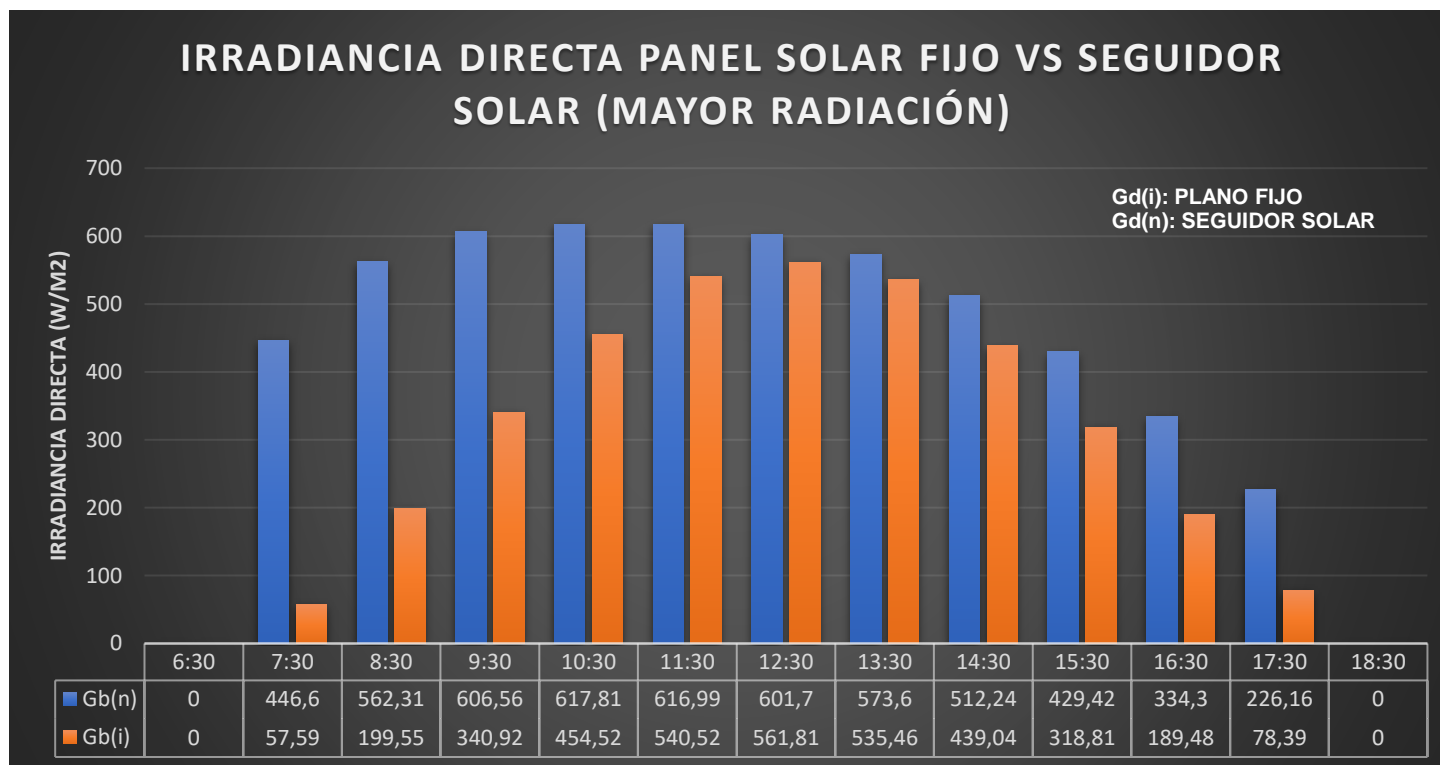
Tabla 5. Irradiación solar promedio: noviembre- octubre

MAYOR RADIACIÓN SOLAR						
HORA(UTC-5)	PANEL SOLAR FIJO - OCTUBRE			SEGUIDOR SOLAR - NOVIEMBRE		
	G(i): Irradiancia global en un plano fijo (W/m²)	Gb(i): Irradiancia directa sobre un plano fijo (W/m²)	Gd(i): Irradiancia difusa en un plano fijo (W/m²)	G(n): Irradiancia global en un plano de seguimiento de 2 ejes (W/m²)	Gb(n): Irradiancia normal directa (W/m²)	Gd(n): Irradiancia difusa en el plano de seguimiento de 2 ejes (W/m²)
07:00	30,89	0	30,78	19,52	0	16,37
08:00	136,24	57,59	77,81	586,31	446,6	123,39
09:00	322,86	199,55	121,78	741,12	562,31	160,12
10:00	507,07	340,92	164,04	804,09	606,56	183,56
11:00	656,17	454,52	199,13	829,25	617,81	204,3
12:00	765,84	540,52	222,56	842,82	616,99	223,29
13:00	798,72	561,81	234,18	835,71	601,7	231,45
14:00	768,54	535,46	230,58	802,65	573,6	222,03
15:00	656,91	439,04	215,86	734,71	512,24	209,37
16:00	495,39	318,81	175,16	619,81	429,42	173,87
17:00	305,77	189,48	115,5	472,74	334,3	123,95
18:00	123,71	78,39	45,09	295,49	226,16	62,9

Fuente: Datos registrados & European Commission (2023)

De los registros de Irradiación solar, se evalúa entre los meses de noviembre para el caso del seguidor solar y octubre para el caso del sistema de panel solar fijo los cuales resultaron ser los meses con mayor radiación en la zona tomando en consideración que los horarios en los que no se disponía con ningún tipo de irradiación solar y que no fueron considerados fueron de 6:00pm hasta las 6:59am. Estos registros permiten seleccionar el tipo de paneles y sus dimensiones a utilizar para lograr captar los mejores niveles de radiación en los horarios en que estos son más favorables.

Figura 9. Comparación entre panel solar fijo vs seguidor solar – irradiancia directa- mes de octubre y noviembre



Fuente. Propia

En la figura 9, se presentan todas las evidencias correspondientes al mes de noviembre y octubre con datos mayores de irradiación directa, el cual nos permite elegir la hora con mayor provecho de captación de irradiación solar promedio, ya que generaría mayor provecho en producir buena energía eléctrica en las horas de radiación. Siendo las 10:30am la hora con mayor radiación con un seguidor solar dando 617,81 W/m², teniendo mejores horas de radiación, mientras que el sistema de panel solar fijo a las 12:30pm, tiene una irradiación de 561,81 W/m². Lo que demuestra que aun siendo un cuadro comparativo donde los datos son menores en irradiación solar, el seguidor solar supera al sistema de panel fijo

Irradiación promedio diaria

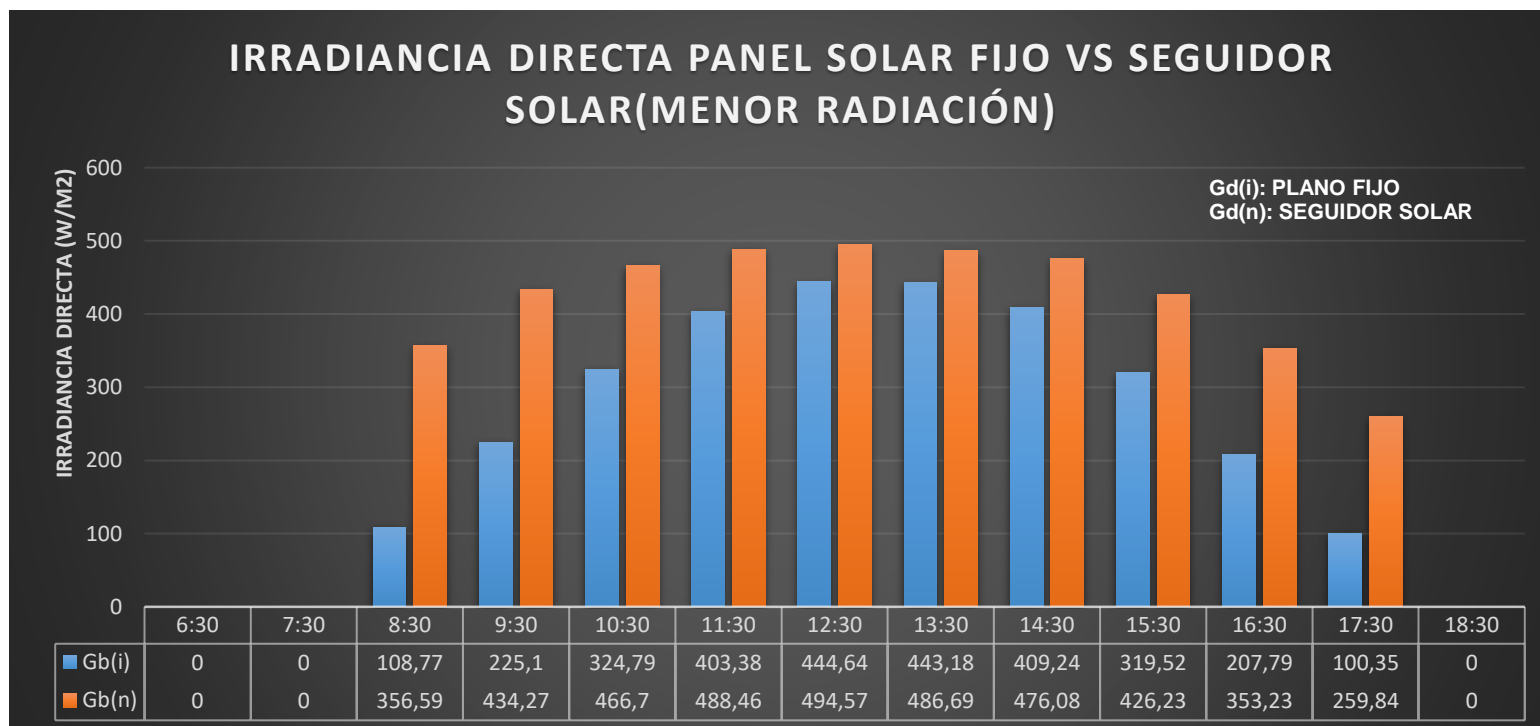
Tabla 6. Irradiación solar promedio-junio

MENOR RADIACIÓN SOLAR						
HORA(UTC-5)	PANEL SOLAR FIJO - JUNIO			SEGUIDOR SOLAR - JUNIO		
	G(i): Irradiancia global en un plano fijo (W/m ²)	Gb(i): Irradiancia directa sobre un plano fijo (W/m ²)	Gd(i): Irradiancia difusa en un plano fijo (W/m ²)	G(n): Irradiancia global en un plano de seguimiento de 2 ejes (W/m ²)	Gb(n): Irradiancia normal directa (W/m ²)	Gd(n): Irradiancia difusa en el plano de seguimiento de 2 ejes (W/m ²)
07:00	7,41	0	7,38	3,53	0	2,78
08:00	53,06	0	52,88	30,8	0	26,74
09:00	204,28	108,77	94,59	493,48	356,59	122,45
10:00	359,07	225,1	132,52	607,07	434,27	157,87
11:00	494,41	324,79	167,78	664,83	466,7	186,24
12:00	599,52	403,38	194,05	703,45	488,46	206,1
13:00	644,6	444,64	197,83	707,13	494,57	204,46
14:00	640,97	443,18	195,78	697,58	486,69	200,49
15:00	582,92	409,24	171,96	668,28	476,08	178,01
16:00	461,69	319,52	140,91	591,69	426,23	149,32
17:00	304,12	207,79	95,61	474,22	353,23	107,56
18:00	140,84	100,35	40,27	324,15	259,84	58,7

Fuente: Datos registrados & European Commission (2023)

De los registros de Irradiación solar, se evalúa que el mes de junio es menor y es el dato en común que tienen tanto panel solar fijo como el seguidor solar es posible determinar las irradiancias promedio según los tipos de base receptoras, ya que es el mes donde más irradiación hay en la zona tomando en consideración que los horarios en los que no se disponía con ningún tipo de irradiación solar y que no fueron considerados en este registro fueron de 6:00pm hasta las 6:59am. Estos registros nos permiten evaluar los niveles de radiación en los horarios en que estos son menos favorables.

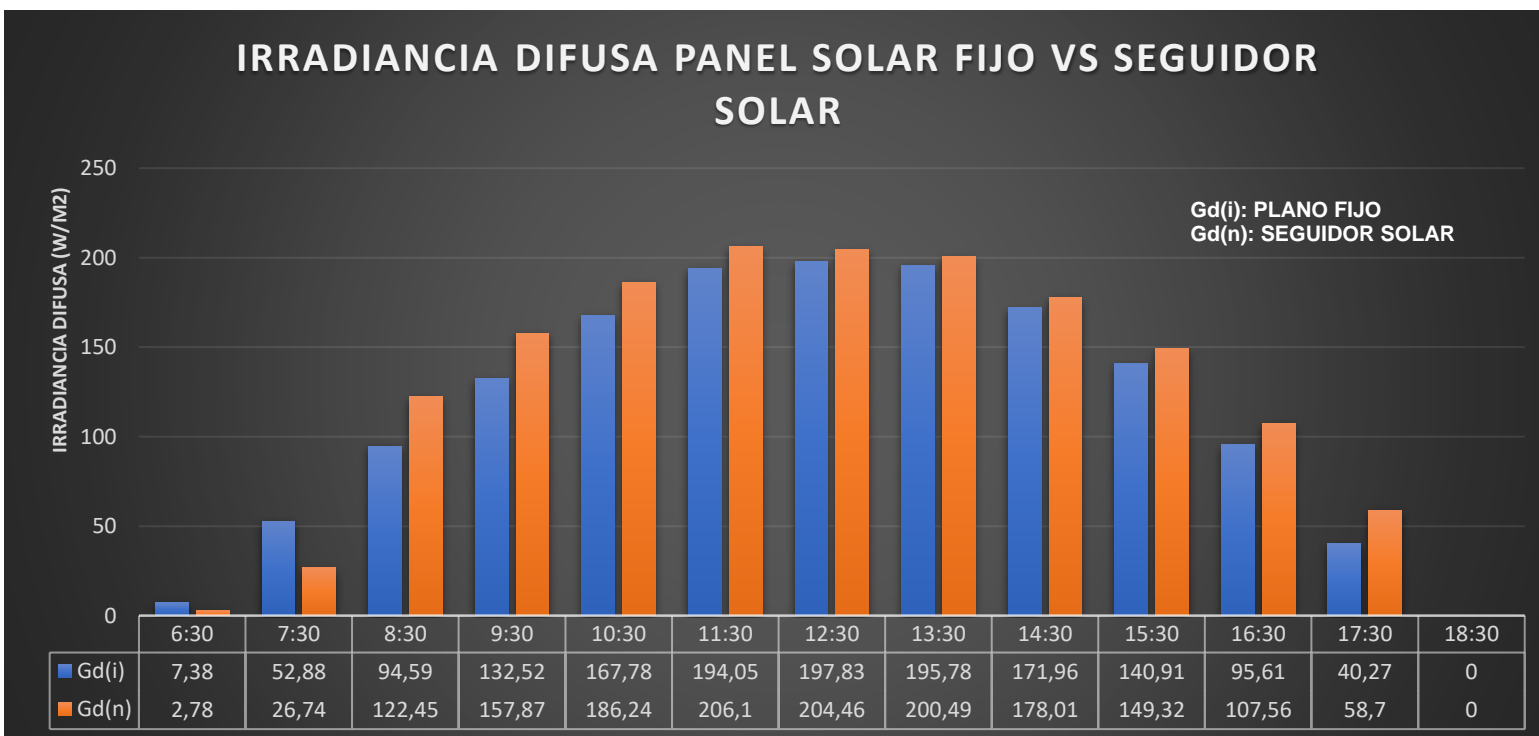
Figura 10. Comparación entre panel solar fijo vs seguidor solar – irradiancia directa- mes de junio



Fuente. Propia

En la figura 10, se presentan todas las evidencias correspondientes al mes de junio con datos menores de irradiación directa, el cual nos permite elegir la hora con mayor provecho de captación de irradiación solar promedio, ya que generaría mayor provecho en producir buena energía eléctrica en las horas de radiación. Siendo las 12:30pm la hora con mayor radiación con un seguidor solar dando 494,57 W/m², mientras que el sistema de panel solar fijo a las 12:30pm, tiene una irradiación de 444,64 W/m². Lo que demuestra que aun siendo un cuadro comparativo donde los datos son menores en irradiación solar, aun el seguidor solar supera al sistema de panel fijo.

Figura 11. Comparación entre panel solar fijo vs seguidor solar – irradiancia difusa- mes de junio



Fuente. Propia

En la figura 11, se presentan todas las evidencias correspondientes al mes de junio con datos menores de irradiación difusa, el cual nos permite evaluar la hora con menor provecho de captación de irradiación solar promedio, ya que generaría menor provecho en producir buena energía eléctrica en las pocas horas de radiación. Siendo las 11:30pm la hora con mayor radiación con un seguidor solar dando 206,1,57 W/m², mientras que el sistema de panel solar fijo a las 12:30pm, tiene una irradiación de 197,83 W/m². Lo que demuestra que aun siendo un cuadro comparativo donde los datos son menores en irradiación solar, aun el seguidor solar supera al sistema de panel fijo.

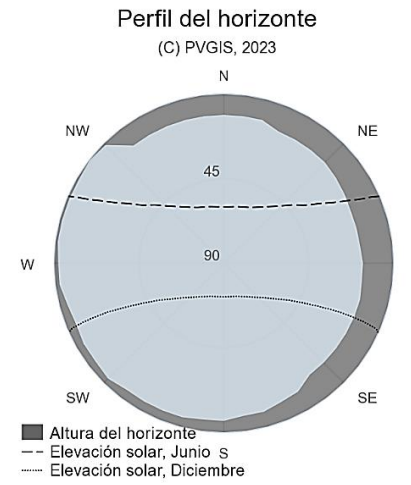
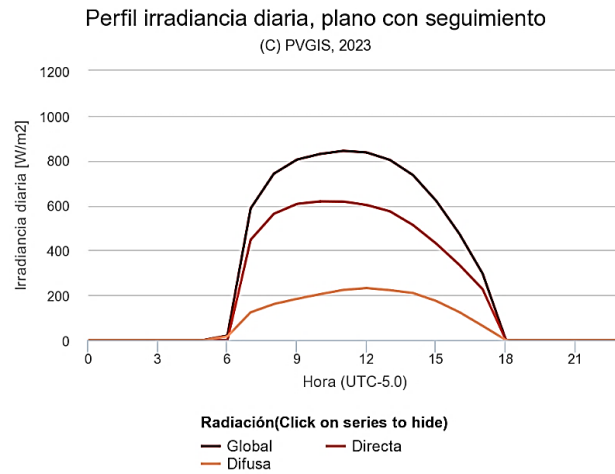


Figura 12. Irradiancia diaria vs tiempo

Fuente: PVGIS

De los registros de irradiación solar según el tipo de ángulos de inclinación en el mes de noviembre es posible determinar las irradiancias promedio, tomando en consideración que los horarios en los que no se disponía con ningún tipo de irradiación solar y que no fueron considerados en este registro fueron de 6:00pm hasta las 5:59am. Estos registros nos permiten seleccionar el tipo de ángulo óptimo que nos permita determinar la mayor irradiación en el sistema de paneles y sus dimensiones a utilizar para lograr captar los mejores niveles de radiación en los horarios en que estos son más favorables.

Tabla 7. Ángulos de inclinación para radiación

NOVIEMBRE - PROMEDIO GENERAL DE RADIACIÓN						
	HORA	G(n)	HORA	Gb(n)	HORA	Gd(n)
MAXIMO	11:30	842,82	10:30	617,81	12:30	231,45
MINIMO	06:30	19,52	17:30	226,16	06:30	16,37

G(n): Irradiancia global en el plano de seguimiento de 2 ejes (W/m²)
 Gb(n): Irradiancia normal directa (W/m²)
 Gd(n): Irradiancia difusa en el plano de seguimiento de 2 ejes (W/m²)

Fuente: Elaboración propia - PVGIS (2023)

Tomando en consideración los datos de radiación revisados en PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) del European Commission se identifica que, la irradiancia global máxima en el plano de seguimiento de 2 ejes es de 842,82 (W/m²) en horas de las 11:00am y su mínima es de 19,52 (W/m²) en horas de las 07:00am, mientras que en la Irradiancia normal directa es de 617,81 (W/m²) en horas de las 11:00am y su mínimo es de 226,16 (W/m²), y por último la Irradiancia difusa su máxima radiación fue de 231,45 (W/m²) a horas de las 13:00pm y su mínimo 16,37 (W/m²) en horas de las 07:00 horas.

Tabla 8. Ángulos promedios de inclinación para radiación – mes de noviembre

	GRADOS DE INCLINACIÓN (PROMEDIOS)– MES NOVIEMBRE									PROMEDIO TOTAL (W/m ²)	MÁXIMO (W/m ²)	MÍNIMO (W/m ²)
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°			
G(n)	519,0	519,0	481,9	519,0	536,2	536,2	519,0	519,0	536,2	520,6	536,2	481,9
Gb(n)	307,5	307,5	285,5	307,5	318,4	318,4	307,5	307,5	318,4	308,7	318,4	285,5
Gd(n)	202,8	202,8	188,3	202,8	208,9	208,9	202,8	202,8	208,9	203,2	208,9	188,3

Fuente: Elaboración propia - PVGIS (2023)

De los datos recopilados por cada mes del año 2023 se tomaron los promedios por ángulos de inclinación la cual nos llevó a tomar en consideración el mejor ángulo óptimo de irradiación y así poder hacer el diseño en base a los datos ya mencionados, la cual nos permitió seleccionar y calcular los componentes que intervendrán en el diseño fotovoltaico, siendo los ángulos 50°,60° y 90° los mejores para captar la mejor irradiancia global con 536,2 (W/m²) , mientras para la irradiancia normal directa los ángulos con buena captación son 50°,60° y 90° con 318,4 (W/m²) y por último la irradiancia difusa tiene 208,9 (W/m²) con ángulos de 50°,60° y 90°, siendo estos los más efectivos.

Tabla 9. Horas pico - por mes/año – Seguidor Solar

ÁNGULO: 15°	H(i)_m				Hsp (hr)			
	MESES	2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022
Enero	146,17	155,53	154,74	206,5	4,72	5,02	4,99	6,66
Febrero	148,49	154,12	127,58	181,58	5,30	5,50	4,56	6,49
Marzo	144,77	146,95	143,62	185,91	4,67	4,74	4,63	6,00
Abril	141,87	149,39	147,77	192,82	4,73	4,98	4,93	6,43
Mayo	137,59	135,9	141,24	191,74	4,44	4,38	4,56	6,19
Junio	125,19	129,57	126,54	178,99	4,17	4,32	4,22	5,97
Julio	134,94	130,44	128,4	189,35	4,35	4,21	4,14	6,11
Agosto	157,71	144,61	150,08	202,15	5,09	4,66	4,84	6,52
Setiembre	148,03	170,13	159,05	209,7	4,93	5,67	5,30	6,99
Octubre	178,95	167,01	166,63	224,44	5,77	5,39	5,38	7,24
Noviembre	173,01	163,84	165,99	227,53	5,77	5,46	5,53	7,58
Diciembre	166,88	156,65	145,31	215,46	5,38	5,05	4,69	6,95

Fuente: PVGIS (2023)

Hsp (hr): Número de horas que tiene un día con irradiancia de 1000 w/m²

H(i)_m: Irradiación en plano en ángulo (kWh/m²/mes)

Cálculo de horas pico: (Espinoza y Zanoni, 2021)

$$H_p = \frac{\text{irradiación global directa}}{\text{días del mes}}$$

PROMEDIO ANUAL	
HORA MAXIMA	HORA MINIMA
7,58	5,97
MES DESFAVORABLE	JUNIO
MES FAVORABLE	NOVIEMBRE

En este punto se analizó las irradiaciones anuales con los días del mes para poder obtener las horas pico, de la cual determinará el mes provechoso y desfavorables en horas de radiación. El mes más provechoso es el mes de noviembre con 7,58 horas, mientras que el mes desfavorable es el mes de junio con 5,97 horas, el cual fue el dato que se tomó en cuenta para los cálculos de paneles solares.

Tabla 11. Horas pico - por mes/año – Panel solar Fijo

ÁNGULO: 15°	H(i)_m				Hsp (hr)			
	MESES	2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022
Enero	133,25	141,29	140,42	188,24	4,30	4,56	4,53	6,07
Febrero	139,77	144,35	120,77	173,5	4,99	5,16	4,31	6,20
Marzo	143,32	145,35	142,1	184,15	4,62	4,69	4,58	5,94
Abril	148,02	155,84	154,27	192,24	4,93	5,19	5,14	6,41
Mayo	149,91	148,1	154,4	187,67	4,84	4,78	4,98	6,05
Junio	139,4	144,83	141,28	172,57	4,65	4,83	4,71	5,75
Julio	148,79	143,88	141,32	183,95	4,80	4,64	4,56	5,93
Agosto	168,23	153,55	159,99	200,48	5,43	4,95	5,16	6,47
Setiembre	149,81	172,11	160,99	209,11	4,99	5,74	5,37	6,97
Octubre	171,15	159,85	159,62	217,69	5,52	5,16	5,15	7,02
Noviembre	157,76	150,15	151,66	209,79	5,26	5,01	5,06	6,99
Diciembre	148,29	139,48	130,5	192,69	4,78	4,50	4,21	6,22

Fuente: PVGIS (2023)

Hsp (hr): Número de horas que tiene un día con irradiancia de 1000 w/m²

H(i)_m: Irradiación en plano en ángulo (kWh/m²/mes)

Cálculo de horas pico: (Espinoza y Zanoni, 2021)

$$H_p = \frac{\text{irradiación global directa}}{\text{días del mes}}$$

PROMEDIO ANUAL	
HORA MAXIMA	HORA MINIMA
7,02	5,75
MES DESFAVORABLE	JUNIO
MES FAVORABLE	OCTUBRE

En este punto se analizó las irradiaciones anuales con los días del mes para poder obtener las horas pico, de la cual determinará el mes provechoso y desfavorables en horas de radiación. El mes más provechoso es el mes de octubre con 7,02 horas, mientras que el mes desfavorable es el mes de junio con 5,75 horas, el cual fue el dato que se tomó en cuenta para los cálculos de paneles solares.

Objetivo 2. Analizar la necesidad de máxima demanda de energía eléctrica

En este punto se evalúa la demanda máxima de energía eléctrica mediante una encuesta realizada a los pobladores. Para ello inicialmente se determina la población de Yunchaco y luego se determinan los niveles de consumo eléctrico.

Tabla 13. Informe del Centro Poblado de Yunchaco

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA									
Código	Centros Poblados	Región Natural (Según Piso Altitudinal)	Altitud (m s.n.m.)	Población Censada			Viviendas Particulares		
				Total	Hombres	Mujeres	Total	Ocupadas	Desocupadas
0017	YUNCHACO	Yunga fluvial	1 750	384	206	178	164	164	-

Nota. Fuente (INEI, 2017)

El número completo de habitantes registrados durante el censo según el INEI es de 384 personas, siendo 206 hombres y 178 mujeres y el total de viviendas ocupadas de este Centro Poblado es de 164. Por ello en base a nuestra población total se determinará la muestra mediante un muestreo probabilístico y para ello se utiliza la fórmula para realizar encuestas utilizadas en estadística no paramétrica:

$$n = \frac{(p * q) * Z^2 * N}{(\varepsilon^2) * (N - 1) + (p * q)Z^2}$$

Para ello se evalúa un nivel de confianza de 90% (donde p=0,9 y q=0,1) y un máximo error permisible de 5%. Teniendo lo siguiente:

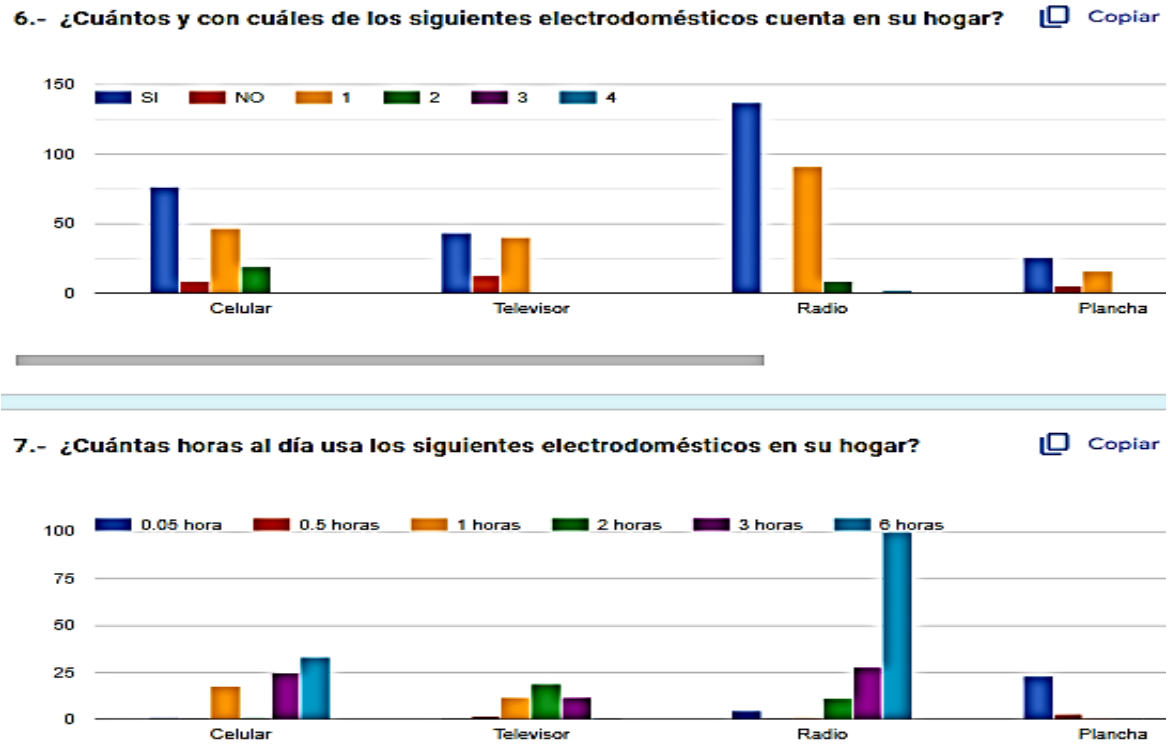
$$n = \frac{(0,95 * 0,05) * (1,96)^2 * 164}{(0,05^2) * (164 - 1) + (0,95 * 0,05)(1,96^2)}$$

$$n = 51$$

La cantidad de personas que formaron parte de la muestra representativa de esta investigación y a las que se les realiza la encuesta detallada en el Anexo N°09 es de 61 personas del Centro Poblado de Yunchaco, Cujillo, Cutervo, Cajamarca.

Al realizar las encuestas y enfocándonos en la pregunta que revisa el número de electrodomésticos con que se cuenta en cada hogar (Pregunta 6) y la cantidad de horas utilizadas diarias (ver figura N° 12).

Figura 13. Cuadro estadístico de las respuestas obtenidas de la encuesta realizada a 164 viviendas



Fuente: Propia – Google Forms

Se obtuvo información acerca de los artefactos y la cantidad de horas usadas en el centro poblado y uno de los artefactos más usados por los pobladores es la radio, como fuente de distracción e información seguido del celular que son los artefactos que más usan.

En base a las respuestas obtenidas en la plataforma Google Forms, realizada en forma de cuestionario para los pobladores de Yunchaco, se tiene la siguiente demanda de energía eléctrica contemplada por cada tipo de electrodoméstico en la tabla revisada a continuación donde se determina potencia, horas de uso diarias, tiempo total de uso en horas (mensual) y el consumo de energía eléctrica (en kWh) en la tabla N° 13.

El proyecto está destinado para proyectarse a 10 años lo cual nos permite calcular la cantidad de pobladores y la cantidad de energía producida por la población hasta el año 2033, lo cual la energía total sería de 75169,18 kWh, esta cantidad nos permitió diseñar el sistema fotovoltaico adecuado para esta proyección.

Tabla 14. Aumento poblacional del centro poblado Yunchaco

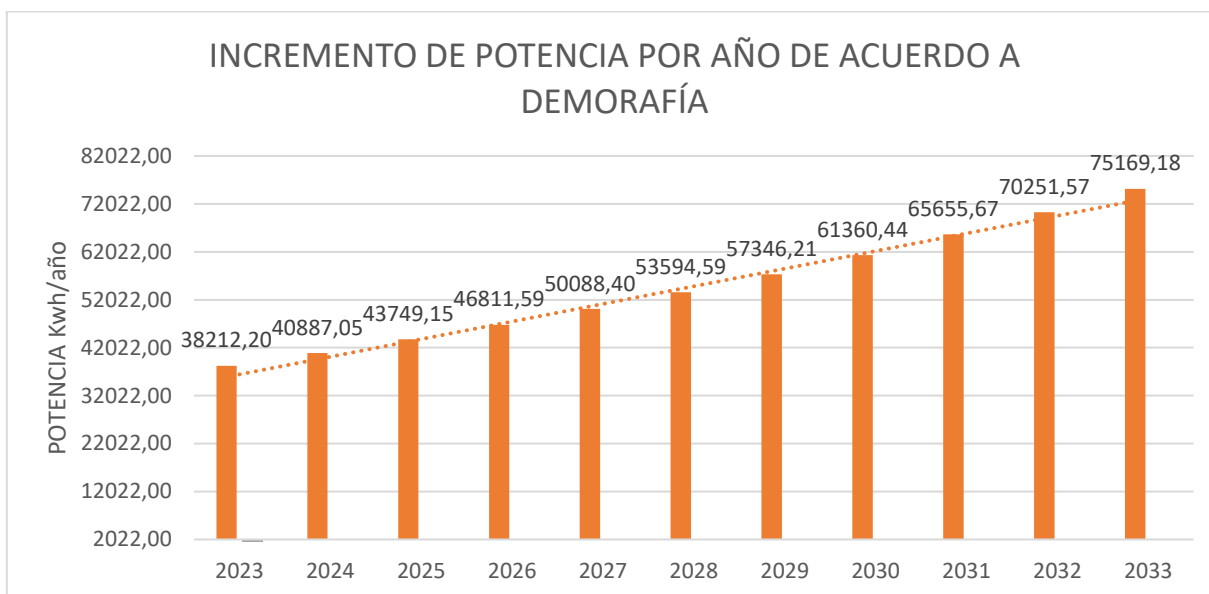
CRECIMIENTO POBLACIONAL CENTRO POBLADO		
AÑO	POBLACION DE YUNCHAYO	TOTAL – DEMANDA (kWh)
2023	384	38212,20
2024	411	40887,05
2025	440	43749,15
2026	470	46811,59
2027	503	50088,40
2028	539	53594,59
2029	576	57346,21
2030	617	61360,44
2031	660	65655,67
2032	706	70251,57
2033	755	75169,18

Fuente: Propia - Aumento en Tasa poblacional 7%. INEI (2020)

Se llevo a cabo una proyección demográfica a 10 años en este estudio, donde se estimó un aumento anual de la población del 7% según los datos del INEI.

Conforme la cantidad de habitantes aumenta, la exigencia de energía en el área rural de Yunchaco también experimenta un crecimiento proporcional. Por lo tanto, cada año la demanda energética será mayor y los habitantes sentirán la necesidad de obtener energía eléctrica de fuentes no tradicionales debido al aislamiento rural del lugar. En el año 2023, el consumo energético es de **38212,20 KWh/año**, y se proyecta que para el año 2033, el consumo en el poblado de Yunchaco sea de **75169,18 KWh/año**.

Tabla 15. Gráfico poblacional del centro poblado Yunchaco



Fuente: Propia

Al analizar la producción de energía proyectada para los próximos 10 años, se observa un incremento en la cantidad de consumo eléctrico anual, con una diferencia que oscila entre 2674,85 Kw y los 4917,61 Kw por año.

Se sabe que las necesidades de demanda de energía eléctrica esta proporcionalmente con el crecimiento anual del poblado, lo cual cada año las exigencias de una calidad de vida es demandada por la tecnología actual para facilitar la calidad de vida de cada familia del sector rural, especialmente de Yunchaco.

A continuación, se mostrará la información recopilada mediante el instrumento de la encuesta, la cual nos ayudó a facilitar el resultado final de la demanda máxima, dividiendo los tipos de cargas que tiene cada domicilio en el poblado, sabiendo la cantidad, las potencias y la energía por cada vivienda de cada carga eléctrica dentro del domicilio de cada familia.

Tabla 16. Consumo de energía de los artefactos

DEMANDA ENERGÉTICO								
ITEM	Artefactos	Cantidad	Potencia (W)	Potencia TOTAL (W)	Horas / día	Energía (Wh/día)	FACTOR DE DEMANDA (F.D)	MAXIMA DEMANDA (M.D)
1	Celular	90,0	5,0	450,0	6,0	2700,0	1,0	450,0
2	Televisión	43,0	65,0	2795,0	3,0	8385,0	1,0	2795,0
3	Radio	141,0	25,0	3525,0	6,0	21150,0	1,0	3525,0
4	Máquina de corte	6,0	1400,0	8400,0	2,0	16800,0	1,0	8400,0
5	Refrigeradora	18,0	275,0	4950,0	6,0	29700,0	1,0	4950,0
6	Computadora	26,0	100,0	2600,0	2,0	5200,0	1,0	2600,0
CARGAS ESPECIALES (CALEFACCION)								
7	Soldadora	11,0	5600,0	10000,0	2,0	20000,0	1,0	10000,0
				51600,0	2,0	103200,0	0,8	38700,0
8	Plancha	23,0	900,0	10000,0	0,1	1035,0	1,0	10000,0
				10700,0	0,1	535,0	0,8	8025,0

ILUMINACIÓN								
9	Foco incandescente	225,0	60,0	13500,0	4,0	54000,0	1,0	13500,0
10	Foco fluorescente	119,0	25,0	2975,0	4,0	11900,0	1,0	2975,0
11	Foco led	45,0	5,0	225,0	4,0	900,0	1,0	225,0
POTENCIA INSTALADA (W)				121720				
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)						275505		
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día) - MAXIMA DEMANDA								106145

Fuente: Propia - Osinergmin (2017)

Tabla 17. Factor de simultaneidad

AÑO	DEMANDA MAXIMA (Wh/día)	FACTOR DE SIMULTANIEDAD	POTENCIA A CONTRATAR (Kw)
2023	106145	0.6	63.68 (día)
2033	208803,28	0.6	125.28 (día)

Fuente: CNE-Utilización

Se realizó el cuestionario en base a la realidad socioeconómica que tiene el poblado en base a sus necesidades. Se determinó la potencia neta y la máxima demanda de cada uno de los componentes eléctricos que contiene cada hogar, teniendo en cuenta las normas del código nacional de electricidad -utilización (sección 50), para poder determinar el factor de demanda (F.D) y así poder hallar el verdadero valor de la máxima demanda ya que no todos los artefactos estarán conectados a la misma vez.

Se determinó que la potencia instalada es de 121720 W, resultando del cálculo de la cantidad de artefactos por la potencia de cada artefacto. Se determinó que la energía requerida por día es de 275505 (Wh/día), resultado del cálculo de la potencia instalada por la cantidad de horas de uso del artefacto. Por consecuente se realizó el último paso que fue determinar la máxima demanda la cual resultó ser de 106145 (Wh/día), usando el criterio del CNE-utilización ya que se tuvo que tener un factor de demanda con respecto a cada tipo de carga de los artefactos eléctricos.

El resultado final de la máxima demanda es de 106145 W/día se tuvo que multiplicar por un factor de 0.6, lo cual este factor me permite saber la potencia real usada y determinar que no todos los artefactos estarán conectados a la vez y para precisar la cantidad de energía que se va a requerir el sistema, el cual tiene como resultado 63,68 kWh/día. Mientras que para el año 2033 la energía que se va a requerir el sistema es de 125.28 kWh/día.

Tabla 18. Tabla comparativa de energía requerida proyección 10 años

	AÑO 2023	AÑO 2033
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)	106145	208803,28
ENERGÍA REQUERIDA POR MES (KWh/mes)	3184,35	6264,098
ENERGÍA REQUERIDA ANUAL (KWh/año)	38212,2	75169,18

Fuente: Propia

De la tabla 11, se tomó los datos y se hace una comparativa entre los años 2023 y 2033 para poder definir la cantidad de energía diaria solicitada para el proyectado de 10 años y saber con cuanta energía se podría generar con el sistema fotovoltaico con seguidor solar. Del cual podemos contar con **106145 Wh/día** para 2023, mientras que para el año de proyección al 2033 se cuenta con la energía diaria de **208803,28 Wh/día**, siendo este dato importante para el diseño de generación fotovoltaica con seguidor solar con la proyección que se tiene planificado para el proyecto.

Objetivo 3. Modelar el sistema de una central fotovoltaica en Yunchaco

En este punto se desarrolla el diseño de generación fotovoltaica automatizada (seguidor solar), para ello primero se debe diseñar cada uno de los elementos que formarán parte del sistema de generación fotovoltaica y estos fueron revisados en Excel y SolidWorks. Asimismo, inicialmente se consideran las demandas establecidas en el anterior objetivo como la demanda energética diaria proyectada para los 10 años que tiene un total de 208803,28 Wh/día, y con ella se calcula el rendimiento total de la instalación del sistema de red fotovoltaico. Como se describe a continuación (Espinoza y Zanoni, 2021).

- Cálculo del rendimiento global en la instalación del sistema fotovoltaico (R)

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

k_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador.

k_a : Fracción de energía que se pierde por autodescarga.

k_i : Pérdidas por el rendimiento del inversor.

k_r : Pérdidas en el controlador de carga

k_v : Otras pérdidas no consideradas anteriormente.

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

P_d : Profundidad máxima de descarga admisible.

Para realizar este cálculo del rendimiento global en la instalación del sistema fotovoltaico se toma en consideración la tabla de determinación de valores (Ver Anexo N° 06), todo esto se determina a continuación (Espinoza y Zanoni, 2021).

Tabla 19. Valores de las constantes para rendimiento global de instalación

Acumulados nuevos, sin descargas intensas	Kb=	0.05
Baterías estacionarias de energía solar	Ka=	0.005
Rendimiento inversor 95%	Ki=	0.05
Controlador de carga eficiente	Kr=	0.1
Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	Kv=	0.15
Batería descargada hasta el 60%	Pd=	0.6
Vivienda habitual	N=	2

Fuente: Elaboración propia

Con el cálculo de estos valores se determina finalmente que la eficiencia general de instalación es de (Espinoza y Zanoni, 2021):

$$R = (1-0.05-0.05-0.1-0.15) \times (1-0.005 \left(\frac{2}{0,6}\right))$$

$$R = 0,639$$

Con el rendimiento global de instalación, determinado en 0,639 se comprueba ahora la demanda energética real requerida para la elaboración del sistema de generación fotovoltaica en Wh/día.

$$\text{Demanda energética diaria (real)} = \frac{\text{Demanda energética diaria}}{R}$$

$$\text{Demanda energética diaria (real)} = \frac{208803,28 \text{ Wh/día}}{0,639}$$

$$\text{Demanda energética diaria (real)} = 326680,49 \text{ Wh/día}$$

Luego de haber calculado la demanda energética diaria real, se procede a determinar el número de paneles solares fotovoltaicos requeridos en el diseño y para ello es imprescindible evaluar el recurso solar de la zona rural de Yunchaco.

A continuación, debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos técnicos para poder realizar las siguientes operaciones para luego hacer las elecciones de los dispositivos que serán elegidos para el sistema fotovoltaico con seguidor solar.

Análisis del recurso solar en la zona rural de Yunchaco

Se realiza un resumen del cuadro de a tabla 8 y tabla 1, tanto en irradiación, horas pico y temperaturas las cuales nos facilitan en el cálculo respectivo de potencia de generador, así como los factores corregidos sobre la influencia de temperatura.

Para ello se analiza la siguiente tabla, la cual considera todos los valores mencionados anteriormente y se visualizan desde el mes de enero a diciembre en el periodo 2023 para poder determinar la irradiación, definir las temperaturas máxima y mínima.

Tabla 20. Cuadro de resumen de irradiancia, temperaturas y días nublados – Panel con Seguimiento solar

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Prom.	Max	Min
Irradiación	206,5	181,6	185,9	192,8	191,7	179,0	189,4	202,2	209,7	224,4	227,5	215,5	200,51	227,53	178,99
Temp. max	20,8	21,2	21,6	20,5	20	19,7	19,3	19,7	20,1	20,8	21,6	21	20	22	19
Temp. min	19,7	20	20,1	19,8	19,4	18,4	17,9	18,1	19,4	19,8	20,9	19,8	19	21	18
Día nublados X semana	1,57	2,11	1,67	2,33	3,47	3,85	2,51	3,58	2,83	2,55	1,82	2,32	3	4	2

Fuente: Nasa.gov-<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> - Propia

Tabla 21. Cálculo de Hora Solar Pico (HSP)

Cálculo de Hora Solar Pico (HSP)				
Detalle	MEJOR	MEDIA	PEOR	Unidades
Irradiación	227,53	200,51	178,99	kWh/m2
HSP	7,58	6,68	5,97	h

Fuente: Propia

Luego de haber determinado la Demanda energética diaria (real) con un total de **326680,49 Wh/día** y de calcular las Horas Solares Pico (HSP), se procede a escoger el peor escenario, el cual tiene un valor de 7,58 para determinar a continuación la cantidad de paneles solares.

Análisis de la cantidad de paneles solares para Panel con Seguimiento Solar

Tomando en consideración que la potencia del generador se determina de la siguiente manera, luego se determina la cantidad de paneles solares.

- Potencia del generador

$$P \text{ (Generador Fotovoltaico)} = \frac{\text{Demanda energética}}{HSP}$$

Tabla 22. Datos iniciales para calcular Paneles Solares – Panel con seguidor Solar

CANTIDAD DE PANELES SOLARES				
DATOS INICIALES				
Demanda Energética	326680,49	Wh/día	Tensión del sistema	
HSP	7,58	h/día	Potencia (W)	Tensión nominal (V)
Tensión Nominal	120	V	$P \leq 1000$	12
Temperatura max.	22	°C	$1000 < P < 2500$	24
Temperatura min.	18	°C	$2500 \leq P < 5000$	48
Potencia del Generador FV	43073,1	W	$P \geq 5000$	120

Fuente: Elaboración propia

Luego de contar con la información inicial para el cálculo de la cantidad de paneles solares se procede a determinar la ficha técnica del panel fotovoltaico. Para ello se utilizan las siguientes fórmulas, (Saavedra y Vásquez,2021).

- Temperatura de celda

$$T_c = T_a + G \left(\frac{T_{NOCT} - 20}{800} \right)$$

- Corrección por Temperatura a las características del panel FV

$$\Delta P_{Máx} = (T_{cmax} - 25) \text{ } ^\circ\text{C} * \text{Coef. } T_{Pmax} \% / ^\circ\text{C}$$

$$\Delta V_{OC} = (T_{cmin} - 25) \text{ } ^\circ\text{C} * \text{Coef. } T_{VOC} \% / ^\circ\text{C}$$

$$\Delta I_{SC} = (T_{cmax} - 25) \text{ } ^\circ\text{C} * \text{Coef. } T_{ISC} \% / ^\circ\text{C}$$

- Cantidad de paneles FV

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{P_{G-FV}}{P_{FV \text{ elegido (corregido)}}$$

- Número de paneles FV en serie

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{P_{gener.}}{P_{max.correg.}}$$

- Número de paneles FV en paralelo

$$N^{\circ}_{PP} = \frac{P_{G-FV}}{P_{FVelegido(corregido)} \times N^{\circ}_{PS}}$$

Leyenda:

T_a = Temperatura máxima

G = Coeficiente solar

TNOCT = Temperatura de operación nominal de célula (ficha técnica)

$\Delta P_{Máx}$ = Variación de potencia

ΔV_{OC} = Variación de voltaje

ΔI_{SC} = Variación de corriente

Una vez identificadas las fórmulas requeridas para los cálculos del panel fotovoltaico se tiene a continuación la siguiente ficha técnica el cual esta detallada en el Anexo N°12.

Tabla 23. Datos de ficha técnica de los paneles fotovoltaicos

FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO		
Marca	JINKOSOLAR	
Pmax	610	W
Vnom	120	V
Vpm	45,6	V
Ipm	13,38	A
Voc	55,31	V
Isc	14,03	A
TNOCT	45	°C
Coef. Temp. Pmax	-0,3	%
Coef. Temp. Voc	-0,25	%
Coef. Temp. Isc	0,046	%

Se consideraron múltiples opciones para la elección del panel solar, el cual se optó por la tecnología BIFÁSICA ya que tiene un 20% de ganancia de potencia en función del albedo y del diseño fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Datos de temperatura para panel fotovoltaico

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA		
Tc	46,60	°C
Var. Potencia	-6,48	%
Var. Voc	1,78	%
Var. Isc	0,99	%
Pot. max corregida	570,47	W
Voc Corregido	56,29	V
Isc Corregido	14,17	A
Voc en serie	168,88	V
ISC en paralelo	368,40	A

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro se hicieron la corrección respectiva y las variaciones de potencia, corriente y voltaje que influenciarán en el cálculo de la cantidad de paneles solares, mediante cálculos operacionales.

Posteriormente, se realizaron los cálculos de la cantidad de paneles fotovoltaicos, la cuantía de paneles FV en serie y en paralelo y la potencia del generador fotovoltaico.

- Cantidad de paneles FV

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{P_{G-FV}}{P_{FV \text{ elegido (corregido)}}$$

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{43073,1}{570,47} = \mathbf{75 \text{ paneles solares}}$$

- N° de paneles FV en serie

$$N^{\circ} \text{ PS} = \frac{V_{NOM}}{V_{MPP}}$$

$$N^{\circ} \text{ PS} = \frac{120}{45,6} = \mathbf{3 \text{ paneles en serie}}$$

- N° de paneles FV en paralelo

$$N^{\circ} \text{ PP} = \frac{P_{G-FV}}{P_{FV \text{ elegido (corregido)} \times N^{\circ} \text{ PS}}$$

$$N^{\circ} \text{ PP} = \frac{43073,1}{570,47 \times 3} = \mathbf{25 \text{ paneles en paralelo}}$$

La potencia del generador finalmente se calcula de la siguiente manera:

Potencia del Generador FV = P_{G-FV} = Demanda energética/HSP

Potencia del Generador FV = 326680,49 / 7,58

Potencia del Generador FV = 43073,1 Watts

El modelo del sistema de generación fotovoltaico y sus paneles solares se podrán visualizar de la siguiente manera:

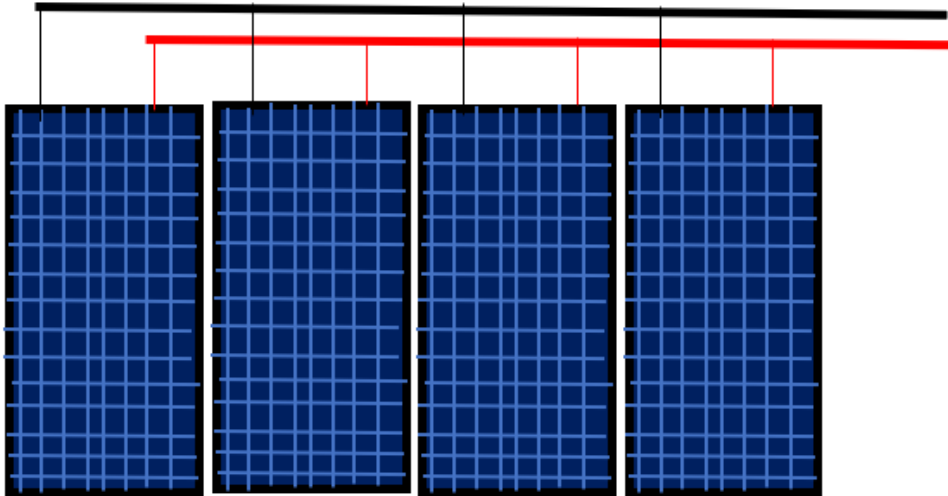


Figura 14. Diseño de paneles solares fotovoltaicos

Fuente: Propia

Análisis del dimensionamiento de la batería

Para analizar el dimensionamiento de la batería se toma en cuenta primero el desarrollo de la siguiente fórmula. (Saavedra y Vásquez,2021).

$$Capacidad_{(Ah)} = \frac{Demanda\ energética\ X\ Días\ de\ autonomía}{V_{Bat} \ X\ PD}$$

Y se consideran también los datos analizados en la figura detallada en el Anexo N°13.

Tabla 25. Cálculo de la capacidad de la batería

Dimensionamiento de la batería		
Demanda Energética	326680,49	Wh/día
Tensión del sistema	120	V
Días de autonomía	2	días
Profundidad de Descarga	0,6	
Capacidad de la batería	7006,67	Ah

Fuente: Elaboración propia

Para definir la capacidad de la batería se hizo uso de la siguiente fórmula

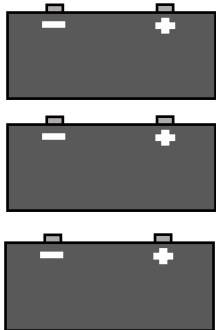
$$Capacidad_{(Ah)} = \frac{Demanda\ energética\ X\ Días\ de\ autonomía}{V_{Bat}\ X\ PD}$$

$$Capacidad_{(Ah)} = \frac{326680,49\ X\ 2}{120\ X\ 0,6} = 7006,67Ah$$

Se calcula los otros datos de dimensionamiento de la batería con el modelo de baterías descrito en el Anexo N°12 es decir la batería de marca JIANGSU OLITER.

Tabla 26. Dimensionamiento de la batería

Dimensionamiento de la batería		
Tensión de la Batería	53	V
Capacidad de la Batería	100	Ah
N° Baterías en serie	2,26	3
N° Baterías en paralelo	70,07	70
Cantidad de baterías	210	
CAPACIDAD DE BATERÍAS	7000	Ah



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se llevaron a cabo las estimaciones para establecer la cantidad de baterías requeridas, así como el numero solicitado de baterías dispuestas en serie y en paralelo, además de calcular la capacidad total de las baterías.

- **Cantidad de baterías**

$$N^{\circ} baterías = bat. serie \times bat. paralelo$$

$$N^{\circ} baterías = 3 \times 70 = 210 \text{ baterías}$$

- **N° de baterías en serie**

$$N^{\circ} bat. = \frac{V_{NOM}}{V_{bat.}}$$

$$N^{\circ}_{bat.} = \frac{120}{53} = 3 \text{ baterías en serie}$$

- **N° de baterías en paralelo**

$$N^{\circ}_{BP} = \frac{\text{Capacidad de Batería}}{\text{Cap.de bat.elegido}}$$

$$N^{\circ}_{BP} = \frac{7006,67}{100} = 70 \text{ baterías en paralelo}$$

La capacidad final de la batería, se calcula de la siguiente manera:

Capacidad de batería = Cap. Bat. Elegida x N° bat. en paralelo

Capacidad de batería = 100 x 70 = 7000 Ah.

Análisis del dimensionamiento del regulador

Para analizar el dimensionamiento del regulador del sistema fotovoltaico se toma en cuenta primero el desarrollo de la siguiente fórmula. (Espinoza y Zanoni, 2021)

- Corriente del regulador

$$I_{Max,G} = I_{SC}, G = N_{Mp} \times I_{SC}$$

$$I_{cont} > f.S \times I_{Max,G}$$

Tabla 27. Dimensionamiento del regulador

DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR		
Factores calculados	Valor	Unidad
Corriente máxima del G-FV	368,40	A
Factor de seguridad	1,25	
Corriente Regulador	460,51	A
Tensión de la batería	120,00	V
Máximo amperaje en el mercado	100	A
Cantidad de reguladores	5	

Fuente: Elaboración propia

Es importante recordar que para calcular los valores obtenidos en el dimensionamiento del regulador se hizo uso de los datos revisados en la tabla detallada en el Anexo N°14 de este informe.

Elección del regulador en el sistema fotovoltaico

Considerando el dimensionamiento del regulador y tomando en cuenta la funcionalidad requerida por el sistema fotovoltaico deseado se realiza la evaluación y selección del de este mediante un análisis de factores, considerando las siguientes valoraciones.

Tabla 28. Valoraciones para la elección del regulador

VALORACIÓN	
Adecuado	5
Poco adecuado	3
Inadecuado para su uso	1

Fuente: Elaboración propia

Los criterios de evaluación para la determinación del mejor regulador elegido se dan a continuación.

Tabla 29. Criterio de evaluación para el regulador.

Criterio de evaluación para el regulador		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Corriente máxima soportada	Se analiza la corriente máxima debido al requerimiento de la propuesta.	0.25
Amperaje máximo del regulador	Se analiza el amperaje máximo debido al requerimiento de la propuesta.	0.25
Confiabilidad del producto	Se evalúa la marca y la confiabilidad del regulador a elegir	0.15
Facilidad de instalación	Se analiza la facilidad de instalación y la adecuación del regulador al sistema propuesto.	0.15
Costo	Considerar el precio del regulador al momento de seleccionarlo.	0.2
Total, valoración		1.00

Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis de los valores dados a cada característica del regulador se realiza la evaluación de dichos factores considerando cada uno de los reguladores evaluados.

Tabla 30. Análisis de factores para la elección del regulador.

Análisis de factores para selección del regulador				
Criterio	Regulador/ Solar PWM 100A	Puntaje	Regulador/ Solar MPPT 100A	Puntaje
Corriente máxima soportada	5	1.25	3	0.75
Amperaje máximo del regulador	5	1.25	5	1.25
Confiabilidad del producto	5	0.75	3	0.45
Facilidad de instalación	3	0.45	3	0.45
Costo	5	1	3	0.6
TOTAL		3.7		2.9

Fuente: Elaboración propia

Después de completar la valoración de los elementos para determinar el regulador más adecuado en la propuesta, se obtiene en base al puntaje de 3.7 obtenido que el Regulador/Solar PWM 100A de la marca VICTRON es el más adecuado para su uso en la propuesta generada del sistema fotovoltaico y su precio se establece en el presupuesto de esta propuesta.

Análisis del dimensionamiento del Inversor

Para analizar el dimensionamiento del inversor del sistema fotovoltaico se toma en cuenta primero el desarrollo de la siguiente fórmula (Espinoza y Zanoni, 2021).

- Potencia del inversor

$$P_{Inv} = \sum P_{AC} \times f. s$$

Para determinar los valores detallados en la siguiente tabla se toma en cuenta las especificaciones y los cálculos detallados en la ficha técnica de un Inversor, la cual se puede visualizar en el Anexo N°15 de este informe. En base a esta información revisada se detalla la siguiente tabla que analiza los valores para el dimensionamiento del inversor.

Tabla 31. Dimensionamiento del inversor

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR		
Potencia total de consumo	208803,28	W
Factor de simultaneidad	0,8	
Tensión del sistema	120	V
Potencia del Inversor	167042,62	W
Potencia de salida del inversor en el mercado (intermedio)	22500	w
Cantidad de Inversor	8	

Fuente: Elaboración propia

Los datos revisados nos determinan tanto la potencia de salida del inversor como la cantidad de inversores a utilizar para los cálculos pertinentes.

Elección del inversor el sistema fotovoltaico

Considerando el dimensionamiento del inversor y tomando en cuenta la funcionalidad requerida por el sistema fotovoltaico deseado se realiza la evaluación y selección del inversor mediante un análisis de factores, considerando las siguientes valoraciones.

Tabla 32. Valoraciones para la elección del inversor

VALORACIÓN	
Adecuado	5
Poco adecuado	3
Inadecuado para su uso	1

Fuente: Elaboración propia

Los criterios de evaluación para determinar el inversor elegido se dan a continuación.

Tabla 33. Criterios de evaluación para el inversor.

Criterio de evaluación para el inversor		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Potencia del inversor	Se analiza la potencia brindada por el inversor elegido.	0.4
Confiabilidad del producto	Se evalúa la marca y la confiabilidad del inversor a elegir	0.2
Condición de instalación	Se analiza la facilidad de instalación y la adecuación del inversor al sistema propuesto.	0.2
Costo	Se debe tomar en cuenta el costo del inversor para su elección	0.2
Total, valoración		1.00

Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis de los valores dados a cada característica del inversor se realiza la evaluación de dichos factores considerando cada uno de los inversores evaluados.

Tabla 34. Análisis de factores para la elección del inversor.

Análisis de factores para selección del inversor				
Criterio	Inversor Sunny Boy-2000 HF/RED	Puntaje	Inversor Growatt MOD 15KTL3-X	Puntaje
Potencia del inversor	3	1.2	5	2
Confiabilidad del producto	3	0.6	3	0.6
Condición de instalación	5	1	5	1
Costo	3	0.6	5	1
TOTAL		3.4		4.6

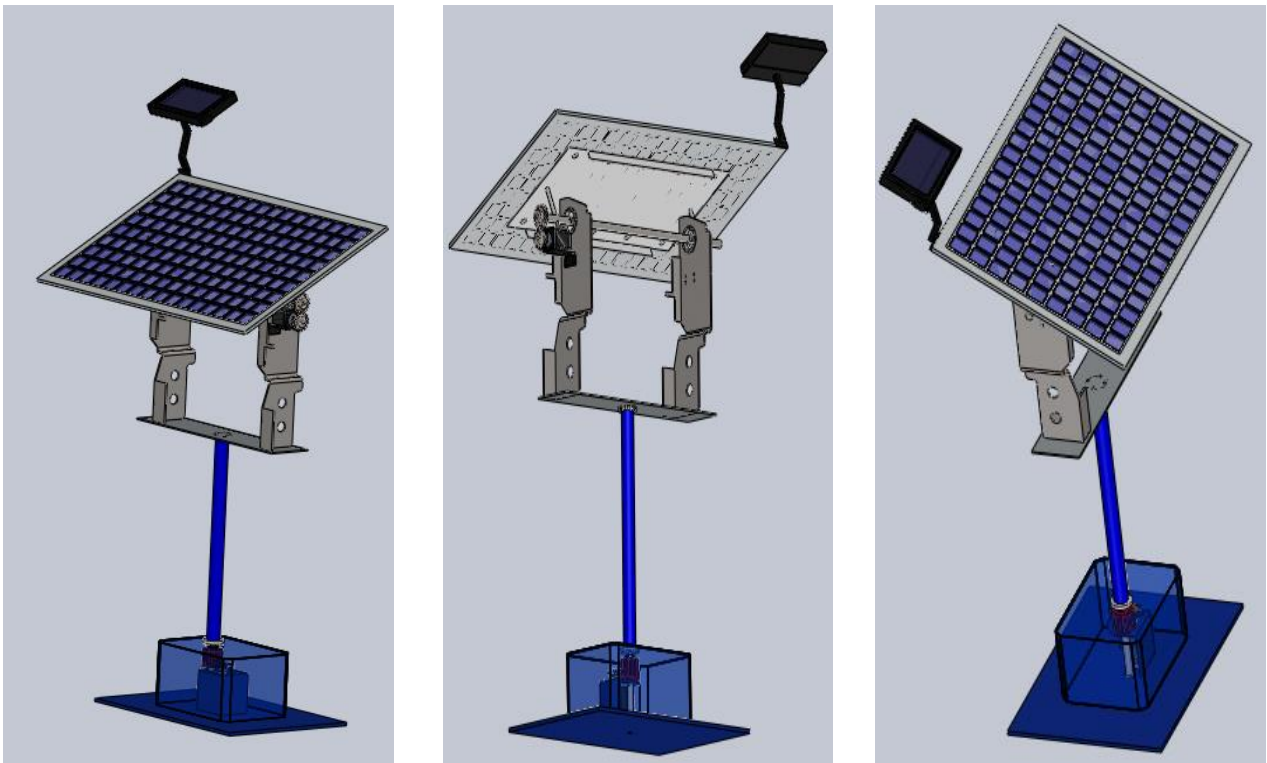
Fuente: Elaboración propia

Después de completar la valoración de los elementos para determinar el inversor más adecuado en la propuesta, se obtiene en base al puntaje de 4.6 obtenido que el Inversor Growatt MOD 15KTL3-X es el más adecuado para su uso en la propuesta generada del sistema fotovoltaico y su precio se establece en el presupuesto de esta propuesta. (anexo 14).

Estructura de soporte

El soporte del mecanismo fotovoltaico con seguimiento solar es conformado por una estructura metálica compuesta por tubos metálicos, ángulos de metal y un perfil rectangular tubular. Esto proporciona estabilidad al dispositivo de seguimiento solar, sustenta tanto el mecanismo de control del movimiento como el de transmisión, y proporciona puntos de conexión y sujeción para estos componentes. Las figuras exhiben el diseño recurriendo al software SolidWorks. Véase en anexo N°22 donde está la estructura completa del sistema de seguidor solar de dos ejes.

Figura 15. Estructura de soporte para el sistema fotovoltaico con seguimiento solar



Fuente: Elaboración propia: Dioses Tomy – Chuquisapón Omar
Software SolidWorks 2021- esquema completo en anexo N°19

Sistema de mecanismo de desplazamiento

Este mecanismo tiende a estimar el ángulo horizontal que se ajusta al desplazamiento del eje vertical y el ángulo de orientación o elevación característico del desplazamiento

del eje horizontal del panel fotovoltaico.

Figura 16. Sistema de movimiento del seguidor solar de dos ejes

Fuente: Elaboración propia



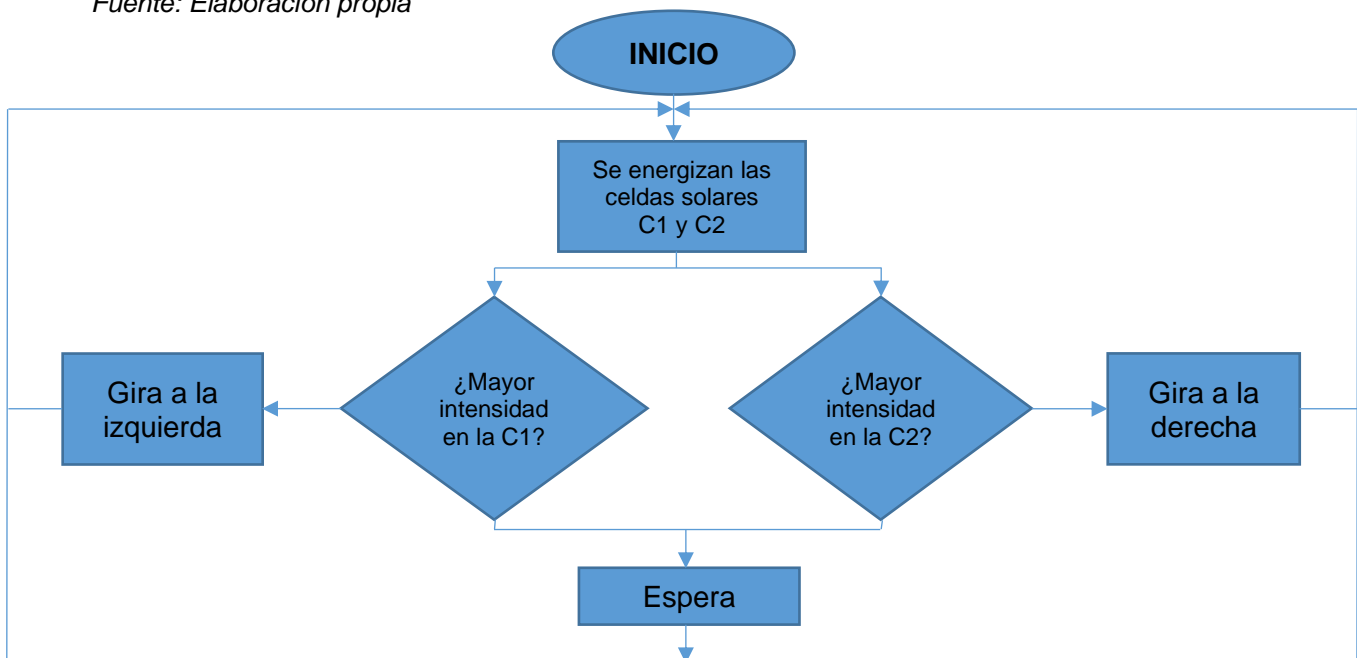
Posteriormente, se describe el mecanismo que supervisa los desplazamientos del panel fotovoltaico.

El dispositivo emplea un conjunto de dos células solares autónomas con características de 6 voltios de (V_{cc}), 110 mA y 0,6 (W) cada una. Además, cuenta con un sensor LDR y están posicionadas en la parte superior del panel solar. El desplazamiento vertical del panel fotovoltaico variara según la posición desde donde reciba mayor cantidad de luz solar.

Estos sensores LDR se aplica como sensores para facilitar el desplazamiento horizontal; estos elementos funcionan de manera similar a los sensores que dirigen el desplazamiento vertical.

Figura 17. Diagrama de flujo de funcionamiento de movimiento de panel con seguidor solar

Fuente: Elaboración propia



Separación de los módulos fotovoltaicos

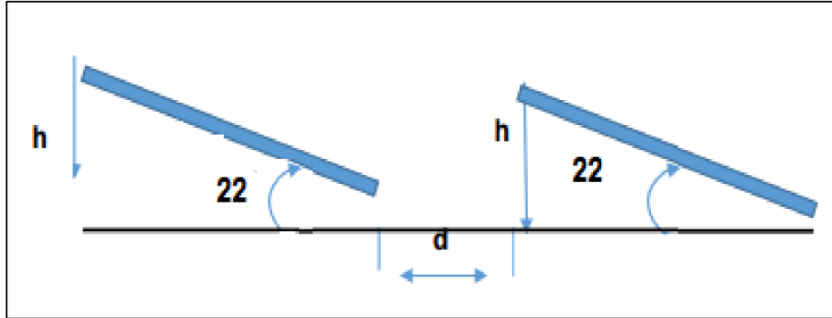


Figura 18. Separación de módulos fotovoltaicos

Fuente: Elaboración propia

Se determina la separación entre paneles solares para evitar sombras y roses entre paneles, cuando estos se desplacen de forma horizontal y vertical. Las medidas del plano de estructura donde se detalla más las medidas están en el anexo 22. (Ullilen,2020)

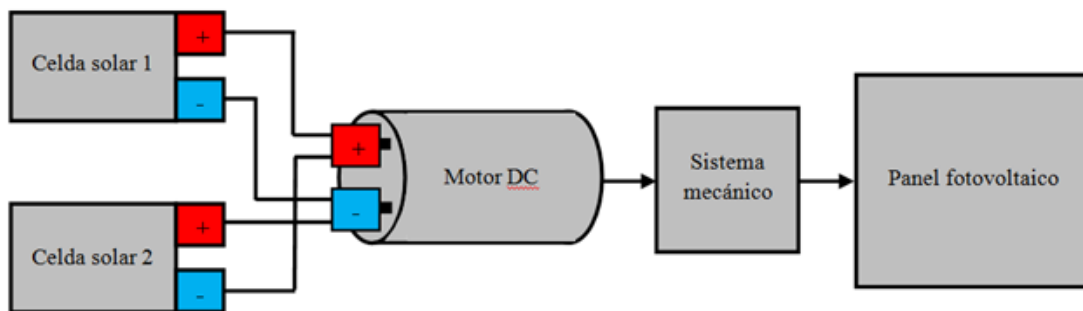
$$D_{\text{mínima}} = \frac{h}{\text{tag } 61^\circ - \text{lat.}}$$
$$D_{\text{mínima}} = \frac{1.80 \text{ m}}{\text{tag } 61^\circ - (-6.15232203000)}$$
$$D_{\text{mínima}} = 0.41 \text{ m}$$

Sistema de transmisión (etapa de potencia)

Este mecanismo consiste en un conjunto de engranajes y ejes, ilustrados en la figura 15, que se desplazan mediante motores de CC. El seguidor solar emplea dos motores: uno para el desplazamiento vertical y otro para el horizontal. La dirección del movimiento de los motores se determina por la disparidad de potencia generada por las células solares. La interconexión de estas células solares con cada uno de los motores se explica así: la celda solar 1 se conecta al motor utilizando una polarización directa (conexión del terminal positivo de la célula solar al terminal positivo del motor y conexión del terminal negativo de la célula solar al terminal negativo del motor), esto

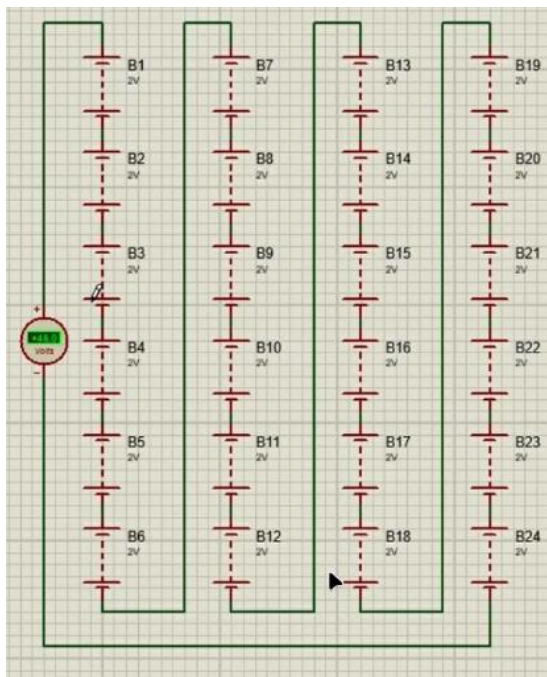
ocasiona que cuando la luz solar impacta sobre esta celda, el motor gira en dirección de las agujas del reloj. La celda solar 2 se enlaza utilizando polarización inversa (unión del terminal positivo de la celda solar al terminal negativo del motor y el terminal negativo de la celda solar al terminal positivo del motor); cuando la luz ilumina sobre esta segunda celda, el motor gira en sentido contrario a las agujas del reloj. Cuando ambas celdas solares reciben la misma intensidad de luz solar, el motor permanece inmóvil.

Figura 19. Diagrama de estructura de conexiones de motor a celdas solares



Fuente: Elaboración propia

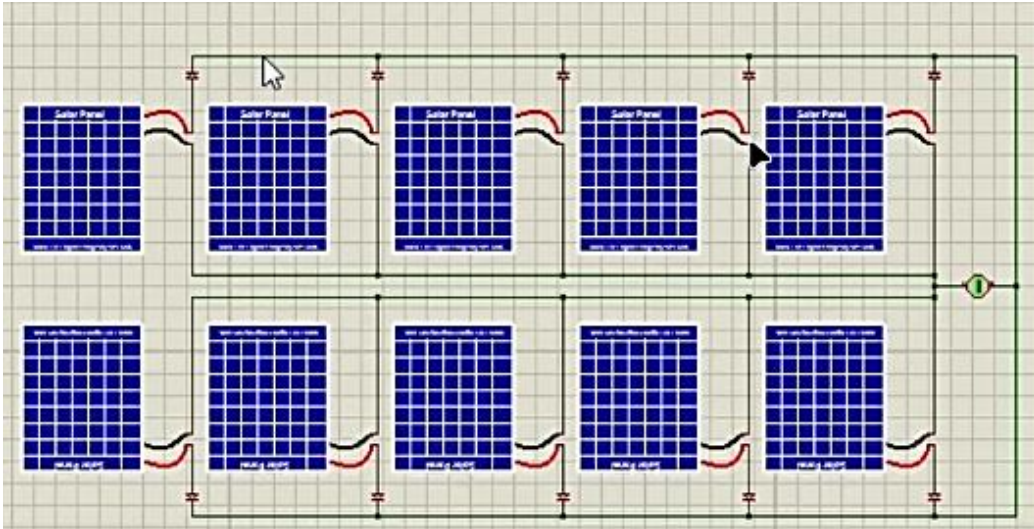
Figura 20. Conexiones de baterías



Se realizan las conexiones de las baterías en serie para poder obtener la fuente de energía que se quiere obtener. La simulación se realizó en Proteus.

Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Conexiones de los paneles solares



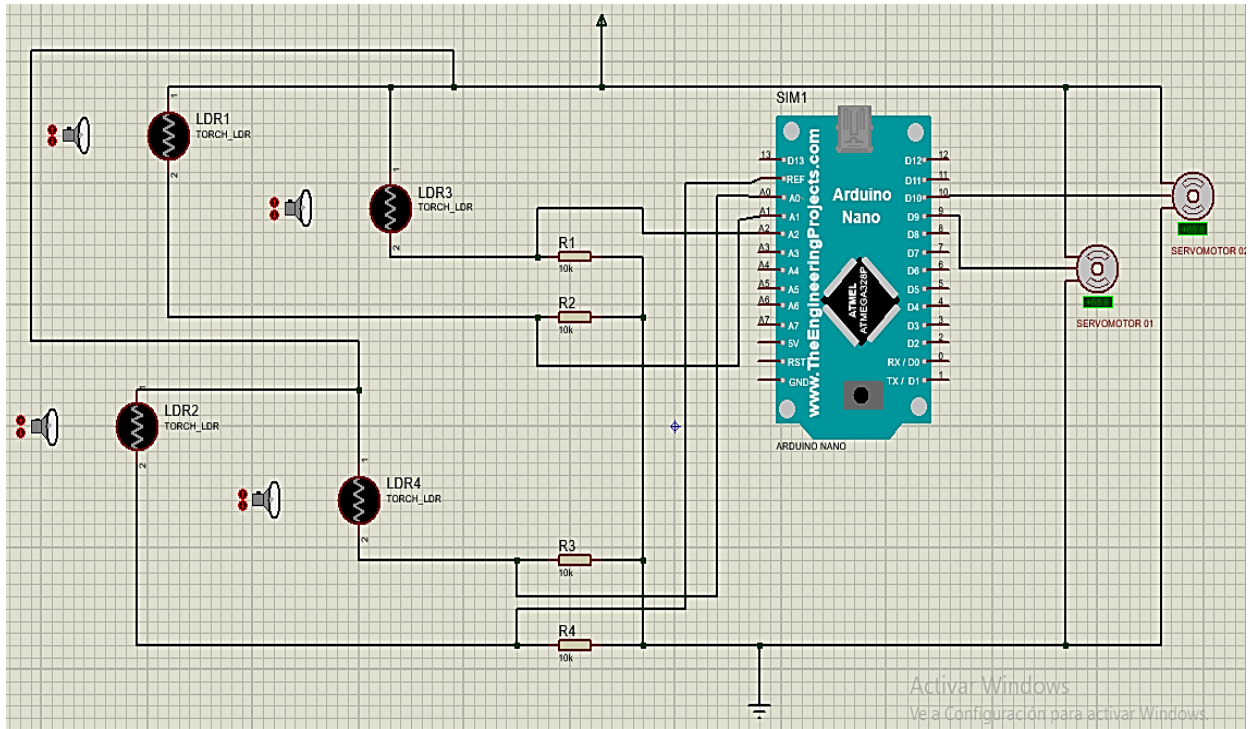
Fuente: Elaboración propia

Se realizan las conexiones de paneles solares en serie y paralelo para poder obtener la fuente de energía que se quiere obtener. La simulación se realizó en Proteus

Sistema de recepción de datos

Para obtener tanto el desplazamiento horizontal y vertical de los dos paneles fotovoltaicos con seguimiento solar, se emplearon una tarjeta Arduino Nano 3.0, dos servomotores, cuatro sensores LDR, cuatro resistencias de 10k y diversos conectores. Estos dispositivos electrónicos están interconectados mediante una tarjeta de circuito impreso (PCB) designada como tarjeta de adquisición de datos. La figura 22 ilustra el esquema de conexiones de esta tarjeta, aplicada durante las pruebas de campo para medir la corriente, el voltaje y, en consecuencia, el rendimiento fomentado por ambos sistemas.

Figura 22. Diagrama de conexiones de esta tarjeta de adquisición de datos



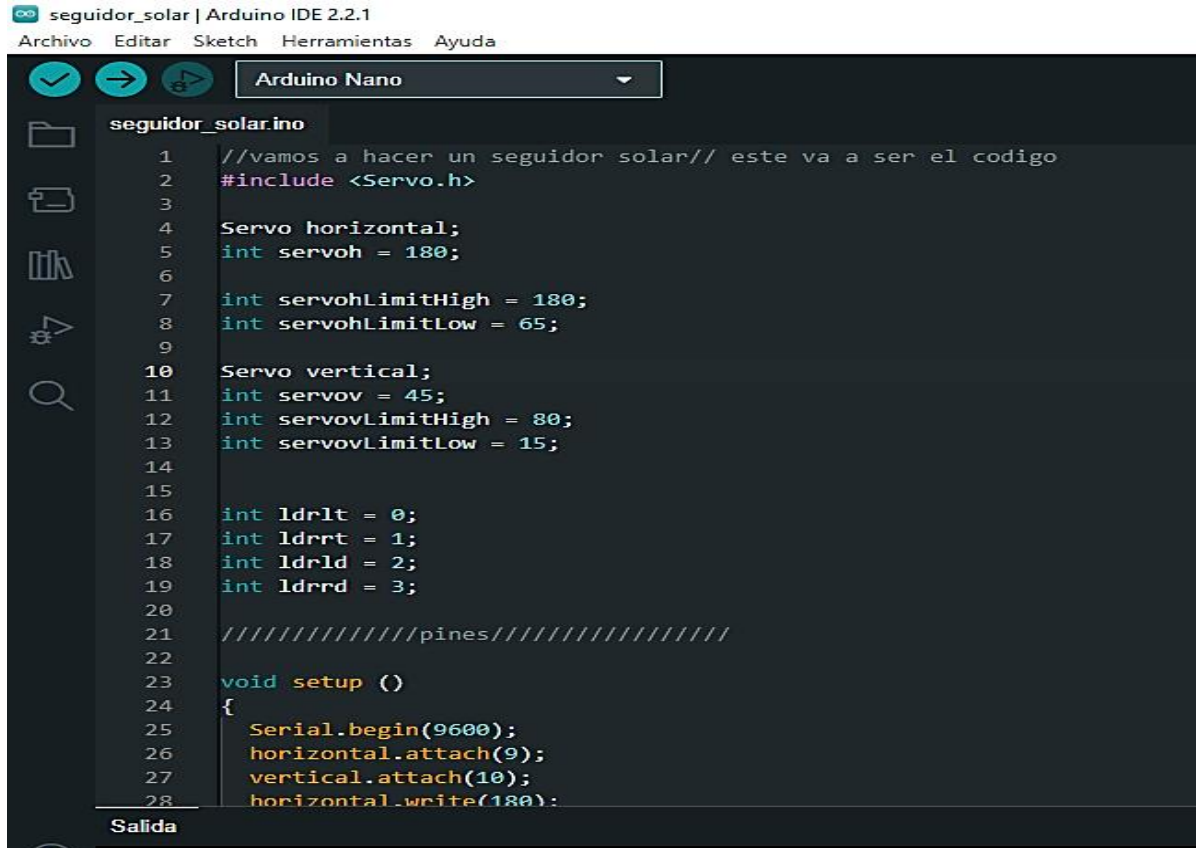
Fuente: Elaboración propia – Software Proteus

Se realizó el diagrama esquemático electrónico que llevaría el seguidor solar para su automatización. Véase en el Anexo N°17

Sistema de programación de datos

El lenguaje de programación será a través del programa Arduino, con el lenguaje arquitectónico de programación se simuló el movimiento tanto horizontal como vertical, la cual dependió de los motores de paso que le dan movimiento respectivo a cada eje. El lenguaje completo de programación por Arduino se puede observar en el anexo N°16.

Figura 23. Programación con el lenguaje de Arduino



```
seguidor_solar.ino
1 //vamos a hacer un seguidor solar// este va a ser el codigo
2 #include <Servo.h>
3
4 Servo horizontal;
5 int servoh = 180;
6
7 int servohLimitHigh = 180;
8 int servohLimitLow = 65;
9
10 Servo vertical;
11 int servov = 45;
12 int servovLimitHigh = 80;
13 int servovLimitLow = 15;
14
15
16 int ldr1t = 0;
17 int ldr1r = 1;
18 int ldr1d = 2;
19 int ldr1r = 3;
20
21 ////////////////pines////////////////////
22
23 void setup ()
24 {
25   Serial.begin(9600);
26   horizontal.attach(9);
27   vertical.attach(10);
28   horizontal.write(180);

```

Fuente: Elaboración propia – Software Arduino

Determinación de los conductores eléctricos de interconexión

Antes de precisar el calibre adecuado de los conductores eléctricos, es fundamental examinar la naturaleza de la corriente eléctrica que circulara entre los elementos de la central fotovoltaica. en el caso de la CA, que se mueve entre el inversor y la carga instalada, se aplicara la siguiente ecuación para realizar los cálculos eléctricos respectivos (Espinoza y Zanoni, 2021).

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

Donde:

S_{CABLE} = Sección mínima recomendada (mm²)

L = longitud de tramo (m)

I = corriente para cada tramo de la instalación (A)

ΔV = Caída máxima permitida para cada tramo (V)

Tabla 35. Tabla de conductores eléctricos NYY TRIPLE

CALIBRE	N° HILOS	ESPEORES		DIAMETRO		PESO	CAPACIDA DE CORRIENTE		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N° x mm ²		mm	mm	mm	mm	(KG/Km)	A	A	A
3-1x6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3-1x10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3-1x16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3-1x25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3-1x35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3-1x50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3-1x70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3-1x95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3-1x120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3-1x150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3-1x185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3-1x240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3-1x300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3-1x400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3-1x500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

Fuente: INDECO

Tabla 36. Tabla de conductores eléctricos NYY TRIPLE

CALIBRE	N° HILOS	ESPEORES		DIAMETRO		PESO	CAPACIDA DE CORRIENTE		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	EXTERIOR	ENTERRADO		AIRE	DUCTO	
N° x mm ²		mm	mm	mm	mm	(KG/Km)	A	A	A
2x1x6	1	1	1.4	15.4		218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17		307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3		454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5		672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6		880	205	175	170

Fuente: INDECO

Conductor entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga; caída de tensión $\Delta V \leq 3\%$

$$\Delta V = 3\% \times (120v) = \frac{3 \times 120}{100} = 3.6v$$

En el catálogo de panel solar de Jinkosolar de 610 Wp

$$I_{cortocircuito \text{ del panel}} = 14.03A$$

$$I_{\text{generador-regulador}} = 1.25 \times I_{\text{cortocircuito de panel}} \times N_{\text{paneles paralelo}}$$

$$I_{\text{generador-regulador}} = 1.25 \times 14.03 \times 25$$

$$I_{\text{generador-regulador}} = 438.43 \text{ A}$$

Entonces:

$$S_{\text{CABLE}} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

$$S_{\text{CABLE}} = \frac{2 \times 7 \times 438.43}{56 \times 3.6} = 30.44 \text{ mm}^2$$

De la tabla N°35, seleccionamos el conductor de 3-1x35mm² - NYY

Conductor entre la batería y el regulador de carga; caída de tensión $\Delta V \leq 1\%$

$$\Delta V = 1\% \times (120\text{v}) = \frac{1 \times 120}{100} = 1.2 \text{ v}$$

En el catálogo de panel solar de Jinkosolar de 610 Wp

$$I_{\text{cortocircuito del panel}} = 14.03$$

$$I_{\text{generador-regulador}} = 1.25 \times I_{\text{cortocircuito de panel}} \times N_{\text{paneles paralelo}}$$

$$I_{\text{generador-regulador}} = 1.25 \times 14.03 \times 25$$

$$I_{\text{generador-regulador}} = 438.43$$

Entonces:

$$S_{\text{CABLE}} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

$$S_{\text{CABLE}} = \frac{2 \times 4 \times 438.43}{56 \times 1.2} = 52.19 \text{ mm}^2$$

De la tabla N°35, seleccionamos el conductor de 3-1x70mm² – NYY

Conductor entre inversor y la carga; caída de tensión $\Delta V \leq 1\%$

$$I_{\text{MAXinv.}} = 1.25 \times P_{\text{inversor}} / (V_{\text{tensión de trabajo}} \times \eta_{\text{inversor}})$$

$$I_{\text{MAXinv.}} = 1.25 \times 22500 / (580 \times 0.98)$$

$$I_{\text{MAXinv.}} = 49.48 \text{ A}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 4 \times 49.48}{56 \times 1.2} = 5.89 \text{ mm}^2$$

De la tabla N°36, seleccionamos el conductor de 3-1x6mm² – NYY

Protección contra sobre tensiones

Se emplearán sistemas de protección como fusibles para prevenir daños causados por corrientes excesivas que puedan surgir debido a sobrecargas o cortocircuitos. Se hace efecto a los datos de la tabla N°35 con respecto a la capacidad de corriente.

Tabla 37. Elección de protecciones sobre tensiones

GENERADOR FOTOVOLTAICO- REGULADOR	$I_b \leq I_n \leq 0.9x I_{ADM}$ $438.43 \leq I_n \leq 0.9x (157)$ $438.43 \leq I_n \leq 141.3$ $I_n = 300A$
REGULADOR - BATERÍA	$I_b \leq I_n \leq 0.9x I_{ADM}$ $438.43 \leq I_n \leq 0.9x (222)$ $438.43 \leq I_n \leq 199.8$ $I_n = 300 \text{ A}$
BATERÍA - INVERSOR	$I_b \leq I_n \leq 0.9x I_{ADM}$ $49.48 \text{ A} \leq I_n \leq 0.9x (58)$ $49.48 \text{ A} \leq I_n \leq 52.2$ $I_n = 50 \text{ A}$

Fuente: Propia

Estas cantidades calculas nos facilitan al poder elegir la protección adecuada para el sistema y sus dispositivos, el cual llevará consigo mejores rendimientos y evitar sobrecargas.

Protección del inversor

Se emplearán interruptores termomagnéticos tripolares de 3x125 A. de la marca ABB

$$I_{\text{interruptor-termomagnetico}} = \frac{P_{\text{inversor}}}{220} = \frac{22500}{220} = 102.27 \text{ A}$$

Sistema a puesta a tierra

Con lo mencionado con Cayatopa (2019), la conexión a tierra representa un componente esencial en cualquier configuración eléctrica. Se establece que el propósito principal de la conexión a tierra es limitar la tensión que las estructuras metálicas puedan presentar respecto a este punto de referencia, garantizar la activación de las protecciones y reducir o mitigar los riesgos asociados a posibles fallas en los materiales eléctricos utilizados. La sección mínima de la sección principal de tierra es de 16 mm² según el CNE.

Dimensionamiento del sistema de distribución en 220 v.

Se determinó las dimensiones del sistema de distribución, seguiremos las pautas por la norma D.E.G. titulada “Fundamentos para la planificación de líneas y redes secundarias utilizando conductores auto portables para la electrificación en áreas rurales”.

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Cálculo de caída de tensión

La fórmula para calcular redes aéreas es la siguiente: (Cayotopa, 2019)

$$\Delta V = K \times L \times I \times 10^{-3}$$

Donde:

I = Corriente eléctrica que recorre el circuito AC

L = Longitud del tramo en m.

K= Factor de caída de tensión

Los valores de K, se pueden observar en la tabla



Tabla 38. Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados – red primaria

Conductor	K (factor de caída de tensión)	Capacidad de corriente (A)
CCCA 16 mm ²	0,5	100
CCCA 25 mm ²	0,5	125

Fuente: INDECO

Tabla 39. Características eléctricas de los conductores eléctricos seleccionados – red secundaria

Conductor	K (factor de caída de tensión)	Capacidad de corriente (A)
2x35/25	3,96	85
1x16/25	3,96	64

Fuente: Catálogo de Tecsur

Véase en el anexo N°29, los valores respectivos en el catálogo de INDECO para las consideraciones respectivas del cálculo de dimensionamiento de tendido de conductor eléctrico para la red primaria.

Máxima caída de tensión permisible

En una red de distribución en áreas rurales, la pérdida máxima de voltaje desde el punto de diseño de sistema fotovoltaico de distribución hasta el punto más distante de la red no debe ser superior al 5% de voltaje nominal.

Sistema de red secundaria 220v: Máxima caída de tensión es de 11v.

El sistema de distribución se estableció como monofásico a 220V, y se ha evaluado la utilización del conductor 2x35/25 y 1x16/25, que tienen una capacidad de corriente de 85 y 64 amperios respectivamente basándose en la tabla N°39. A partir de la potencia del inversor, se determina la corriente eléctrica necesaria para el diseño:

Aquí se considera la potencia del inversor

$$I_{MAXcarga} = \frac{P_{inversor}}{220} = \frac{22500}{220} = 102.27 A$$

Para la distribución de la red primaria: 102.27 A < 125 A (tabla N°38)

Distancias mínimas del conductor a superficie del terreno

Tabla 40. Distancias mínimas del conductor a la superficie del terreno

Disposición	Carreteras y avenidas	Calles y caminos	Áreas no transitables por vehículos	Calles y caminos en zonas rurales
Al cruce	6,5	5,5	4,0	5,5
A lo largo	5,5	5,0	4,0	4,5

Fuente: CNE

CÁLCULOS MECÁNICOS

Los cálculos mecánicos del conductor se fundamentan en supuestos sobre las condiciones ambientales, los cuales se determinaron considerando los factores meteorológicos presentados en la siguiente tabla.

Tabla 41. Hipótesis para usar la ecuación de cambio de estado

HIPÓTESIS N°01: CONDICION DE MÁXIMO ESFUERZO	✓ Temperatura: 5 °C ✓ Velocidad de viento: 70 Km/h.
HIPÓTESIS N°02: CONDICION DE MAYOR DURACIÓN (EDS)	✓ Temperatura: Media anual (entre 15 y 25 °C, salvo excepciones) 15 °C ✓ Velocidad de viento: Nula
HIPÓTESIS N°03: CONDICION DE FLECHA MÁXIMA	✓ Temperatura: 50 °C ✓ Velocidad de viento: Nula

Fuente: CNE

Esfuerzos mecánicos en el conductor portante

- El esfuerzo máximo soportado por el conductor fabricado con aleación de aluminio será constante, alcanzando alrededor de 52,3 N/mm², equivalente aproximadamente al 18% del límite de rotura del conductor.
- El esfuerzo máximo del conductor no superará 176 N/mm².

- c) Si los esfuerzos en el conductor portante superan el límite establecido debido a la formación de hielo, el consultor puede decidir utilizar un esfuerzo EDS inferior a 52,3 N/mm².

Carga unitaria resultante del conductor

$$W_r = \sqrt{W_c^2 + W_v^2} \quad \text{Donde:} \quad W_v = \frac{d * P_v}{1000}$$

P_v: Presión del viento (Kg/m²)

D: Diámetro del conductor (mm)

W_c: Peso propio del conductor (Kg/m)

Flecha del conductor

$$f = \frac{W_r * L^2}{8A\sigma}$$

W_r: Peso resultante del conductor (Kg/m)

L: Vano (m)

A: Sección del conductor (mm²)

σ²: Esfuerzo en la hipótesis considerada (Kg/mm²)

Vano básico

Para lograr un tramo representativo que abarque varios tramos distintos entre dos estructuras de anclaje, fue necesario establecer un tramo inicial que garantice una tensión uniforme a lo largo de toda la línea, debido al tensado de conductores entre dichas estructuras de anclaje.

$$V_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^3}{\sum_{i=1}^n L_i}}$$

Donde:

V_b : es el vano básico

L_i : vanos entre dos postes de anclaje

Consideramos los vanos entre estructura 11 y la estructura 13 (ver en el Anexo N°24):

$$V_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^3}{\sum_{i=1}^n L_i}} = 50,58m \cong 51 m.$$

Se consideró un vano básico de 57 m (por ser el vano mayor longitud en la red de distribución secundaria). Ayudándonos de una hoja Excel para la ecuación del cambio de estado obtenemos los siguientes resultados que demuestran en la siguiente tabla

Tabla 42. Resultados de la ecuación de cambio de estado

TABLA DE CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES								
(Sección portante: 25 mm²) DISPOS.: 1 x 16 + N25								
VANO	40	45	50	53	55	57	60	
HIP.I	$A\sigma(Kg/mm^2)$	7,96	8,15	8,34	8,43	8,52	8,60	8,68
	F (m)	0,40	0,49	0,59	0,65	0,70	0,75	0,81
HIP.II	$A\sigma(Kg/mm^2)$	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44	5,44
	F (m)	0,24	0,30	0,37	0,41	0,45	0,48	0,52
HIP.III	$A\sigma(Kg/mm^2)$	2,51	2,67	2,82	2,89	2,96	3,02	3,08
	F (m)	0,51	0,61	0,71	0,76	0,82	0,86	0,92

Fuente: Propia

Altura de los postes

Se consideró una separación mínima de 5,50 metros desde el sueño hasta la base de los postes. La distancia medida desde el extremo superior del poste hasta el comienzo

del gancho de suspensión será de 0,30 metros.

La flecha según los vanos y tipo de conductores

La longitud de empotramiento será:

$$\text{Altura de empotramiento} = \frac{H}{10} + 0,2$$

Se obtuvo la altura necesaria del poste con la ecuación: (Cayatopa, 2019)

$$H = \frac{H}{10} + 0,2 + D_{\min} + F_{\max} + H_c$$

Donde:

H: Altura del poste en metros

D_{\min} : Distancia mínima al terreno en metros

F_{\max} : Flecha máxima en metros

H_c : Distancia de la punta del poste al conductor más bajo en metros.

Para:

D_{\min} : 5,5 m

F_{\max} : 0,86 m

H_c : 7,62 m



Por lo tanto, en la red de distribución secundaria utilizaremos postes de C.A.C de 8m, para red secundaria con 50 postes y 18 postes para la red primaria, se realizó el diseño en REDCAD Y RELIN, véase en el Anexo N°28 y 29

Figura 23. Características de los cables autoportantes

FORMACION	SECCION DEL CONDUCTOR PORTANTE (mm ²)	DIAMETERIOR TOTAL (mm)	MASA TOTAL (kg/m)	MODULO DE ELAST DEL PORTANTE (kN/mm ²)	COEFICIEN. DE DILAT. TERMICA (1/°C)
3x35+16/25	25	20,0	0,481	60,82	21x10-6
3x25+16/25	25	18,5	0,397	60,82	21x10-6
3x16+16/25	25	16,5	0,310	60,82	21x10-6
3x35/25	25	20,0	0,419	60,82	21x10-6
3x25/25	25	18,5	0,336	60,82	21x10-6
3x16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x35+16/25	25	20,0	0,362	60,82	21x10-6
2x25+16/25	25	18,5	0,307	60,82	21x10-6
2x16+16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x16/25	25	16,5	0,187	60,82	21x10-6
1x16/25	25	16,5	0,125	60,82	21x10-6

Fuente: Norma D.G.E. rd031-2003-EM

Objetivo 4. Costo y beneficio del sistema.

Es importante considerar que, primero, se hizo la evaluación de los recursos de radiación solar de la zona rural, segundo analizar la exigencia de máxima demanda de energía eléctrica, luego realizar el diseño de generación fotovoltaica automatizada y redes secundarias en zonas aisladas, para finalmente evaluar la viabilidad económica de esta proposición.

Inversión tangible: Aquí es donde se describen las expensas en la subvención para la instalación de una estación generadora fotovoltaica en la zona rural de Yunchaco.

Tabla 43. Tabla de costos de los componentes para la instalación

COSTO DE LOS COMPONENTES			
EQUIPOS	IGV (S/.)	Cantidad	TOTAL (S/)
PANEL SOLAR	S/ 570,00	75	S/ 42 750,00
REGULADOR	S/ 2 700,00	5	S/ 13 500,00
BATERIAS	S/ 2 800,00	210	S/ 588 000,00
INVERSOR	S/ 1 500,00	8	S/ 12 000,00
SERVOMOTOR	S/ 50,00	150	S/ 7 500,00
ARDUINO NANO	S/ 30,00	75	S/ 2 250,00
TOTAL			S/ 666000

Fuente: Propia

Se tiene el cuadro N° 38, la cual describe los componentes esenciales que tiene que tener para la instalación del sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta las cantidades calculadas en el objetivo 3, se hacen los presupuestos, costos unitarios, dando un total de S/ 666 000.

Tabla 44 Costos de materiales complementarios para la instalación

COSTO DE MATERIALES COMPLEMENTARIOS				
EQUIPOS	IGV (S/.)	Cantidad	TOTAL (S/)	
Termomagnético 3x125 A. ABB	S/ 283,00	1	S/	283,00
Caja combinadora (engranajes)	S/ 225,00	150	S/	33 750,00
CABLE 3-1x35mm ²	S/ 400,00	1	S/	345,00
CABLE 3-1x70mm ²	S/ 1 400,00	1	S/	1 400,00
CABLE 3-1x6mm ²	S/ 42,00	1	S/	42,00
Fotorresistor	S/ 4,21	300	S/	1 263,00
Gabinete	S/ 2 500,63	1	S/	2 500,63
Estructura hierro galvanizado	S/ 150,00	19	S/	950,00
Puesta a tierra	S/ 2 000,00	1	S/	2 000,00
POSTE DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO DE 13m /400kg (RP)	S/ 1213,56	18	S/	21 844,08
POSTES DE C.A.C. 8/300kg/120/240, INCLUYE PERILLA (RS)	S/ 520,00	50	S/	26 000,00
GRAPA DE ANGULO DE ALUMINIO PARA CONDUCTOR DE 35 mm ²	S/ 29,5	18	S/	531,00
CONDUCTOR DE Cu TEMPLE BLANDO DE 16 mm ² PUESTA A TIERRA	S/ 23,6	580	S/	13 688,00
CABLE DE ACERO DE 3/8" Ø(10mm) DE 7 HILOS (RETENIDA)	S/ 6,84	29	S/	198,36
VARILLA DE ANCLAJE DE AoGo DE 16 mm Ø x 2,40 m	S/ 47,2	32	S/	1 510,4
GRILLETE RECTO	S/ 11,8	80	S/	944,00
AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI 56-3	S/ 101,48	204	S/	20 701,92
CONDUCTOR DE ALUMINIO CCCA DE 25 mm ² DESNUDO (RP)	S/ 2,45	10000	S/	24 500,00
CONDUCTOR DE ALUMINIO de 2x35/25 mm ² DESNUDO (RS)	S/ 30,94	10000	S/	309 400,00
CONDUCTOR DE ALUMINIO de 1x16/25 mm ² DESNUDO (RS)	S/ 19,8	10000	S/	198 000,00
			TOTAL	S/ 659 851,39

Fuente: Propia

Se tiene el cuadro N° 44, la cual describe los costos de materiales complementarios esenciales que tiene que tener para la instalación del sistema fotovoltaico, se hacen los presupuestos, costos unitarios, dando un total de S/ 659 851,39 El costo tangible total asciende a un monto de S/ 1 325 851,39 soles.

Inversión intangible: En este punto es donde se detallan los gastos en los recursos no observables para la instalación de una central de generación fotovoltaica en la zona rural de Yunchaco.

Tabla 45. Tabla de inversión intangible

CLASIFICACIÓN	DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	MESES	COSTO TOTAL (S/.)
Costos pre operativos	Ingeniero Civil encargado del diseño y desarrollo del proyecto	1	3 000,00	6	18 000,00
	Ingeniero electrónico (para automatización del seguidor solar)	1	3 200,00	6	19 200,00
	Programador	1	2 000,00	1	2 000,00
	Software de programación	1	4 000,00	1	4 000,00
Costos operativos	Operarios y obreros	18	2 000,00	6	216 000,00
	Jefe de proyecto	1	2 500,00	6	15 000,00
	Operarios de apoyo	3	1 500,00	6	27 000,00
	Técnico electricista	2	2 800,00	6	33 600,00
	SEGURO (SCTR)	28	1 000,00	1	28 000,00
	Movilidad	1	10 000,00	2	20 000,00
	Técnico electricista	4	3000	1	12 000,00
	Obreros	11	1600	1	17 600,00
	Supervisor para estructura de postes	1	8000	1	8 000,00
	Seguridad	1	6000	2	12 000,00
	Enfermera	1	2800	2	5 600,00
	Ing. Mecánico Eléctrico	1	6500	1	6 500,00

	residente				
	Almacenero	1	2800	6	16 800,00
	Inversión total en intangibles				481 300,00

Fuente: Propia

Tabla 46. Costos directos, fijos y variables

Costos directos	S/. 1 325 851,39
Costos fijos	S/. 481 300,00
Presupuesto total	S/. 1 807 151,39

Fuente: Propia

Los costes directos del proyecto es la sumatoria de los costos de componentes y materiales complementarios que pertenecen a la inversión tangible dando como resultado una cantidad de S/.1 325 851,39 soles, mientras que para los costos fijos se consideraron los costos pre operativos y operativos dando un total de S/.481 300,00 soles. Asimismo, el presupuesto total del proyecto está destinado con un total de S/. 1 807 151,39, lo cual hace la suma entre los costos directos y los fijos.

Tabla 47. Tabla con descripción general de los ingresos y egresos

ÍTEM	AÑOS	VIVIENDAS PROYECTADA	INVERSIÓN INICIAL	MÁXIMA DEMANDA ANUAL	COSTO DE Kwh	COSTOS DE INGRESOS ANUALES	COSTOS POR MANTENIMIENTO	FLUJO DE CAJAS	K AL 2%	K AL 7%	FLUJO DE CAJA/ K AL 2%	FLUJO DE CAJA / K AL 7%
									2%	7%	2%	7%
0	2023	164										
1	2024	176		40887,05		34439,16	2969,99	31469,17	1,02	1,07	30852,1308	29410,4425
2	2025	188		43749,15		36849,91	3179,55	33670,36	1,0404	1,1449	32362,898	29408,9956
3	2026	201		46811,59		39429,40	3396,34	36033,06	1,061208	1,225043	33954,7617	29413,7143
4	2027	215		50088,4		42189,46	3634,80	38554,66	1,08243216	1,31079601	35618,5422	29413,1621
5	2028	230		53594,59		45142,72	3894,95	41247,77	1,1040808	1,40255173	37359,3801	29409,0931
6	2029	246		57346,21		48302,71	4162,32	44140,39	1,12616242	1,50073035	39195,4055	29412,6074
7	2030	264		61360,44		51683,90	4458,60	47225,30	1,14868567	1,60578148	41112,4677	29409,5449
8	2031	282		65655,67		55301,77	4769,33	50532,45	1,17165938	1,71818618	43128,956	29410,3436
9	2032	302		70251,57		59172,90	5101,73	54071,16	1,19509257	1,83845921	45244,332	29411,1311
10	2033	322		75169,18		63315,00	5455,82	57859,18	1,21899442	1,96715136	47464,6812	29412,674
11	2034	345		80431,02		67747,05	5837,73	61909,32	1,24337431	2,10485195	49791,3813	29412,674
12	2035	369		86061,19		72489,34	6246,37	66242,98	1,26824179	2,25219159	52232,1353	29412,674
13	2036	395		92085,48		77563,60	6683,61	70879,99	1,29360663	2,409845	54792,5341	29412,674
14	2037	423		98531,46		82993,05	7151,47	75841,58	1,31947876	2,57853415	57478,4426	29412,674
15	2038	452		105428,66		88802,56	7652,07	81150,50	1,34586834	2,75903154	60296,0133	29412,674
16	2039	484	S/.1325	112808,67	0,8423	95018,74	8187,71	86831,03	1,37278571	2,95216375	63251,7002	29412,674
17	2040	518	851,39	120705,28		101670,05	8760,85	92909,20	1,40024142	3,15881521	66352,2738	29412,674
18	2041	554		129154,65		108786,96	9374,11	99412,85	1,42824625	3,37993228	69604,8362	29412,674
19	2042	593		138195,47		116402,05	10030,30	106371,75	1,45681117	3,61652754	73016,838	29412,674
20	2043	634		147869,15		124550,19	10732,42	113817,77	1,4859474	3,86968446	76596,0948	29412,674
21	2044	679		158220,00		133268,70	11483,69	121785,01	1,51566634	4,14056237	80350,8053	29412,674
22	2045	726		169295,39		142597,51	12287,55	130309,96	1,54597967	4,43040174	84289,5702	29412,674
23	2046	777		181146,07		152579,34	13147,68	139431,66	1,57689926	4,74052986	88421,4119	29412,674
24	2047	831		193826,30		163259,89	14068,01	149191,88	1,60843725	5,07236695	92755,7949	29412,674
25	2048	890		207394,14		174688,08	15052,78	159635,31	1,64060599	5,42743264	97302,6476	29412,674
26	2049	890		207394,14		174688,09	15060,47	159627,61	1,67341811	5,80735292	27487,1552	95390,1537
27	2050	952		221911,73		186916,25	16114,71	170801,54	1,70688647	6,21386763	27487,1552	100066,142
28	2051	1019		237445,55		200000,39	17242,74	182757,65	1,74102420	6,64883836	27487,1552	104971,345
29	2052	1090		254066,74		214000,42	18449,73	195550,69	1,77584469	7,11425704	27487,1552	110116,999
30	2053	1167		271851,41		228980,45	19741,21	209239,24	1,81136158	7,61225504	27487,1552	115514,891
31	2054	1248		290881,01		245009,08	21123,09	223885,98	1,84758881	8,14511289	27487,1552	121177,386
32	2055	1336		311242,68		262159,71	22601,71	239558,00	1,88454059	8,71527079	27487,1552	127117,453
33	2056	1429		333029,67		280510,89	24183,83	256327,06	1,92223140	9,32533975	27487,1552	133348,701

34	2057	1529	356341,75	300146,65	25876,70	274269,96	1,96067603	9,97811353	27487,1552	139885,402
35	2058	1636	381285,67	321156,92	27688,07	293468,85	1,99988955	10,6765814	27487,1552	146742,53
36	2059	1751	407975,67	343637,90	29626,23	314011,67	2,03988734	11,4239421	27487,1552	153935,791
37	2060	1874	436533,96	367692,56	31700,07	335992,49	2,08068509	12,2236181	27487,1552	161481,663
38	2061	2005	467091,34	393431,04	33919,07	359511,96	2,12229879	13,0792714	27487,1552	169397,431
39	2062	2145	499787,74	420971,21	36293,41	384677,80	2,16474476	13,9948204	27487,1552	177701,227
40	2063	2295	534772,88	450439,19	38833,95	411605,25	2,20803966	14,9744578	27487,1552	186412,071
41	2064	2456	572206,98	481969,94	41552,32	440417,61	2,25220045	16,0226698	27487,1552	195549,918
42	2065	2628	612261,47	515707,83	44460,99	471246,85	2,29724446	17,1442567	27487,1552	205135,698
43	2066	2812	655119,77	551807,38	47573,26	504234,13	2,34318935	18,3443547	27487,1552	215191,369
44	2067	3008	700978,15	590433,90	50903,38	539530,51	2,39005314	19,6284595	27487,1552	225739,966
45	2068	3219	750046,62	631764,27	54466,62	577297,65	2,43785420	21,0024517	27487,1552	236805,651
46	2069	3444	802549,89	675987,77	58279,28	617708,49	2,48661128	22,4726233	27487,1552	248413,771
47	2070	3686	858728,38	723306,91	62358,83	660948,08	2,53634351	24,0457070	27487,1552	260590,916
48	2071	3943	918839,37	773938,40	66723,95	707214,45	2,58707038	25,7289065	27487,1552	273364,981
49	2072	4220	983158,12	828114,09	71394,63	756719,46	2,63881179	27,5299299	27487,1552	286765,225
50	2073	4515	1051979,19	886082,07	76392,25	809689,82	2,69158802	29,4570250	27487,1552	300822,344
51	2074	4831	1125617,73	948107,82	81739,71	866368,11	2,74541979	31,5190168	27487,1552	315568,537
TOTAL, COSTO DE INGRESOS ANUALES				14175205,1	TOTAL, DE FLUJO DE CAJA				6260033,59	1449967,85

Fuente: Propia

En la tabla N°47, detalló la inversión, el costo por Kwh, anuales, de mantenimiento y los flujos de cajas del proyecto respectivamente y se incluyó hasta los 51 años para evaluar cual sería el retorno de ganancia de los ingresos, teniendo en cuenta la proyección de viviendas es de 10 años y demanda máxima hasta ese año. Para el costo total de ingresos anuales tenemos un total de S/. 14 175 205,1y para el flujo de caja se tiene en una tasa del 2% un total de S/. 6 260 033,59 y para una tasa del 7% un total de S/. 1 449 967,85soles en 51 años.

Tabla 48. Tabla para determinar el VAN

AÑOS	FLUJO DE CAJA	TASA DE DESCUENTO	VAN DE PROYECTO(S/.)
0			
1	31469,17	1,0%	7.114.954,29
2	33670,36	2,0%	4.452.882,20
3	36033,06	3,0%	2.672.043,94
4	38554,66	4,0%	1.464.450,60
5	41247,77	5,0%	633.839,49
6	44140,39	6,0%	53.961,62
7	47225,30	7,0%	-357.183,54
8	50532,45	8,0%	-653.388,78
9	54071,16	9,0%	-870.305,52
10	57859,18	10,0%	-1.031.812,17
11	61909,32	11,0%	-1.154.076,21
12	66242,98	12,0%	-1.248.166,81
13	70879,99	13,0%	-1.321.749,56
14	75841,58	14,0%	-1.380.195,28
15	81150,50	15,0%	-1.427.311,94
16	86831,03	16,0%	-1.465.832,09
17	92909,20	17,0%	-1.497.740,49
18	99412,85	18,0%	-1.524.496,36
19	106371,75	19,0%	-1.547.185,57
20	113817,77	20,0%	-1.566.625,92
21	121785,01	21,0%	-1.583.440,53
22	130309,96	22,0%	-1.598.109,73
23	139431,66	23,0%	-1.611.007,85
24	149191,88	24,0%	-1.622.429,81
25	159635,31	25,0%	-1.632.610,35
26	159627,6111	26,0%	-1.641.738,13
27	170801,5439	27,0%	-1.649.966,21

Para poder realizar el VAN del proyecto se tuvo que considerar los datos de flujo de caja, la tasa de descuento del 2% que está en la tabla N°47, que es la rentabilidad mínima que debe tener el proyecto en todo su periodo de funcionamiento para que sea viable, en este caso al tener una tasa de descuento del 2% y una inversión de S/. 1 807 151,39 se tuvo una ganancia de S/. 4.452.882,20, lo cual es rentable y aceptable. Asimismo, se pudo hacer con una tasa de interés del 6% con valores positivos, lo que hace que el proyecto sea rentable y viable.

28	182757,652	28,0%	-1.657.419,87
29	195550,6876	29,0%	-1.664.202,50
30	209239,2358	30,0%	-1.670.400,10
31	223885,9823	31,0%	-1.676.084,72
32	239558,001	32,0%	-1.681.317,17
33	256327,0611	33,0%	-1.686.149,06
34	274269,9554	34,0%	-1.690.624,51
35	293468,8522	35,0%	-1.694.781,41
36	314011,6719	36,0%	-1.698.652,49
37	335992,4889	37,0%	-1.702.266,16
38	359511,9631	38,0%	-1.705.647,22
39	384677,8006	39,0%	-1.708.817,37
40	411605,2466	40,0%	-1.711.795,71
41	440417,6139	41,0%	-1.714.599,11
42	471246,8468	42,0%	-1.717.242,51
43	504234,1261	43,0%	-1.719.739,23
44	539530,5149	44,0%	-1.722.101,11
45	577297,651	45,0%	-1.724.338,79
46	617708,4866	46,0%	-1.726.461,79
47	660948,0806	47,0%	-1.728.478,72
48	707214,4463	48,0%	-1.730.397,31
49	756719,4575	49,0%	-1.732.224,58
50	809689,8195	50,0%	-1.733.966,90

Fuente: Propia

Tabla 49. Tabla para determinar el TIR

30 años		
VAN	7%	-934413,7957
VAN	2%	171734,1742
VAN	4,52%	0
TIR	4,52%	

20 años		
VAN	7%	-1218912,942
VAN	2%	-797445,5853
VAN	1,03%	0
TIR	1,03%	

10 años		
VAN	7%	-1513039,682
VAN	2%	-1420857,835
VAN	-36,24%	0
TIR	-36,24%	

VAN		
Si el VAN es < 0	Sin ganancias	Rechazo
Si el VAN es = 0	No se pierde ni gana	Indiferente
Si el VAN > 0	Con ganancias	Aceptar

Fuente: Propia

Para poder calcular el TIR de manera obligatoria, el VAN tiene que ser cero, como un punto de equilibrio.

La TIR que se calculó tiene que ser mayor a la tasa de descuento del 2%, para lo cual se tuvo que recolectar los datos de la caja de flujo, incluyendo la inversión inicial. Se evaluó los diferentes años proyectados para saber cuál es el porcentaje adecuado para un retorno económico, dando, así como resultado una tasa de 6%, la cual determina la rentabilidad del proyecto y siendo mayor que la tasa de descuento del 2% en 50 años y no en 10 años como se había proyectado económicamente.

V. DISCUSIÓN

Es importante la revisión de investigaciones revisadas y la evaluación de las similitudes y diferencias de estas con la investigación realizada, asimismo es posible conocer mediante las discusiones las investigaciones que sirvieron de guía en esta investigación.

El primer objetivo específico denota con la aportación de Reyes M. y Salvador I. (2021) se analiza que existen altos niveles de radiación debido a su clima tropical seco, lo cual coincide con esta investigación. Por otro lado, ese artículo, luego de diseñar el seguidor solar e instalar de manera estática un panel solar fijo realizó un análisis operativo y comparativo de desempeño entre ambos sistemas; lo cual tienes similitud con este informe puesto que se desarrolla también una comparación entre el sistema con seguidor solar y panel solar fijo, Asimismo, la investigación desarrollada tiene similitud al artículo de Sacón M. y Vera C. (2023), donde presenta un sistema de generación de energía eléctrica aislado a partir de energía solar para abastecer a una vivienda en la comunidad rural, cuyo propósito es analizar como las condiciones del emplazamiento y las características de la zona afectan la eficacia de este sistema fotovoltaico aislado en la provisión de energía para una vivienda, el cual llevó a cabo actividades como el análisis de datos climáticos proporcionados por la EMRSPAM MFL y datos de radiación solar, y la coincidencia se debe a que en esta investigación también se establece un modelo de sistema fotovoltaico y se analiza la eficiencia del mismo, analizando las irradiaciones y ver cual sistema es el más factible y el cual capta más irradiación, ya que mientras haya mejor captación de irradiación, mejora la recepción de energía. Por otro lado, según la perspectiva de Peña C. y Acuña R (2022), donde expone un plan de modelo de un sistema de energía solar fotovoltaica con el propósito principal de proporcionar electricidad a un centro poblado. Y para registrar información sobre la emisión solar, se emplea la aplicación de la NASA como base de datos, y todo esto difiere de la investigación desarrollada debido a que existe un registro similar de recopilación de datos de irradiación solar de la zona rural, dando las ubicaciones de altitud y latitud en el aplicativo de PVGIS -NASA, para así poder elegir

los mejores datos de irradiación solar y determinar los meses favorables y desfavorables.

El segundo objetivo específico denota con la aportación de Cayotopa J. (2022), se evalúa el cálculo de un sistema fotovoltaico independiente con la intención de suministrar electricidad a un caserío, ya que este carece de acceso a la red eléctrica convencional, y se emplea técnicas de investigación como la observación, entrevistas y análisis de documentos para desarrollar un plan de dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Y todo esto difiere de la investigación desarrollada debido a que existe una demanda eléctrica, la recolección de datos se pudo obtener a través del instrumento del cuestionario para conocer valores eléctricos necesarios con lo cual se pudo realizar el diseño del sistema fotovoltaico. Por otro lado, de acuerdo con Peña C. y Acuña R (2022), expone un plan de modelo de un sistema de energía solar fotovoltaica con el propósito principal de proporcionar electricidad en la Villa Juan Velasco Alvarado - Cajamarca, realizó un cálculo de la demanda proyectada a 20 años para 17 viviendas, con lo que condujo a la selección de los componentes eléctricos que intervienen en la instalación del sistema fotovoltaico. Debido a que en esta investigación desarrollada también se obtuvieron los valores gracias al análisis de la demanda eléctrica de la zona rural de Yunchaco, región de Cajamarca, empleando el cuestionario como herramienta para recopilar la información de las 164 viviendas y con una proyección energética de 10 años.

El tercer objetivo específico denota con la aportación de Reyes M. y Salvador I. (2021) se concluye que el panel que utiliza el sistema de seguimiento es más eficiente que el sistema que se colocó de manera fija, ya que la corriente, tensión y temperatura generada por un seguidor solar y un panel fijo es relativamente diferente, todo esto coincide con la investigación realizada puesto que la comparativa nos mostró que existe una mayor eficiencia sistema con seguidor solar respecto al panel solar fijo. De la misma forma, en la investigación de Martínez E. (2020) se determina el paso a paso de la construcción de un prototipo de seguidor solar fotovoltaico que supera a los sistemas convencionales de paneles fijos y se establece el ángulo que forma la luz

incidente sobre el módulo con su superficie perpendicular al sensor fotorresistente LDR; lo cual coincide con la investigación realizada debido a que también se desarrolló de forma secuenciada la selección de los equipos y el diseño global del sistema fotovoltaico; así como también se estableció el ángulo de inclinación para el aprovechamiento del recurso solar. Además, en esta investigación se analiza mediante una proyección la potencia promedio obtenida debido al seguidor solar, lo cual difiere de la investigación de Martínez E. (2020), en la cual el seguidor proporcionó una potencia promedio más alta durante el periodo de tiempo definido que el seguidor típico que es de una condición estacionaria, el prototipo utiliza una placa de microcontrolador programable que gestiona los movimientos el método que usa determina el ángulo formado por la luz incidente sobre el módulo solar y su superficie perpendicular al sensor fotorresistente LDR, este estudio también ha buscado como llevar a cabo la automatización de un seguidor solar empleando fotorresistores LDR y Arduino NANO 3.0, que ya viene ser el microcontrolador que gobierna el sistema para los movimientos libres según el ángulo de inclinación donde pueda recepcionar más irradiación para posteriormente generar electricidad. No obstante, en el estudio de Gol y Scasny (2023), se identifica evaluar la factibilidad de implantar un sistema automático de seguimiento solar de un eje para un parque fotovoltaico de gran envergadura, la cual recurre a diferentes softwares de simulación (SolarGIS, PVSyst y PVGIS) para configurar el sistema fotovoltaico. Por consiguiente, esta investigación a comparación del autor se emplea los software: SolidWorks (para diseño de montaje, simulación y medidas), Excel, para los cálculos de irradiación, cálculos de elementos eléctricos que intervienen en el sistema fotovoltaico como los paneles entre otros, PVGIS (para recolección de los datos de irradiación), Arduino IDE (software para la programación del microcontrolador que me permitirá que los movimientos del seguidor solar sean más libres según el ángulo de inclinación ya que será de dos ejes).

En el cuarto objetivo específico según la perspectiva de Peña C. y Acuña R (2022), expone un plan de modelo de un sistema de energía solar fotovoltaica con el propósito principal de proporcionar electricidad, lo cual, en última instancia, para suministrar un lugar en específico se tiene que tener en cuenta los presupuestos del proyecto para denotar si es factible o no, lo cual el autor menciona que se estableció un presupuesto total de proyecto de S/.154,210.08. La evaluación económica se realizó empleando un análisis de flujo de caja, y aplicando una tasa de descuento del 10%, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) negativo de S/-84,850.076 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 1%. A diferencia que el proyecto presentado en este estudio se evalúa a una proyección de 10 años para saber cuál será el retorno económico, el ingreso de proyecto redondea los S/. 1 807 151,39, se realiza un flujo de caja respectivamente junto con los cálculos de ingresos fijos y directos, lo cual me permite analizar que en 30 años tengo un retorno de ganancia de VAN positivo de S/.171 734,17al 2% de tasa de descuento y no en 10 años como se había proyectado y el TIR proyectado para ese año con un 6% de rentabilidad.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones de esta investigación son las que se desarrollan a continuación y persiguen los objetivos tanto principal como específicos:

1. En la evaluación del recurso de radiación solar de la zona de Yunchaco se identificó que, la evaluación de los dos sistemas tanto el seguidor solar como el panel fijo , el cual ayudó a verificar la base de datos y comparar las irradiaciones en los dos sistemas, eligiendo a sistema de seguidor solar como la más prometedora entre las dos por captar más irradiación, teniendo como mes desfavorable Junio y el más prometedor que fue Noviembre, así mismo ayudó a determinar las horas pico aprovechables para el sistema con 8 horas máximas y 6 horas mínimas en la zona.
2. Al analizar necesidad de máxima demanda de energía eléctrica se llegó a concluir que, luego de realizar la encuesta a las 164 viviendas de la zona y llevarlo a datos generales se obtuvo un total demandado de energía eléctrica de 208803,28 Wh/día y 6264098,43Wh/mes, lo cual demostró que la proyección para 10 años será aprovechada a largo plazo con la energía eléctrica que generara con el método del seguidor solar, puesto que se aprovechó la energía de todo el día según el ángulo de inclinación en que se encuentre.
3. Asimismo, el diseño de generación fotovoltaica automatizada se concluyó que, al analizar la demanda energética diaria real y los rendimientos de los equipos se identificó la necesidad de adquirir 75 paneles fotovoltaicos y se requirió una potencia del Generador Fotovoltaico de **326680,49** Wh/día. Por otro lado, luego de dimensionar el requerimiento de baterías se tuvo que, la cantidad de baterías requeridas es de 210, pues se necesitó una capacidad de baterías de 100 Ah; asimismo se requirió aproximadamente 5 reguladores y 8 inversores.
4. Finalmente se concluyó que, el costo del proyecto para suministrar energía eléctrica en la zona rural es posible y cumplió con las expectativas de los consumidores. Económicamente posible con S/. 1 807 151,39 soles, con un VAN S/.171 734,17 al 2% de tasa de descuento y un TIR de 6% rentable.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones desarrolladas en el desarrollo del diseño de generación fotovoltaica y redes secundarias son las siguientes:

Se sugiere instalar el sistema fotovoltaico en áreas despejadas, sin obstrucciones que puedan causar sombras y afectar la producción de energía.

Se sugiere llevar a cabo entrenamientos acerca del manejo adecuado y cuidado en situaciones climáticas para las personas que viven en el área de investigación. El propósito es reducir inconvenientes con la electricidad y mejorar la durabilidad de los equipos, lo que a su vez permitirá evitar costos relacionados con la sustitución o reparación.

Realizar un análisis del ciclo de vida de cada elemento que interviene el sistema fotovoltaico en relación con sus efectos en el medio ambiente y el uso de energía, incluyendo como se manejan los materiales al final de su vida útil, lo cual se sugiere desarrollar un programa de mantenimiento regular para asegurar que el sistema fotovoltaico funcione adecuadamente.

En caso de que en el futuro los involucrados deseen llevar a cabo la instalación del sistema solar en la zona, se sugiere buscar financiamiento a través de entidades gubernamentales que puedan proporcionar respaldo debido al elevado costo del proyecto.

Actualizar la tecnología de acuerdo con los progresos y posibilidades existentes en el campo de la tecnología fotovoltaica, ya que su avance es muy rápido y constante.

REFERENCIAS

AGHAMOLAEI, Reihaneh, SHAMSI, Muhammad, & O'DONNELL, James. Feasibility analysis of community-based PV systems for residential districts: A comparison of on-site centralized and distributed PV installations. *Renewable Energy [en línea]*, setiembre 2020, vol. 157, DOI 10.1016/j.renene.2020.05.024. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.024>.

ISSN: 09601481

ARÉVALO, Percy [et al]. Diseño de sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en vivienda unifamiliar en el Distrito de Tarapoto – San Martín. S.I.: universidad privada cesar vallejo [en línea], 2019. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35836/B_Arévalo%20NP-Horna%20AEF-Reyes%20CCA-Rojas%20TE-SD.pdf?sequence=3&isAllowed=y

ARIAS, Ricardo. Influence of string-box size and the derating factor associated to the DC protection for PV solar panels. *Electric Power Systems Research [en línea]*, agosto 2022, vol. 209, DOI 10.1016/j.epsr.2022.107992. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107992>.

ISSN: 0378-7796

AWAD, Sohaib, JBAAR, Mamoon Y ABDULLAH, Mohammed. Efficient and Low-Cost Arduino based solar tracking system. *IOP conference series [en línea]*, vol. 745, no. 1, DOI 10.1088/1757-899x/745/1/012016. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/745/1/012016>.

BAOCHE, Fátima [et al]. Design and simulation of a solar tracking system for PV. *Applied sciences [en línea]*, setiembre 2022, vol. 12, no. 19, DOI 10.3390/app12199682. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app12199682>.

BARRAGÁN, Rommel. La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. Ecuador: Universidad Ciencia y Tecnología, 2020. Disponible en <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4023/1/Rommel%20Alexis%20Barrag%C3%A1n%20Llanos.pdf>

- CALLEGARI, Joao [et al]. Reconsideration of solar array simulator based on Thévenin equivalent circuit for low-power applications. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* [en línea], setiembre 2022, vol. 140, DOI 10.1016/j.ijepes.2022.108016. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108016>.
ISSN: 0142-0615
- CAMPOS, Agustín. Métodos mixtos de investigación [en línea]. 2da. edición. 2021, S.I.: Magisterio. Disponible en: https://books.google.es/books?id=AIYqEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
ISBN:978-958-20-1323-3
- CAPASSO, Clemente [et al]. Power architectures for the integration of photovoltaic generation systems in DC-microgrids. *Energy Procedia* [en línea], febrero 2019, vol. 159, DOI 10.1016/j.egypro.2018.12.014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.12.014>.
ISSN: 1876-6102
- CAYOTOPA, José. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo [en línea], diciembre 2019. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/7996>.
- CHUCUYA, Edwin. Hábitos inadecuados del uso y consumo de energía eléctrica que influyen en la facturación a las familias del distrito de Ciudad Nueva – Tacna. Universidad Continental [en línea]. Año 2021. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9774>
- ÇEÇEN, Mehmet [et al]. Analysis and evaluation of distributed photovoltaic generation in electrical energy production and related regulations of Turkey. *Clean Technologies and Environmental Policy* [en línea], Julio 2022, vol. 24, no. 5, DOI 10.1007/s10098-021-02247-0. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02247-0>.

ISSN: 1618954X.

CEPIN, Marko. Costs Optimisation of reliable self-sufficient electric energy supply at family house. *Reliability Engineering & System Safety* [en línea], mayo 2023, vol. 233, DOI 10.1016/j.ress.2023.109105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109105>.

CHEN, Jialiang [et al]. Deploying residential rooftop PV units for office building use: a case study in Shanghai. *Energy Procedia* [en línea], octubre 2018, vol. 152, DOI 10.1016/j.egypro.2018.09.053. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.053>.

CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD UTILIZACIÓN 2006. Ministerio de Energía y Minas [en línea], 2006. [consulta: 5 marzo 2008]. Disponible en: <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/normatividad/ManualCNEUtilizacion.pdf>.

EL-KHOZONDAR, Hala y EL-BATTA, Fady. Solar energy implementation at the household level: Gaza Strip case study. *Energy, Sustainability and Society* [en línea], abril 2022, vol. 12, no. 1, DOI 10.1186/s13705-022-00343-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00343-7>.

ESPINOZA, Jorge y ZANONI, Felipe. Diseño de sistema fotovoltaico off-grid, red secundaria y conexiones domiciliarias para suministro eléctrico al caserío Tallapampa, distrito Salas, provincia Lambayeque. [en línea]. Año 2021, Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8082>.

FLORES, Oscar [et al]. Dimensionamiento, instalación y puesta en marcha del Parque Solar UPAM de 50 kW de potencia. *In: revista de energías renovables* [línea], vol. 2, n°5, junio 2018. [Fecha de consulta 30 de marzo 2018]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Energias_Renovables/vol2num5/Revista_de_Energias_Renovables_V2_N5_1.pdf

FU-JIAN, Zhang [et al]. Simulation and analysis of power-point tracking via photovoltaic sensors. *Sensors and Materials* [en línea] noviembre 2021, vol. 33, no. 11. Disponible en: <https://doi.org/10.18494/sam.2021.3520>

GARCÍA, Pedro. Energía solar fotovoltaica para todos [en línea]. 2da. ed. España. S.I.: Marcombo, 2022, vol. 2. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro->

[energia-solar-fotovoltaica-para-todos-2/9788426734396/12760632](https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i05.21991).

ISBN: 978-84-267-3451-8

GARCÍA, Washington [et al]. Analysis of a Two-Axis Solar Tracker System: case study. *International journal of online and biomedical engineering* [en línea], año 2021, vol. 17, no. 05, DOI 10.3991/ijoe.v17i05.21991. Disponible en: <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i05.21991>.

GUEVARA, Gladys, VERDESOTO, Alexis y CASTRO, Nelly. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento* [en línea], 2020. DOI 10.26820/recimundo/4. (3). julio.2020.163-173. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/860/1560?inline=1>.

GOL, Akram y SCASNY, Milan. Techno-economic analysis of fixed versus sun-tracking solar panels. *International Journal of Renewable Energy Development* [en línea], mayo 2023, vol. 12, no. 3, DOI 10.14710/ijred.2023.50165. Disponible en: <https://doi.org/10.14710/ijred.2023.50165>.

HAMMOUDI, Younes [et al]. Review on maintenance of photovoltaic systems based on deep learning and Internet of things. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* [en línea], mayo 2022, vol. 26, no. 2, DOI 10.11591/ijeecs.v26.i2.pp1060-1072. Disponible en: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v26.i2.pp1060-1072>.

INEI (2017). Estadísticas de población y vivienda. Obtenido de: <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

LÓPEZ, Jorge [et al]. Comparativa de la eficiencia entre un sistema fotovoltaico con seguimiento solar y un sistema fotovoltaico fijo / Comparison between a photovoltaic solar tracker efficiency and a fixed photovoltaic system. *Revista iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias* [en línea], junio 2018, DOI 10.23913/ciba.v7i13.76. Disponible en: <https://doi.org/10.23913/ciba.v7i13.76>.

MARCELO, Edward. Propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico para reducir costos de energía en la caseta de bombeo de agua potable de la

- Universidad Nacional de Piura. Repositorio de Universidad Privada Cesar Vallejo [en línea], 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49568>.
- MARTÍNEZ, Edwin. Diseño y construcción de prototipo de seguidor solar fotovoltaico con sistema mecatrónico autónomo. Colombia: Universidad Antonio Nariño [en línea]. [consulta: 24 febrero 2023], junio 2020, Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2526>.
- NIÑO, Jorge, GUITIEREZ, Guerly y FERNÁNDEZ, Flavio. Recurso educativo digital para el uso racional de la energía eléctrica en comunidades rurales colombianas. *Revista de Ciencias Sociales* [en línea], 2021. DOI 10.31876/rcs.v27i.37016. Disponible en: <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.37016>.
- OSINERGMIN. Calcula tu consumo de energía. Conoce cuánta energía consumen los electrodomésticos [línea]. Perú. Obtenido de: <http://fil.osinergmin.gob.pe/calcula-tu-consumo>
- OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology* [en línea], 2017, vol. 35, no. 1, DOI 10.4067/s0717-95022017000100037. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000100037>.
- PACHAS, Daniel, ARANCIBIA, Alexis y CABRERA, Arístides. Diseño y construcción de un sistema de control y seguimiento basado en servomotores para optimizar el ángulo de incidencia de la radiación solar. *Ingeniería industrial* [en línea], mayo 2022, DOI 10.26439/ing.ind2022.n.5803. Disponible en: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n.5803>.
- PAWAR, Prajakta. Performance enhancement of dual axis solar tracker system for solar panels using Proteus ISIS 7.6 software package. *Global Transitions Proceedings* [en línea], noviembre 2021, vol. 2, no. 2, DOI 10.1016/j.gltip.2021.08.049. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gltip.2021.08.049>.
- PEÑA, Danny y ACUÑA, Rolando. Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el caserío Juan Velasco Alvarado, Chirinos-Cajamarca, Universidad Nacional de Jaén [en línea], 2022. Disponible en: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/441>.
- PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. European Commission

[en línea], Energy Efficiency and Renewables Unit. Versión 5.2. Italy, año 2022.
Obtenido de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

QUILES, Eduardo. Accurate sizing of residential Stand-Alone photovoltaic systems considering system reliability. Sustainability [en línea], febrero 2020, vol. 12, no. 3, DOI 10.3390/su12031274. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12031274>.

RAMIRO, Echenique [et al]. Sistema De Seguimiento Solar Para Paneles Fotovoltaico. *In: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Bd* [en línea], setiembre 2018, vol.22. Disponible en: <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/1219/1174>.

ISSN 2314-1433

REYES, María y SALVADOR, Iván. Análisis comparativo técnico-económico entre paneles solares estáticos y paneles con sistema de seguimiento de dos ejes instalados en la ciudad de Manta-Uleam, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2021.

Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3632/1/ULEAM-IEL-0082.pdf>

RÚA-RAMIREZ, Edwin. Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. Revista UIS Ingenierías [en línea], enero 2021, vol. 20, no. 2, DOI 10.18273/revuin.v20n2-2021001. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021001>.

SAAVEDRA, Yofre y VÁSQUEZ, Alex. Diseño de una minicentral eléctrica con paneles fotovoltaicos para el suministro de energía, Centro Poblado Totoras-Incahuasi-Lambayeque: Universidad César Vallejo [en línea], 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/93656>.

SACÓN, María y VERA, Carlos. Sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica de una vivienda en la comunidad rural Mocochoal, Calceta. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 2023.

Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2131>.

SALTOS, Johanna y NAVAS, Walter. Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía: caso Universidad San Gregorio Portoviejo. *Conciencia Digital* [en línea], mayo 2022, vol. 5, no. 2.

Disponible en: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i2.2163>

SALVADOR, Carlos. y HORN, Manfred. Propuesta tecnológica para la implementación de una planta fotovoltaica de 4.5 kWp para la comunidad rural Altoandina San Francisco de Raymina, Ayacucho-Perú. *Tecnia* [en línea] junio 2021, vol. 31, no. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i1.1104>

SENE, Diatta. Evaluation and modeling of a solar photovoltaic power plant: case of the Sakal Plant. *Energy for Sustainable Development* [en línea], octubre 2023, vol. 76, DOI 10.1016/j.esd.2023.101287. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2023.101287>.

ULLILEN, Wilmer. Diseño de un sistema de generación solar fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío Sundia Distrito de Bolívar – La Libertad 2019. Universidad Privada César Vallejo [en línea]; 2020.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48242>.

VELÁSQUEZ, Ricardo. Influence of string-box size and the derating factor associated to the DC protection for PV solar panels. *Electric Power Systems Research* [en línea] agosto 2022, vol. 209.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107992>

WEATHER SPARK. [19 de septiembre de 2022]. Informe climatológico del distrito de Cutervo. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/19973/Clima-promedio-en-Cutervo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable Independiente Dimensionamiento de una central de generación fotovoltaica	Define la provisión de energía a un sistema eléctrico externo aprovechando la radiación solar que llega a un dispositivo conocido como celdas y paneles fotovoltaicos. Este proceso se basa en el fenómeno denominado efecto fotovoltaico, el cual se origina a partir de un proceso específico en las células fotovoltaicas con el fin de generar electricidad. (Arévalo et al.,2019)	Se recolecta y utiliza la energía solar al convertirla mediante paneles solares, la cual luego se regula antes de ser almacenada en baterías para su conservación. (Saavedra y Vásquez, 2022), (Marcelo, 2019). Generación de energía eléctrica por la radiación solar. (Arévalo et al.,2019)	Demanda de energía eléctrica	-Cantidad de equipos. - Potencia de equipos. - Tiempo de uso diario. - Factor de demanda	- Razón -Nominal - Razón - Nominal
			Capacidad de energía solar generada	- Coordenadas geográficas de la zona - Inclinación de paneles - Capacidad de irradiación - Días de Autonomía. - Hora solar pico	Razón
			Dimensionamiento y selección de equipos	- Dimensiones de paneles solares. - Calidad de paneles solares. - Capacidad de baterías. - Tipo de corriente producido. - Tipo de regulador / controlador - Capacidad del convertidor. - Cálculo de la sección del cable	- Razón - Nominal - Razón - Nominal - Razón - Razón
Variable Dependiente Suministro de energía eléctrica	Según el Código Nacional de Electricidad, se entiende como suministro eléctrico al conjunto de instalaciones destinadas a transportar la energía eléctrica de manera segura hasta su destino final. (CNE, 2006)	El suministro eléctrico incluye un conjunto de componentes diseñados para distribuir la energía eléctrica, con el propósito de conducir la corriente eléctrica a través de conductores hacia las cargas que demanden dicha energía. (Saavedra y Vásquez, 2022).	Potencia eléctrica	- Corriente (A) - Voltaje (V) - Energía eléctrica (kWh/día)	Razón

Fuente: Propia

Anexo N°02: Matriz de consistencia

TTÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	Escala
	GEN: ¿Cuál es el dimensionamiento de una central fotovoltaica aislada para suministro de energía eléctrica en la zona rural de Yunchaco-Cajamarca?		O.E.1: Evaluar el potencial de irradiación solar de la zona			-Cantidad de equipos. - Potencia de equipos. - Tiempo de uso diario. - Factor de demanda	- Razón -Nominal - Razón - Nominal
Dimensionamiento de una central fotovoltaica aislada para suministro de energía eléctrica en la zona rural de Yunchaco-Cajamarca	P.E.1: ¿Cuál es el potencial de irradiación solar de la zona? P.E.2: ¿Cuál es la demanda de energía eléctrica de la zona?	Dimensionar una central fotovoltaica aislada para suministro de energía eléctrica en la zona rural de Yunchaco-Cajamarca.		Variable Independiente Dimensionamiento de una central de generación fotovoltaica	Capacidad de energía solar generada	- Coordenadas geográficas de la zona - Inclinación de paneles - Capacidad de radiación - Días de Autonomía. - Hora solar pico	Razón
			O.E.2: Determinar la demanda de energía eléctrica de la zona		Dimensionamiento y selección de equipos	- Dimensiones de paneles solares. - Calidad de paneles solares. - Capacidad de baterías. - Tipo de corriente producido. - Tipo de regulador / controlador - Capacidad del conversor.	- Razón - Nominal - Razón - Nominal - Razón - Razón

- Cálculo de la
sección del cable

P.E.3: ¿Cuál es la configuración de un sistema de una central fotovoltaica en Yunchaco?

P.E.4: ¿Cuál es el costo-beneficio de implementar el sistema propuesto?

O.E.3: Modelar el sistema de una central fotovoltaica en Yunchaco

Variable Dependiente

Suministro de energía eléctrica

Potencia eléctrica

- Corriente (A)
- Voltaje (V)
-Energía eléctrica (kWh/día)

Razón

O.E.4: determinar costo y beneficio del sistema.

Anexo N° 03: Encuesta para calcular la demanda de energía eléctrica de Yunchaco

FORMATO DE ENCUESTA PARA DETERMINAR LA MAXIMA DEMANDA ELÉCTRICA

Con el fin de determinar la factibilidad de un sistema fotovoltaico e interés social, se solicita su apoyo para responder las siguientes preguntas:

1.- Características de vivienda - tipo de casa:

- a) Propia
- b) Alquilada

2.- Número de habitantes en casa:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

3.- Número de habitaciones:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

4.- ¿Cuál es la principal actividad económica del hogar?

- a) Agricultura
- b) Ganadería
- c) Comercio
- d) otro

5.- ¿Cuál es el área total de su vivienda?

- a) 57 a 66 m²
- b) 71 a 74 m²
- c) 92 - 136 m²
- d) 163 a 199 m²
- e) 180 a 229m²

6.- ¿Cuántos y con cuáles de los siguientes electrodomésticos cuenta en su hogar?							
Artefactos	Horas						
	SI	NO	1	2	3	4	
a) Celular b) Televisor c) Radio d) Plancha e) Refrigeradora f) Computadora portátil o de escritorio							
7.- ¿Cuántas horas al día usa los siguientes electrodomésticos en su hogar?							
Artefactos	Horas						
	0.05	0.5	1	2	3	6	
a) Celular b) Televisor c) Radio d) Plancha e) Refrigeradora f) Computadora portátil o de escritorio							
8.- ¿Qué tipo de luminarias (focos) usa en su hogar?							
a) Focos tradicionales (color amarillo) b) Fluorescente (ahorrador) c) LED	SI			NO			
9.- De acuerdo al total de luminarias (focos) en su hogar, ¿Cuántas luminarias tiene en su hogar en relación a la tecnología usada?							
a) Focos tradicionales (color amarillo) b) Fluorescente (ahorrador) c) LED	1	2	3	4	5	6	7

ELECCIÓN DE MAQUINARIAS DE USO DOMÉSTICO

10.- ¿Proyecta adquirir alguna maquinaria de esta lista, para mejorar su calidad de vida?

- a) Soldadora
- b) Máquina De Corte
- c) Ninguna

SOLDADORA

11.- De adquirir esta maquinaria de esta lista, ¿Cuál sería los amperajes que elegiría?

- a) 100 AMPERIOS (pequeña)
- b) 200 AMPERIOS (grande)

12.- De acuerdo a la pregunta anterior, si tuviese la posibilidad de adquirir alguno de estos equipos de alto consumo, ¿Cuánto tiempo proyecta usarlo en el día?

- a) 0.166 horas
- b) 0.33 horas
- c) 0.5 horas
- d) 1 hora
- e) 2 horas
- f) 3 horas

MÁQUINA DE CORTE

13.- De adquirir esta maquinaria de esta lista, ¿Cuál sería la potencia que elegiría?

- a) 200 WATTS (pequeña)
- b) 1050 WATTS (pequeña)
- c) 1400 WATTS (mediana)
- d) 1500 WATTS (grande)

14.- De acuerdo a la pregunta anterior, si tuviese la posibilidad de adquirir alguno de estos equipos de alto consumo, ¿Cuánto tiempo proyecta usarlo en el día?

- a) 0.166 horas
- b) 0.33 horas
- c) 0.5 horas

<ul style="list-style-type: none"> d) 1 hora e) 2 horas f) 3 horas
MÁXIMA DEMANDA
15.- En el sistema de abastecimiento de agua, ¿desearía cambiar el motor de combustión por un motor eléctrico?
<ul style="list-style-type: none"> a) SI b) NO
16.- ¿A qué hora del día se estima que están conectados la mayoría de sus artefactos?
<ul style="list-style-type: none"> a. 7-9 am b. 12-2 pm c. 4-6pm d. 7-9pm
17.- ¿Utilizan otra fuente para obtener la energía eléctrica?
<ul style="list-style-type: none"> a) SI b) NO
18.- La fuente para obtener la energía eléctrica proviene de:
<ul style="list-style-type: none"> a) Generador particular b) Baterías o acumulador eléctrico

Fuente: Propia

Anexo N° 04: Ficha de registro - radiación solar

Capacidad de radiación								
Irradiación solar promedio de un panel fijo					Irradiación solar promedio de un seguidor solar			
HORA (UTC-5)	Irradiancia global en un plano fijo G(i) (W/m ²)	Irradiancia directa sobre un plano fijo Gb(i) (W/m ²)	Irradiancia difusa en un plano fijo Gd(i) (W/m ²)	Irradiancia global del cielo claro en un plano fijo Gcs(i) (W/m ²)	Irradiancia global en un plano de seguimiento de 2 ejes G(n) (W/m ²)	Irradiancia normal directa Gb(n) (W/m ²)	Irradiancia difusa en el plano de seguimiento de 2 ejes Gd(n) (W/m ²)	Irradiancia global del cielo claro en el plano de seguimiento de 2 ejes Gcs(n) (W/m ²)
06:00								
07:00								
08:00								
09:00								
10:00								
11:00								
12:00								
13:00								
14:00								
15:00								
16:00								
17:00								
18:00								

(UTC-5): Hora Oficial del Este de América del Sur.

Fuente: Propia -PVGIS

Anexo N° 05: Ficha de registro – ángulos de inclinación

RADIACIÓN	ÁNGULOS DE INCLINACIÓN (SEGUIDOR SOLAR) – MES									PROMEDIO TOTAL	MÁXIMO	MÍNIMO
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°			
G(n)												
Gb(n)												
Gd(n)												

RADIACIÓN	ÁNGULOS DE INCLINACIÓN (PANEL FIJO) – MES									PROMEDIO TOTAL	MÁXIMO	MÍNIMO
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°			
G(i)												
Gb(i)												
Gd(i)												

G(n): Irradiancia global en un plano de seguimiento de 2 ejes (W/m²)

Gb(n): Irradiancia normal directa (W/m²)

Gd(n): Irradiancia difusa en el plano de seguimiento de 2 ejes (W/m²)

G(i): Irradiancia global en un plano fijo (W/m²)

Gb(i): Irradiancia directa sobre un plano fijo (W/m²)

Gd(i): Irradiancia difusa en un plano fijo (W/m²)

Fuente: Propia

Anexo N° 06: Resumen de irradiancias de enero a diciembre (2020-2023)

H(i)_m					
MESES	2020	2021	2022	2023	PROMEDIO
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Setiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					
ANUAL					

H(i)_m: Irradiación en plano en ángulo (kWh/m²/mes)

Fuente: Propia

Anexo N° 07: Cálculo de irradiancia, temperaturas y días nublados

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Prom	Max	Min
Irradiación															
Temp. max															
Temp. min															
Día nublados X semana															

Fuente: Propia

Anexo N° 08: Cálculo de Hora Solar Pico (HSP)

Cálculo de Hora Solar Pico (HSP)				
Detalle	MEJOR	MEDIA	PEOR	Unidades
Irradiación				kWh/m2
HSP				h

Fuente: Propia

Anexo N°09: Encuesta virtual la población de Yunchaco -Googleforms

Preguntas Respuestas **164** Configuración

Sección 1 de 5

ENCUESTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

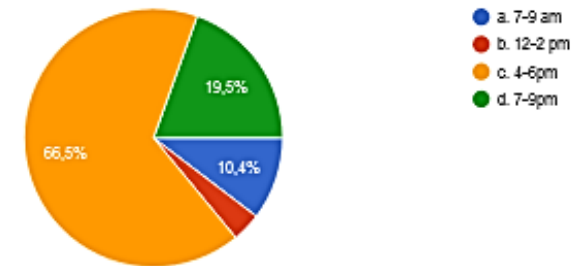
Con el fin de determinar la factibilidad de un sistema fotovoltaico e interés social, se solicita su apoyo para responder las siguientes preguntas:

Título de la imagen



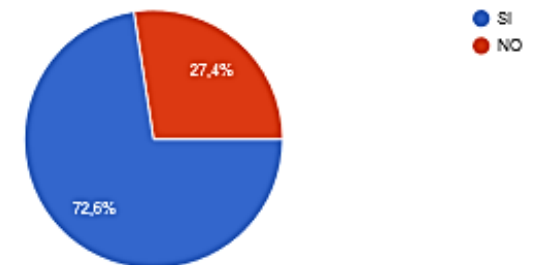
16.- ¿A qué hora del día se estima que están conectados la mayoría de sus artefactos?

164 respuestas



17.- ¿Utilizan otra fuente para obtener la energía eléctrica?

164 respuestas



Anexo N°10: Ficha de registro – demanda máxima

DEMANDA ENERGÉTICA								
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/ DÍA	ENERGÍA (Wh/día)	FACTOR DE DEMANDA (F.D)	MÁXIMA DEMANDA (M.D)
1								
2								
3								
4								
CARGAS ESPECIALES (CALEFACCIÓN)								
5								
6								
ILUMINACIÓN								
7								
8								
9								
POTENCIA INSTALADA (W)								
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)								
ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día) - MAXIMA DEMANDA								

Fuente: Propia

Anexo N°11: Valores para calcular el rendimiento global de la instalación

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 N°12: Elección del panel solar

www.jinkosolar.com



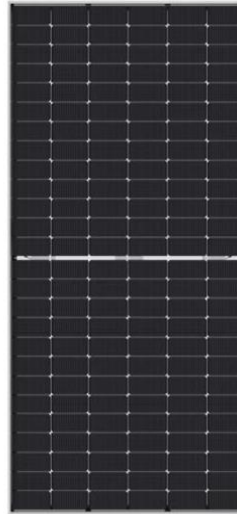
Tiger Neo N-type 78HL4-BDV 590-610 Watt

BIFACIAL MODULE WITH
DUAL GLASS

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)
ISO9001:2015: Quality Management System
ISO14001:2015: Environment Management System
ISO45001:2018
Occupational health and safety management system.



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

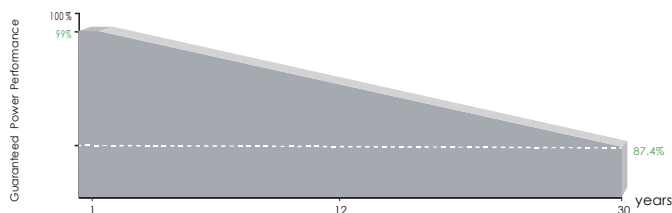


Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

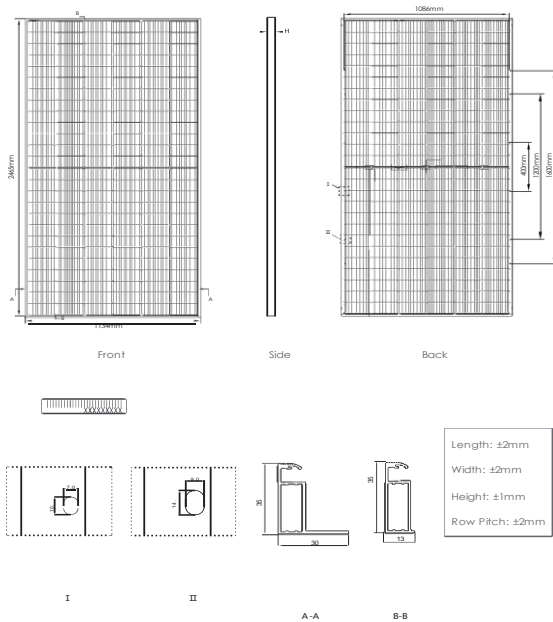


12 Year Product Warranty

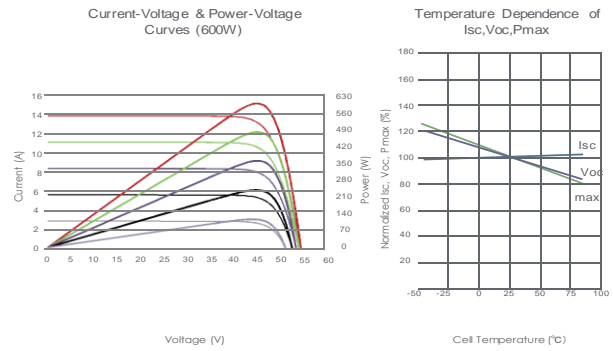
30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2465×1134×35mm (97.05×44.65×1.38 inch)
Weight	34.6kg (76.38 lbs)

Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

SPECIFICATIONS

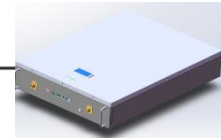
Module Type	JKM590N-78HL4-BDV		JKM595N-78HL4-BDV		JKM600N-78HL4-BDV		JKM605N-78HL4-BDV		JKM610N-78HL4-BDV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	590Wp	444Wp	595Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	44.91V	41.89V	45.08V	42.00V	45.25V	42.12V	45.42V	42.23V	45.60V	42.35V
Maximum Power Current (Imp)	13.14A	10.59A	13.20A	10.65A	13.26A	10.71A	13.32A	10.77A	13.38A	10.83A
Open-circuit Voltage (Voc)	54.76V	52.02V	54.90V	52.15V	55.03V	52.27V	55.17V	52.41V	55.31V	52.54V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.79A	11.13A	13.87A	11.20A	13.95A	11.26A	14.03A	11.33A
Module Efficiency STC (%)	21.11%		21.29%		21.46%		21.64%		21.82%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT REAR SIDE POWER GAIN

		JKM590N-78HL4-BDV		JKM595N-78HL4-BDV		JKM600N-78HL4-BDV		JKM605N-78HL4-BDV		JKM610N-78HL4-BDV		
		5%	15%	25%	5%	15%	25%	5%	15%	25%	5%	15%
5%	Maximum Power (Pmax)	620Wp	625Wp	630Wp	635Wp	641Wp						
	Module Efficiency STC (%)	22.16%	22.35%	22.54%	22.73%	22.91%						
15%	Maximum Power (Pmax)	679Wp	684Wp	690Wp	696Wp	702Wp						
	Module Efficiency STC (%)	24.27%	24.48%	24.68%	24.89%	25.10%						
25%	Maximum Power (Pmax)	738Wp	744Wp	750Wp	756Wp	763Wp						
	Module Efficiency STC (%)	26.38%	26.61%	26.83%	27.05%	27.28%						

Anexo N°13: Datos reales de una batería para el cálculo de su dimensionamiento

Especificaciones del producto



2.2 Especificaciones del paquete de baterías (parámetros técnicos de la batería)

paquete Batería	No.	Artículo (proyecto)	Parámetros generales (parámetros regulares)		Observación (Observación)
	1	método de combinación <small>(método de combinación)</small>	16S1P		
	2	Capacidad nominal <small>(Capacidad nominal)</small>	Típico <small>(Capacidad nominal)</small>	100 Ah	Descarga estándar después de Carga estándar (paquete) <small>(Descarga estándar después de la carga estándar para paquetes de baterías)</small>
			Mínimo <small>(capacidad mínima)</small>	100 Ah	
	3	Voltaje de fábrica <small>(voltaje de fábrica)</small>	51V-53V (40-60%)		Voltaje medio de operación <small>(es decir, voltaje de trabajo)</small>
	4	Voltaje al final de Descargar <small>(voltaje de terminación de descarga)</small>	40-44V		Voltaje de corte de descarga <small>(voltaje de corte de descarga)</small>
	5	Voltaje de carga <small>(voltaje de carga)</small>	56-58V		
	6	Impedancia interna <small>(resistencia interna)</small>	≤60mΩ		Resistencia interna medida en AC 1KHz después del 50% de carga <small>(La resistencia interna se mide por el método de CA en el estado medio eléctrico)</small> La medida debe utilizar las baterías nuevas que dentro de una semana después del envío y ciclos menos de 5 veces <small>(Usar menos de una semana después del envío y el número de ciclos menos que veces nueva medición de batería)</small>
	7	Carga estándar <small>(carga estándar)</small>	Corriente constante 50 A Voltaje constante ver No.5 corte de 0.02CA <small>(corriente continua: 50A Tensión continua: ver número de serie corriente de corte: 0.02CA)</small>		Tiempo de carga: aprox. 2.5h <small>(Tiempo de carga: aprox. 2.5Horas)</small>
		corriente limitante <small>(límite de limitación de corriente)</small>	20A		
	8	Descarga estándar <small>(descarga estándar)</small>	Corriente constante 50A voltaje final ver NO.4 <small>(corriente continua: 50A Tensión de corte: ver número de serie)</small>		
9	Máximo Continuo Corriente de carga <small>(Corriente continua de carga máxima)</small>	100A		T≥10°C	
10	Máximo Continuo Corriente de descarga <small>(corriente de descarga continua máxima)</small>	100A		T≥10°C	
11	temperatura de operacion Rango	cargar(Cargar): 0-45°C		60±25%HR <small>Células de niquel</small>	

Anexo N°14: Datos reales utilizados para el dimensionamiento del regulador

Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "equalización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

Anexo N°15: Datos reales utilizados para el dimensionamiento del Inversor



MOD 10~15KTL3-X

- Max. efficiency 98.6%
- OLED and Touch button
- Type II SPD on DC and AC side
- String Monitoring
- AFCI optional

GROWATT

POWER
- I N G O
T O M O -
R R O W O

GROWATT

www.ginverter.com

Datasheet	MOD 10KTL3-X	MOD 11KTL3-X	MOD 12KTL3-X	MOD 13KTL3-X	MOD 15KTL3-X
Input data (DC)					
Max. recommended PV power (for module STC)	15000W	16500W	18000W	19500W	22500W
Max. DC voltage	1100V				
Start voltage	160V				
Nominal voltage	580V				
MPPT voltage range	140V-1000V				
No. of MPP trackers	2				
No. of PV strings per MPP tracker	1	1	1/2	1/2	1/2
Max. input current per MPP tracker	13A	13A	13/26A	13/26A	13/26A
Max. short-circuit current per MPP tracker	16A	16A	16/32A	16/32A	16/32A
Output data (AC)					
AC nominal power	10000W	11000W	12000W	13000W	15000W
Max. AC apparent power	11000VA*	12100VA	13200VA	14300VA	16500VA
Nominal AC voltage (range*)	220V/380V, 230V/400V (340-440V)				
AC grid frequency (range*)	50/60 Hz (45-55Hz/55-65 Hz)				
Max. output current	16.7A	18.3A	20A	21.7A	25A
Adjustable power factor	0.8leading...0.8lagging				
THDi	<3%				
AC grid connection type	3W+N+PE				
Efficiency					
MAX. efficiency	98.6%				
European efficiency	98.1%	98.1%	98.2%	98.2%	98.2%
MPPT efficiency	99.9%				
General data					
Dimensions (W / H / D)	425/387/178mm				
Weight	14kg	14kg	16kg	16kg	16kg
Operating temperature range	- 25°C ... +60°C				
Nighttime power consumption	< 1W				
Topology	Transformerless				
Cooling	Natural convection				
Protection degree	IP66				
Relative humidity	0–100%				
Altitude	4000m				
DC connection	H4/MC4(Optional)				
AC connection	Connector				
Display	OLED+LED/WIFI+APP				
Interfaces: USB/RS485/WIFI /GPRS/LAN/RF	yes/yes/Optional/Optional/Optional/Optional				
Warranty: 5 / 10 years	Yes/Optional				

Anexo N°16: Lenguaje de programación para el seguidor solar – Arduino IDE 2.2.1

```
//vamos a hacer un seguidor solar// este va a ser el código
#include <Servo.h>

Servo horizontal;
int servoh = 180;

int servohLimitHigh = 180;
int servohLimitLow = 65;

Servo vertical;
int servov = 45;
int servovLimitHigh = 80;
int servovLimitLow = 15;

int ldrIt = 0;
int ldrRt = 1;
int ldrId = 2;
int ldrRd = 3;

//////////pines//////////

void setup ()
{
  Serial.begin(9600);
  horizontal.attach(9);
  vertical.attach(10);
  horizontal.write(180);
  vertical.write(45);
  delay(3000);
}

void loop()
{
  int lt = analogRead(ldrIt); //Superior Izquierdo
  int rt = analogRead(ldrRt); //Superior Derecho
  int ld = analogRead(ldrId); //Inferior Izquierdo
  int rd = analogRead(ldrRd); //Inferior Derecho

  int dtime = 10;
  int tol = 50;

  int avt = (lt + rt) / 2;
  int avd = (ld + rd) / 2;
```

```

int avl = (lt + ld) / 2;
int avr = (rt + rd) / 2;

int dvert = avt - avd;
int dhoriz = avl - avr;

Serial.print(avt);
Serial.print(" ");
Serial.print(avd);
Serial.print(" ");
Serial.print(avl);
Serial.print(" ");
Serial.print(avr);
Serial.print(" ");
Serial.print(dtime);
Serial.print(" ");
Serial.print(tol);
Serial.println(" ");

if (-1*tol > dvert || dvert > tol)
{
if (avt > avd)
{
servov = ++servov;
if (servov > servovLimitHigh)
{
servov = servovLimitHigh;
}
}
else if (avt < avd)
{
servov = --servov;
if (servov < servovLimitLow)
{
servov = servovLimitLow;
}
}
vertical.write (servov);
}

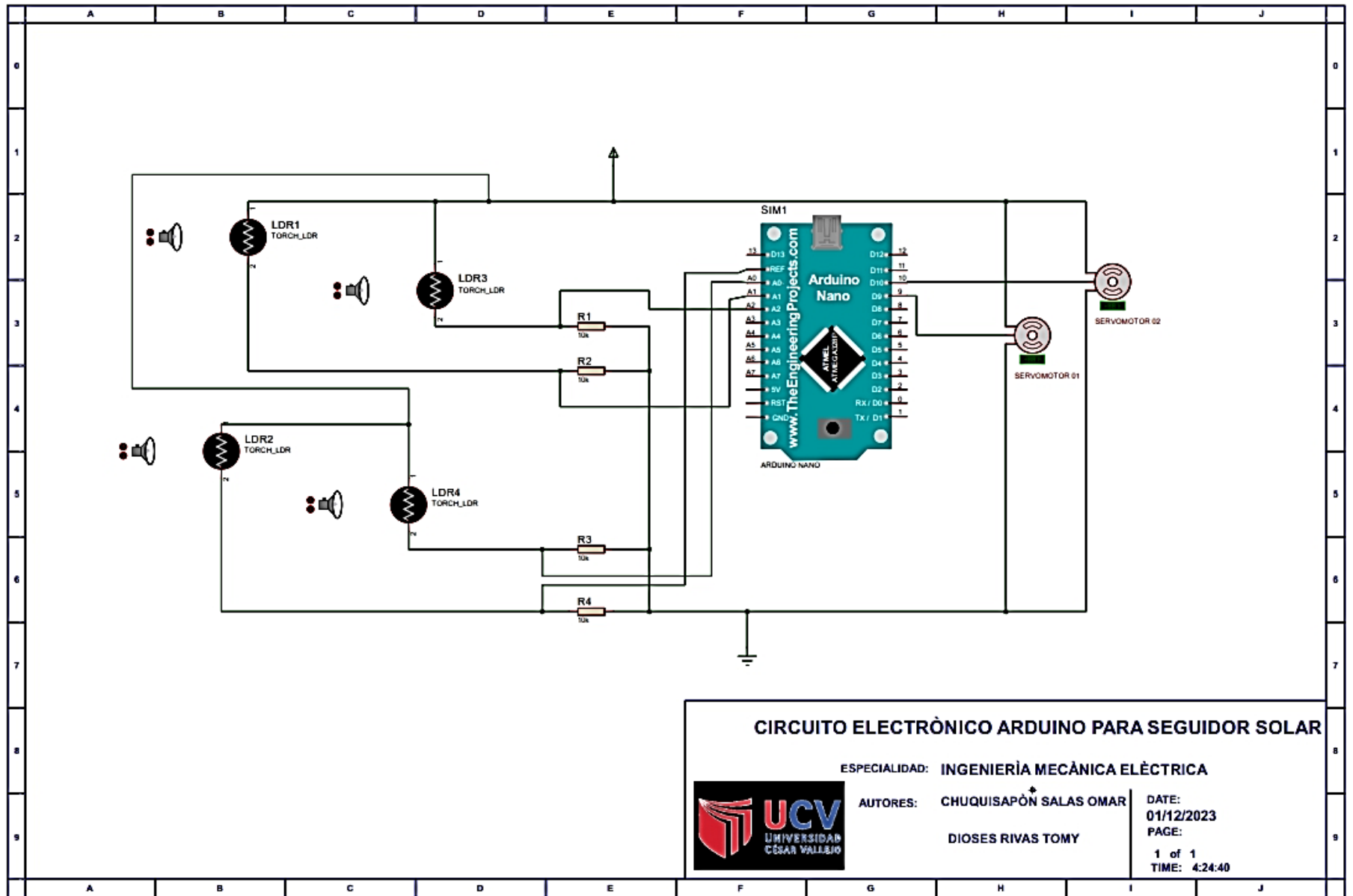
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol)
{
if (avl > avr)

```

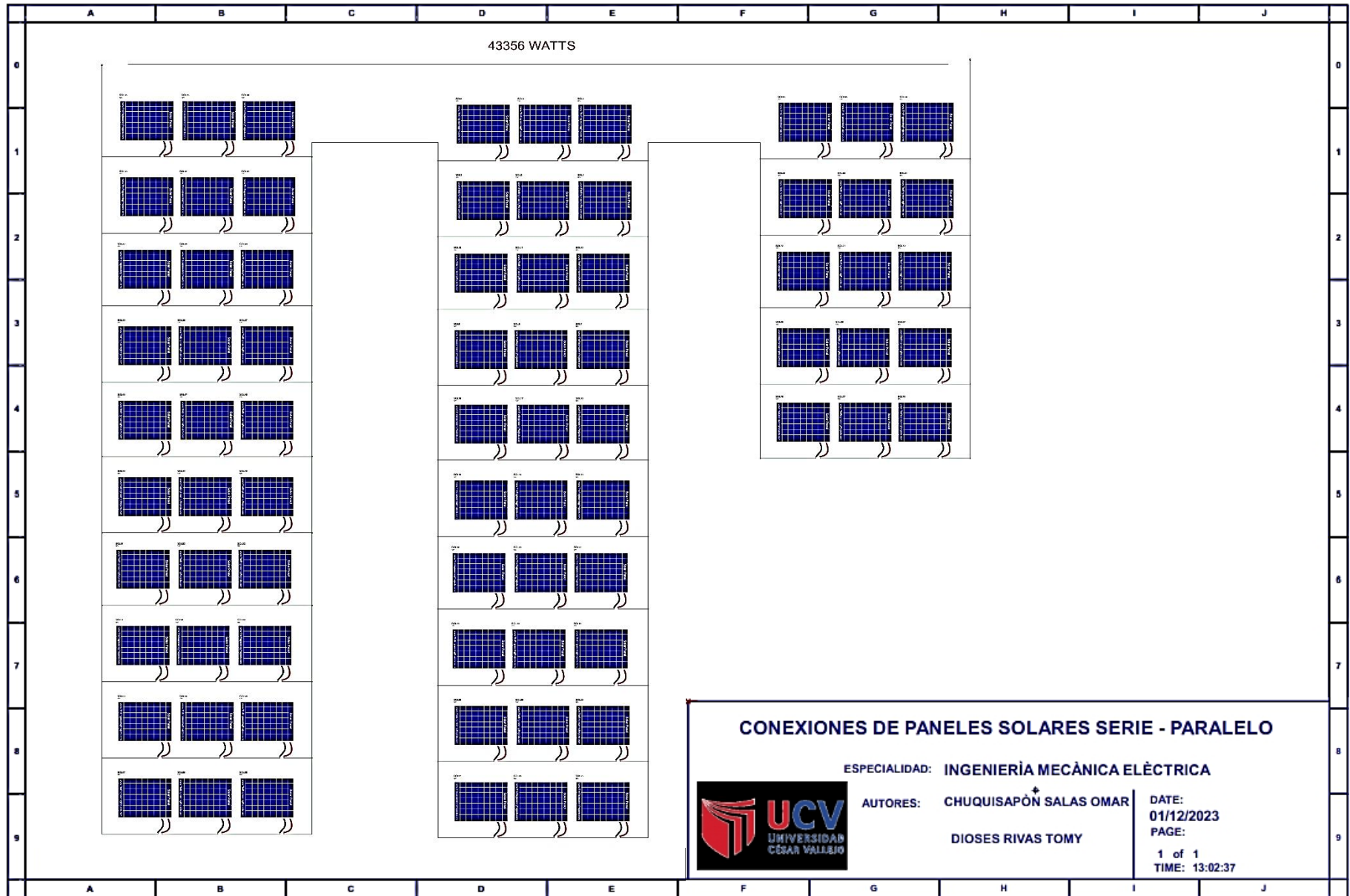
```
{
servoh = --servoh;
if (servoh < servohLimitLow)
{
servoh = servohLimitLow;
}
}
else if (avl < avr)
{
servoh = ++servoh;
if (servoh > servohLimitHigh)
{
servoh = servohLimitHigh;
}
}
else if (avl = avr)
{

}
horizontal. write (servoh);
}
delay(dtime);
}
```

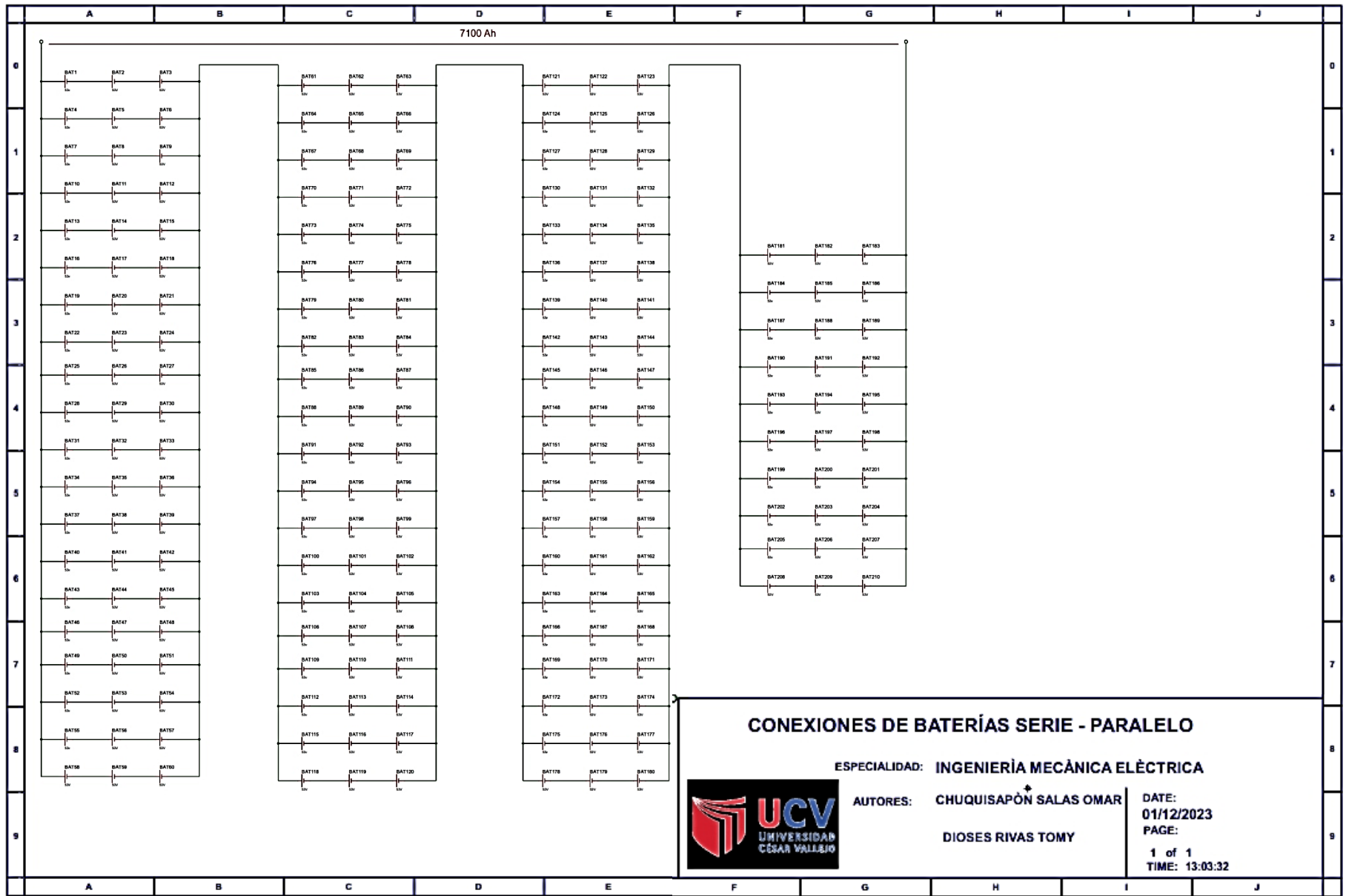
Anexo N°17: Esquema electrónico del seguidor solar



Anexo N°18: Esquema de conexiones eléctricas de paneles solares serie- paralelo



Anexo N°19: Esquema de conexiones eléctricas de baterías serie- paralelo



Anexo N°20: Validación de instrumento por expertos

Evaluación por juicio de expertos

Respetado evaluador: usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento: “El Cuestionario”. La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente, aportando al quehacer profesional. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del evaluador

Nombres y apellidos:	Velásquez Chero, Jaime Dennys
Número de documento de identidad:	46034397
Grado profesional:	Ingeniero en Energía / Ingeniería Industrial
Área de experiencia profesional:	Sistema de automatización
Institución laboral:	Síder Perú
Tiempo de experiencia profesional:	10 años
Experiencia en investigación:	si

2. Propósito de la evaluación

Validar el contenido según los criterios del punto 5.

3. Datos de la escala

Nombre del instrumento:	Cuestionario
Autor(a)(es):	Chuquisapón Salas, Omar Dioses Rivas Tomy
Procedencia:	Trujillo
Administración:	Asistida (x) Auto aplicable ()
Tiempo de aplicación:	1 semana
Ámbito de aplicación:	Zona rural
Significación:	Se realizó una encuesta virtual con Googleforms, el cual consistía ir a todas las viviendas de cada familia para adquirir información de cuanta demanda energética consumía diario, la cantidad de equipos y cuantas horas los usaba.

4. Soporte teórico

Señalar el aporte teórico y autor que sostiene el dimensionamiento de la variable de estudio en el instrumento.

Instrumento	Dimensiones	Definición
cuestionario	Demanda de energía eléctrica	Estimación de energía y potencia requerida en el futuro en un determinado periodo

5. Presentación de instrucciones para el juez

A continuación, a usted le presento el instrumento el cuestionario elaborado por Dioses Rivas Tomy y Chuquisapón Salas Omar en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los siguientes ítems, según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
Claridad El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1.No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2.Bajo nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3.Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4.Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
Coherencia El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. No cumple con el criterio	El ítem no tiene una relación lógica con la dimensión.
	2. Bajo nivel	El ítem tiene una relación tangencial/lejana con la dimensión.
	3. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Alto nivel	El ítem se encuentra relacionado con la dimensión que se está midiendo.
Relevancia El ítem es esencial o importante, es decir	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la

debe ser incluido.		medición de la dimensión
	2. Bajo nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide este.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala del 1 al 4 su valoración; asimismo, brinde sus observaciones, en caso de considerar necesario.

1. No cumple con el criterio
2. Bajo nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

Dimensiones del instrumento

Primera dimensión: Demanda de energía eléctrica.

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): la cantidad de equipos que tiene cada vivienda

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Cantidad de equipos.	4	4	4	3	2
Potencia de equipos	4	4	4	3	2

Segunda dimensión: Capacidad de energía solar generada

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): la cantidad de irradiación de la zona


Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Capacidad de irradiación	4	4	4	4	2
Hora solar pico	4	4	4	4	2

Tercera dimensión: Potencia eléctrica

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): cantidad de energía en el día

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Energía eléctrica (kWh/día)	4	4	4	4	2

Agregar más tablas según las dimensiones que estructuran el instrumento.


VELASQUEZ CHERO JAIME DENNYS
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP N° 164999
Firma del evaluador
DNI 46034397

Se adjunta evidencia de grado académico de los expertos:

The screenshot shows the SUNEDU website interface. At the top, there are navigation tabs for 'Aplicativo' (selected) and 'Guía'. Below this is the title 'REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES'. The main content is a table with three rows of academic records for the same individual.

VELASQUEZ CHERO, JAIME DENNYS DNI 46034397	BACHILLER EN INGENIERIA EN ENERGIA Fecha de diploma: 13/02/2014 Modalidad de estudios: - Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA <i>PERU</i>
VELASQUEZ CHERO, JAIME DENNYS DNI 46034397	INGENIERO EN ENERGIA Fecha de diploma: 01/08/2014 Modalidad de estudios: -	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA <i>PERU</i>
VELASQUEZ CHERO, JAIME DENNYS DNI 46034397	BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Fecha de diploma: 21/02/22 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 03/07/2017 Fecha egreso: 02/02/2022	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO S.A.C. <i>PERU</i>

Evaluación por juicio de expertos

Respetado evaluador: usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento: “El Cuestionario”. La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente, aportando al quehacer profesional. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del evaluador

Nombres y apellidos:	Acosta Cornelio, Abraham Saul
Número de documento de identidad:	70018396
Grado profesional:	Ingeniero en Energía
Área de experiencia profesional:	Supervisor del Área de calidad y ahorro de energía
Institución laboral:	Servicios Santa Gabriela SAC
Tiempo de experiencia profesional:	6 años
Experiencia en investigación:	si

2. Propósito de la evaluación

Validar el contenido según los criterios del punto 5.

3. Datos de la escala

Nombre del instrumento:	Cuestionario
Autor(a)(es):	Chuquisapón Salas, Omar Dioses Rivas Tomy
Procedencia:	Trujillo
Administración:	Asistida (x) Auto aplicable ()
Tiempo de aplicación:	1 semana
Ámbito de aplicación:	Zona rural
Significación:	Se realizo una encuesta virtual con Googleforms, el cual consistía ir a todas las viviendas de cada familia para adquirir información de cuanta demanda energética consumía diario, la cantidad de equipos y cuantas horas los usaba.

4. Soporte teórico

Señalar el aporte teórico y autor que sostiene el dimensionamiento de la variable de estudio en el instrumento.

Instrumento	Dimensiones	Definición
cuestionario	Demanda de energía eléctrica	Estimación de energía y potencia requerida en el futuro en un determinado periodo

5. Presentación de instrucciones para el juez

A continuación, a usted le presento el instrumento el cuestionario elaborado por Dioses Rivas Tomy y Chuquisapón Salas Omar en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los siguientes ítems, según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
Claridad El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	5. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	6. Bajo nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	7. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	8. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
Coherencia El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	2. No cumple con el criterio	El ítem no tiene una relación lógica con la dimensión.
	5. Bajo nivel	El ítem tiene una relación tangencial/lejana con la dimensión.
	6. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	7. Alto nivel	El ítem se encuentra relacionado con la dimensión que se está midiendo.
Relevancia El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	5. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión

	6. Bajo nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide este.
	7. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	8. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala del 1 al 4 su valoración; asimismo, brinde sus observaciones, en caso de considerar necesario.

5. No cumple con el criterio
6. Bajo nivel
7. Moderado nivel
8. Alto nivel

Dimensiones del instrumento

Primera dimensión: Demanda de energía eléctrica.

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): la cantidad de equipos que tiene cada vivienda

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Cantidad de equipos.	4	4	4	3	2
Potencia de equipos	4	4	4	3	2

Segunda dimensión: Capacidad de energía solar generada

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): la cantidad de irradiación de la zona

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Capacidad de irradiación	4	4	4	4	2
Hora solar pico	4	4	4	4	2

Tercera dimensión: Potencia eléctrica

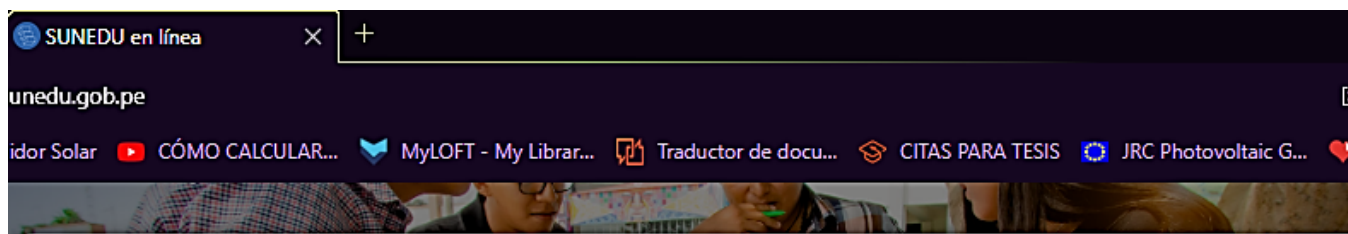
Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): cantidad de energía en el día

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Energía eléctrica (kWh/día)	4	4	4	4	2

Agregar más tablas según las dimensiones que estructuran el instrumento.


ACOSTA CORNELIO ABRAHAM SAUL
INGENIERO EN ENERGIA
N° 288378
Firma del evaluador
DNI 70018396

Se adjunta evidencia de grado académico de los expertos:



Aplicativo

Guía

REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

Resultado

Graduado	Grado o Título	Institución
ACOSTA CORNELIO, ABRAHAM SAUL DNI 70018396	BACHILLER EN INGENIERIA EN ENERGIA Fecha de diploma: 03/10/18 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 16/04/2007 Fecha egreso: 17/08/2018	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA <i>PERU</i>
ACOSTA CORNELIO, ABRAHAM SAUL DNI 70018396	INGENIERO EN ENERGIA Fecha de diploma: 11/11/21 Modalidad de estudios: PRESENCIAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA <i>PERU</i>

Evaluación por juicio de expertos

Respetado evaluador: usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento: “El Cuestionario”. La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente, aportando al quehacer profesional. Agradecemos su valiosa colaboración.

1. Datos generales del evaluador

Nombres y apellidos:	Alfredo Escárate Cobeñas
Número de documento de identidad:	32798188
Grado profesional:	Ingeniero Mecánico/ Ingeniero Mecánico Eléctrico
Área de experiencia profesional:	Energía y Climatización
Institución laboral:	ESELCO INGENIEROS
Tiempo de experiencia profesional:	31 años
Experiencia en investigación:	31 años

2. Propósito de la evaluación

Validar el contenido según los criterios del punto 5.

3. Datos de la escala

Nombre del instrumento:	Cuestionario
Autor(a)(es):	Chuquisapón Salas, Omar Dioses Rivas Tomy
Procedencia:	Trujillo
Administración:	Asistida (x) Auto aplicable ()
Tiempo de aplicación:	1 semana
Ámbito de aplicación:	Zona rural
Significación:	Se realizo una encuesta virtual con Googleforms, el cual consistía ir a todas las viviendas de cada familia para adquirir información de cuanta demanda energética consumía diario, la cantidad de equipos y cuantas horas los usaba.

4. Soporte teórico

Señalar el aporte teórico y autor que sostiene el dimensionamiento de la variable de estudio en el instrumento.

Instrumento	Dimensiones	Definición
cuestionario	Demanda de energía eléctrica	Estimación de energía y potencia requerida en el futuro en un determinado periodo

5. Presentación de instrucciones para el juez

A continuación, a usted le presento el instrumento el cuestionario elaborado por Dioses Rivas Tomy y Chuquisapón Salas Omar en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los siguientes ítems, según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
Claridad El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	9. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	10. Bajo nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	11. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	12. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
Coherencia El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	3. No cumple con el criterio	El ítem no tiene una relación lógica con la dimensión.
	8. Bajo nivel	El ítem tiene una relación tangencial/lejana con la dimensión.
	9. Moderado nivel	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	10. Alto nivel	El ítem se encuentra relacionado con la dimensión que se está midiendo.
Relevancia El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	9. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión

	10. Bajo nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide este.
	11. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	12. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala del 1 al 4 su valoración; asimismo, brinde sus observaciones, en caso de considerar necesario.

9. No cumple con el criterio
10. Bajo nivel
11. Moderado nivel
12. Alto nivel

Dimensiones del instrumento

Primera dimensión: Demanda de energía eléctrica.

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): la cantidad de equipos que tiene cada vivienda

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Cantidad de equipos.	4	4	4	3	2
Potencia de equipos	4	4	4	3	2

Segunda dimensión: Capacidad de energía solar generada

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): la cantidad de irradiación de la zona

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Capacidad de irradiación	4	4	4	4	2
Hora solar pico	4	4	4	4	2

Tercera dimensión: Potencia eléctrica

Objetivos de la dimensión (especificar qué se quiere medir): cantidad de energía en el día

Indicadores	Ítems	Criterios			Observaciones o recomendaciones
		Claridad	Coherencia	Relevancia	
Energía eléctrica (kWh/día)	4	4	4	4	2

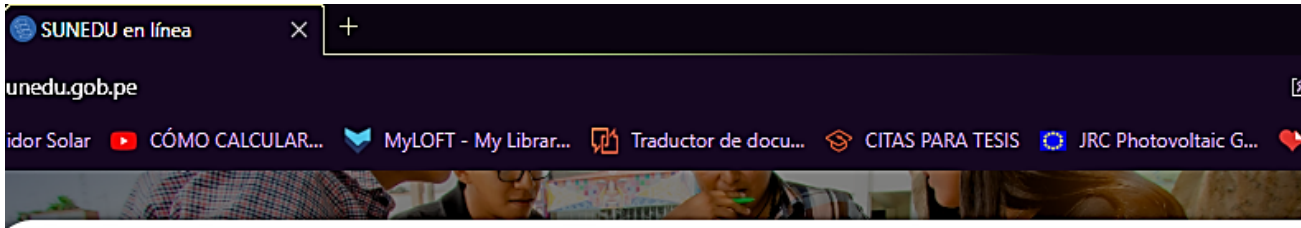
Agregar más tablas según las dimensiones que estructuran el instrumento.



Alfredo Escárte Cobeñas
Ingeniero Mecánico
N° Reg. CIP 66645

Firma del evaluador
DNI 32798188

Se adjunta evidencia de grado académico de los expertos:



Aplicativo

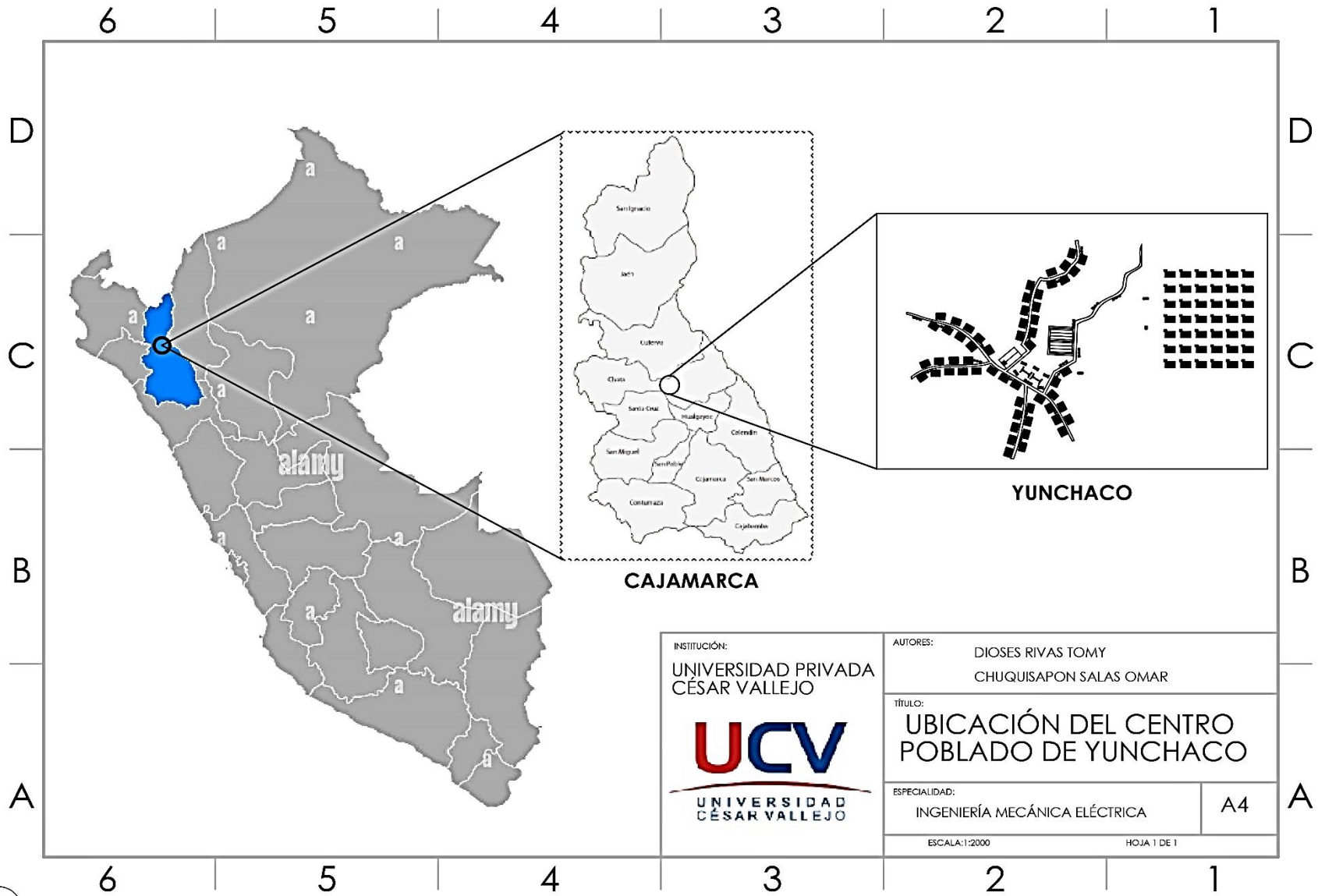
Guía

REGISTRO NACIONAL DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES

ALFREDO DNI 32798188	Fecha de diploma: 04/05/01 Modalidad de estudios: PRESENCIAL	INGENIERIA PERU
ESCARATE COBEÑAS, ALFREDO DNI 32798188	BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERIA MECANICA Fecha de diploma: 28/04/94 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: Sin información (***) Fecha egreso: Sin información (***)	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA PERU
ESCARATE COBEÑAS, ALFREDO DNI 32798188	BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA Fecha de diploma: 12/03/19 Modalidad de estudios: PRESENCIAL Fecha matrícula: 25/03/2010 Fecha egreso: 15/06/2017	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA PERU

Act
Ve a

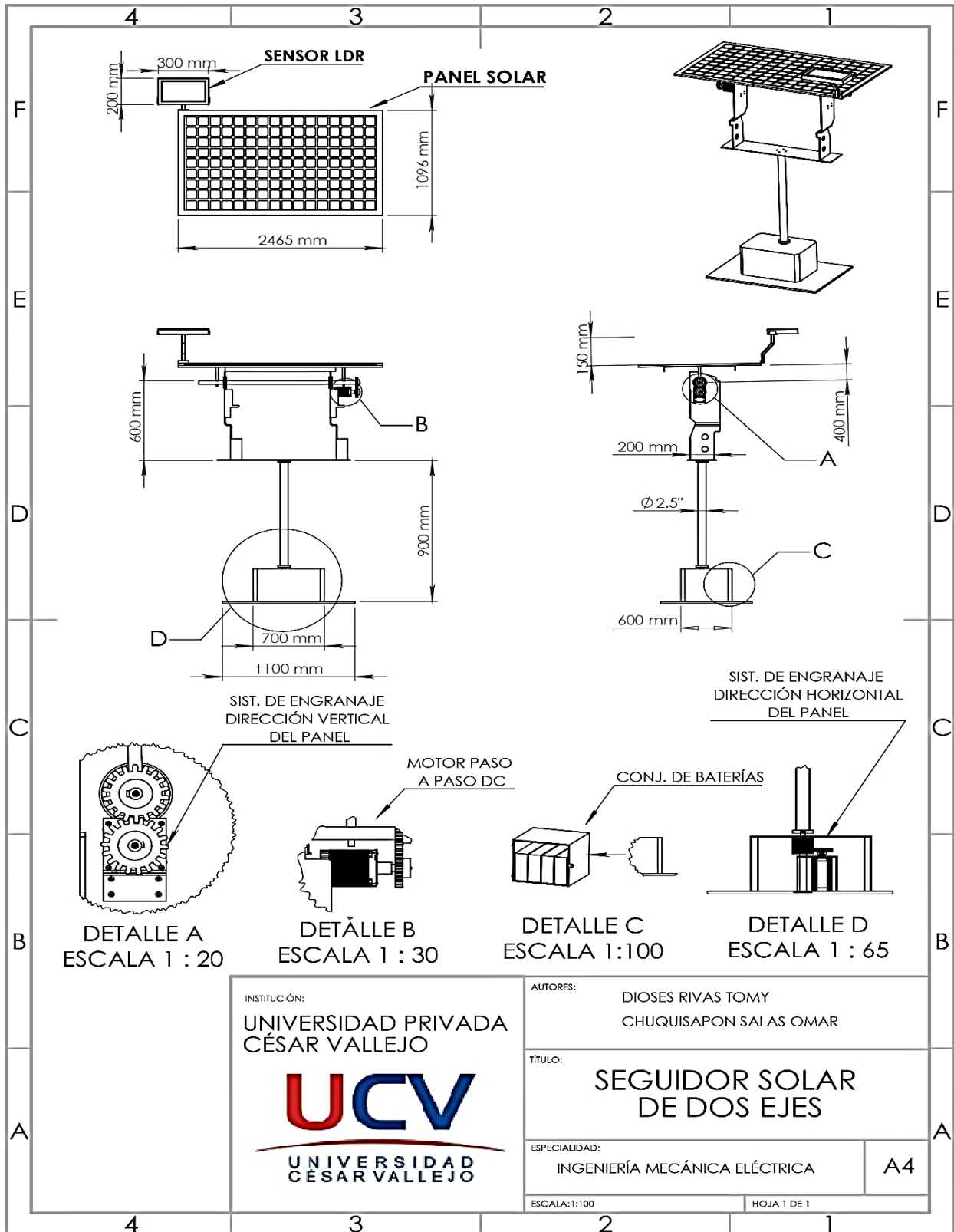
Anexo N°21: Plano de ubicación del centro poblado de Yunchaco



INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA CÉSAR VALLEJO  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORES: DIOSES RIVAS TOMY CHUQUISAPON SALAS OMAR	
	TÍTULO: UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO DE YUNCHACO	
ESPECIALIDAD: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	A4	
ESCALA: 1:2000	HOJA 1 DE 1	

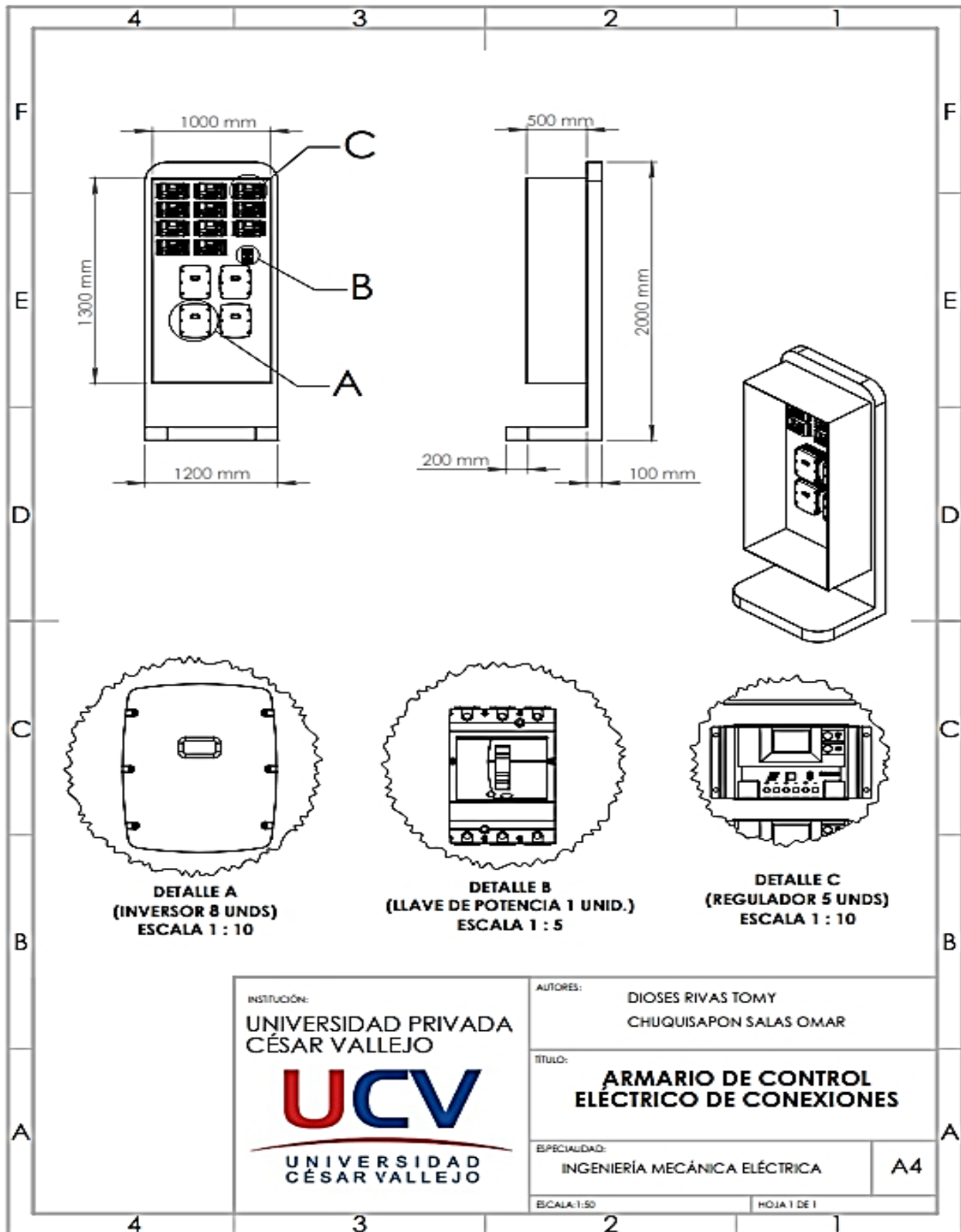
Fuente: Propia - SolidWorks

Anexo N°22: Plano del sistema fotovoltaico con seguimiento solar



Fuente: Propia - SolidWorks

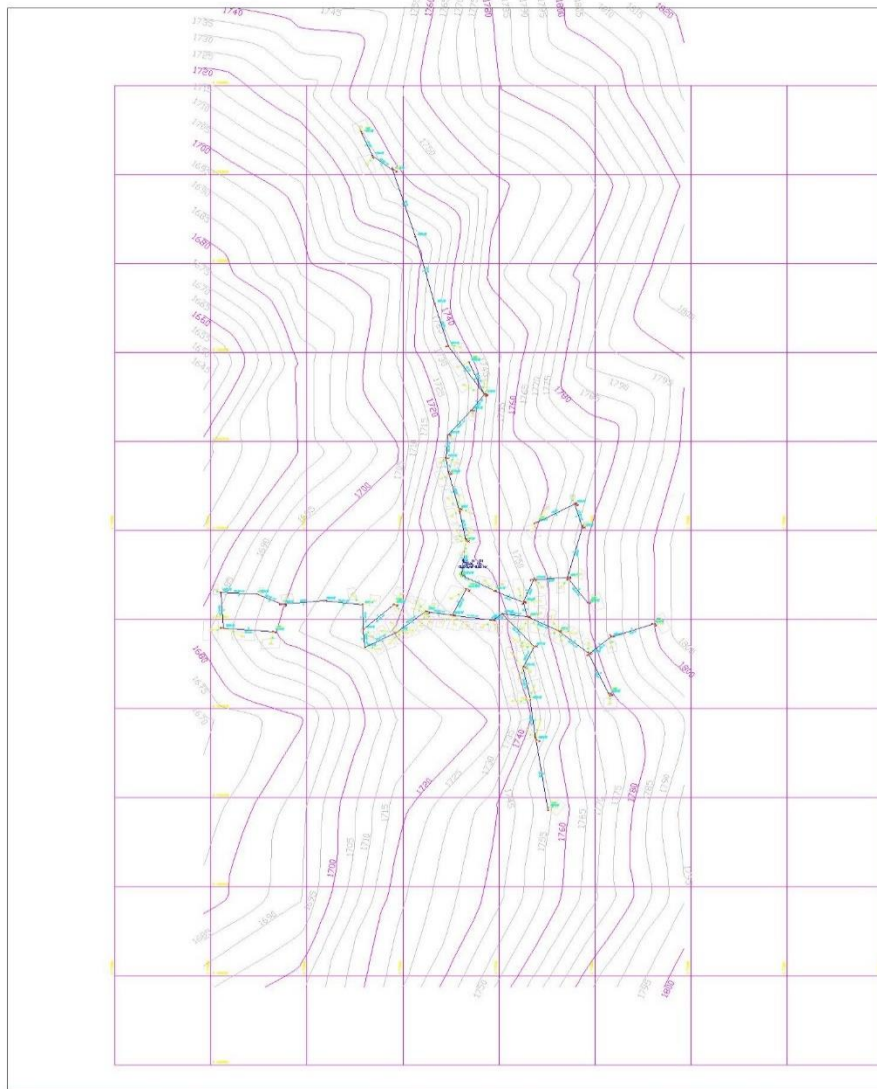
Anexo N°23: Plano de tablero de control de conexiones eléctricas



INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA CÉSAR VALLEJO  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORES: DIOS RIVAS TOMY CHUQUISAPON SALAS OMAR	
	TÍTULO: ARMARIO DE CONTROL ELÉCTRICO DE CONEXIONES	
ESPECIALIDAD: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	A4	
ESCALA: 1:50	HOJA 1 DE 1	

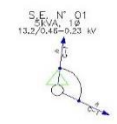
Fuente: Propia - SolidWorks

Anexo N°24: Plano de distribución de red secundaria



Resumen de cargas - SE N° 01				
Circuito	Cant. de Lotes		Demandas - kW	
	Viv.	C. Esp.	SP	AP
C-1	89	0	17,80	1,50
Total	89	0	17,80	1,50

Cargas a alimentar			
Sectores	Cant.	F.S. kW	F.S. Tot-kW
Doméstico	0,40	89	0,5
Industria	0,060	28	1,0
Cargas Especiales:	-	-	0,00
Sub-Total	-	-	19,30
Pérdidas de Potencia	-	-	0,26
Potencia Total	-	-	19,56



LEYENDA			LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANT.	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANT.
○	Poste de CAC 8m/200 daN	49	□	Caja de derivación C440-220/55	3
△	Subestación aérea monoposte de CAC 12m/300 daN	1	□	Caja de derivación C440-220/10S	2
—	Conductor 1x16/25 (km)	0,05	—	Pastoral "A" de 0,5m de avance; lámpara de vapor de sodio de 50W	25
—	Conductor 1x16+1x16/25 (km)	1,04	—	Pastoral de "A" proyectado	25
—	Conductor 2x35+1x16/25 (km)	0,77	—	Acometida domiciliaria; configuración corta	58
E1	Armado de alineamiento	3	—	Acometida domiciliaria; configuración larga	31
E4	Armado de fin de circuito con vano flojo	2	→	Retenida inclinada de Línea o red primaria	—
E1/S	Armado de alineamiento	16	—	Retenida vertical de Línea o red primaria	—
E3/S	Armado de fin de circuito	12	—	Puesta a tierra tipo de red primaria	—
E4/S	Armado de fin de circuito con vano flojo	9	VF	Vano flojo (7% tiro de rotura del conductor)	—
E5/S	Armado de alineamiento con derivación	8	□	Vivienda	—
E'4/S	Armado de fin de circuito con vano flojo	1	□	Vivienda en construcción	—
→	Retenida Inclinada de RS	28	□	Vivienda abandonada	—
↘	Puesta a tierra tipo RS-PAT-1	10	□	Lote Vacío	—

Legenda de Postes

○ n[Arm]

n : Numeración de Poste

Arm : Armado de RS

Legenda de Tramo

— D —

⊕ Tipo de Conductor

⊕ Distancia (m)

ESCALA GRAFICA (1 : 1000)

0 50m 100m

Legenda de Conductores

⊕ 1x16/25

⊕ 1x16+1x16/25

⊕ 2x35+1x16/25

Notas:

- 1.- /S : Armado de caja de derivación
- 2.- E' : Armado en postes de 4M
- 3.- C: Coeficiente eléctrico: 0,40 kW/lote
- 4.- Carga de diseño del transformador: p.u.: 1,25
- 5.- Cálculo de tensión máxima: 7,20KV
- 6.- Tiro en vano normal: 18/ST
- 7.- Tiro en vano flojo: 75/H

UNIVERSIDAD CAYMAHUASI

AUTORES:

DIOSER RIVAS TOMY

CHUQUISAPÓN SALAS OMAR

PROYECTO:

REDES ELÉCTRICAS SECUNDARIAS

YUNCHACO

FECHA:

01-25

1/2

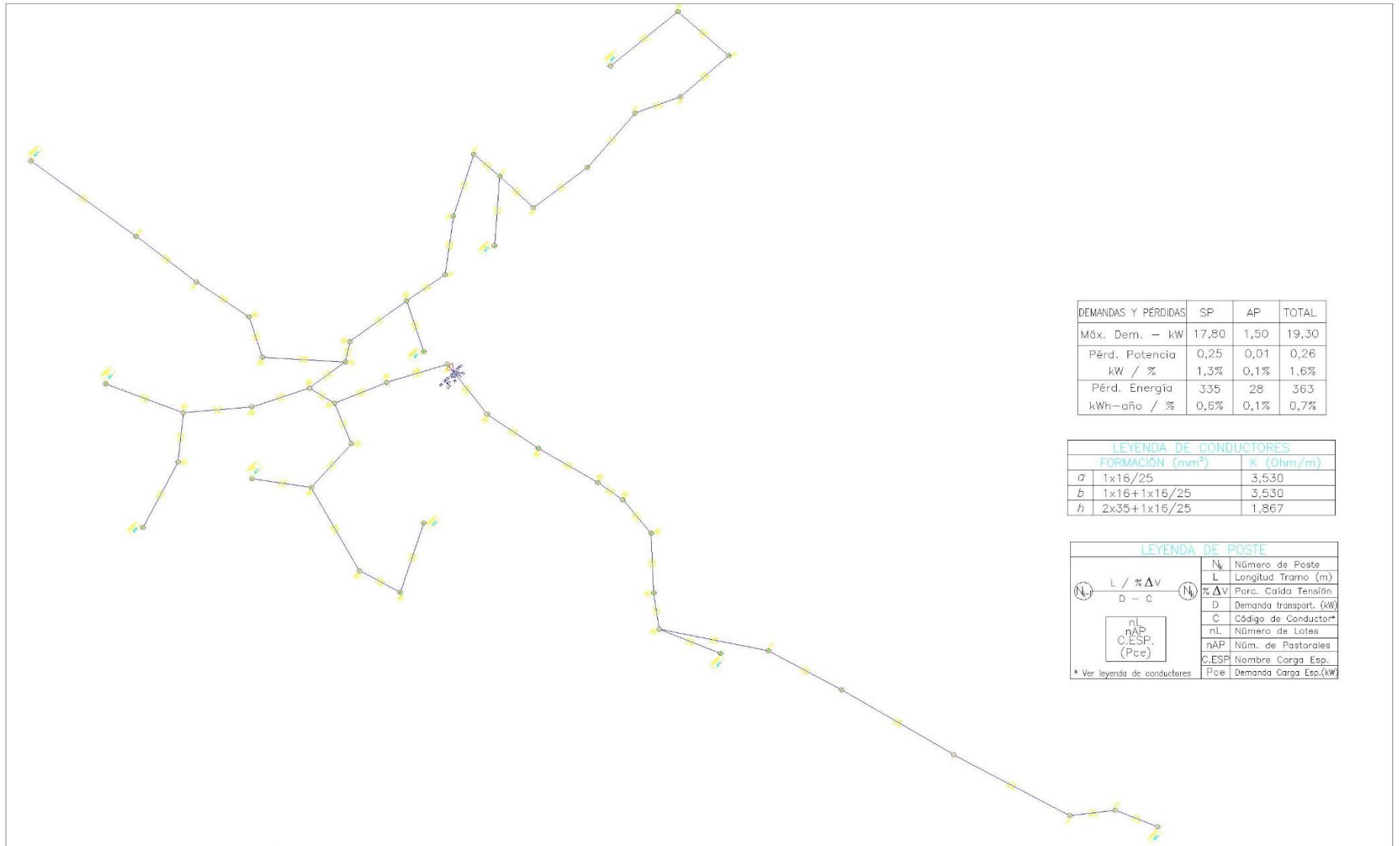
Fuente: Propia - REDCAD

Anexo N°25: Plano de vista perfil de red primaria de distribución



Fuente: Propia - REDLIN

Anexo N°26: Plano de diagrama de cargas del sistema de red de distribución secundaria



DEMANDAS Y PÉRDIDAS	SP	AP	TOTAL
Máx. Dem. - kW	17,80	1,50	19,30
Pérd. Potencia kW / %	0,25 1,3%	0,01 0,1%	0,26 1,6%
Pérd. Energía kWh-año / %	335 0,6%	28 0,1%	363 0,7%

LEYENDA DE CONDUCTORES	
FORMACIÓN (mm ²)	K (Ohm/m)
a 1x16/25	3,530
b 1x16+1x16/25	3,530
h 2x35+1x16/25	1,867

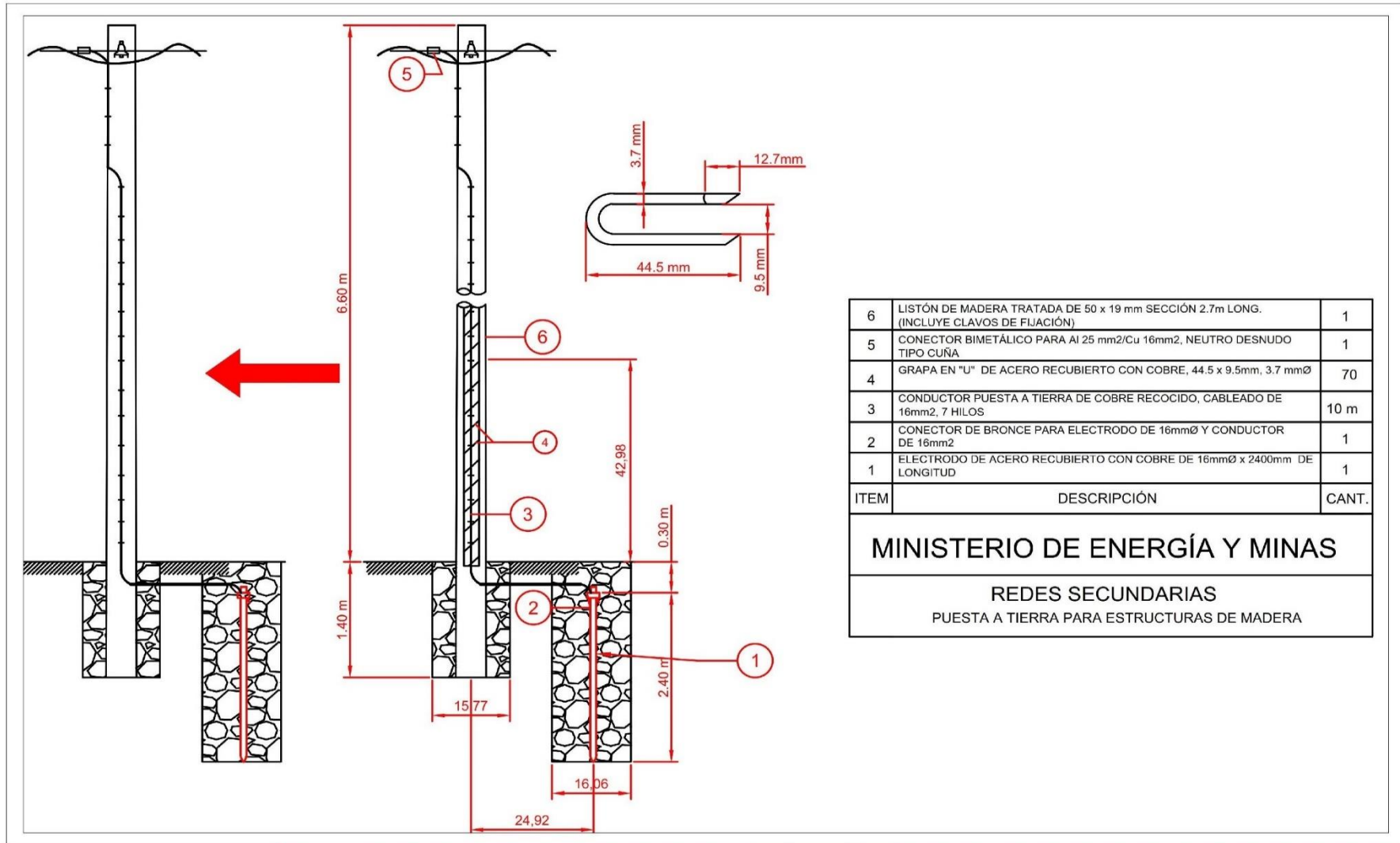
LEYENDA DE POSTE	
N_k	Número de Poste
L	Longitud Tramo (m)
$\% \Delta V$	Porc. Caída Tensión
D	Demanda transport. (kW)
C	Código de Conductor*
nL	Número de Lotes
nAP	Núm. de Pastorales
C.ESP	Nombre Carga Esp.
Pce	Demanda Carga Esp.(kW)

* Ver leyenda de conductores



DES: 1	AUTORES:	PROY:	FECHA:	PLANO N°
DES: 2	DIOSES RIVAS TOMY	DIAGRAMA DE CARGA	07A-ED	1/3
DES: 3	CHUQUISAPÓN SALAS OMAR	RED SECUNDARIA		
REV: 1	PROYECTO:	ESTADIO:	ESC:	FECHA: 10-2020
REV: 2	ELECTRIFICACION	YUNCHACO	PROY:	ESTADIO DE FÚTBOL
REV: 3	REDA		OPD:	ESTADIO DE FÚTBOL

Anexo N°27: Plano de estructura de madera para distribución de red secundaria



6	LISTÓN DE MADERA TRATADA DE 50 x 19 mm SECCIÓN 2.7m LONG. (INCLUYE CLAVOS DE FIJACIÓN)	1
5	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm ² /Cu 16mm ² , NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA	1
4	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE, 44.5 x 9.5mm, 3.7 mmØ	70
3	CONDUCTOR PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , 7 HILOS	10 m
2	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16mmØ Y CONDUCTOR DE 16mm ²	1
1	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mmØ x 2400mm DE LONGITUD	1
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

REDES SECUNDARIAS

PUESTA A TIERRA PARA ESTRUCTURAS DE MADERA

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	AUTORES: DIOSÉS RIVAS TOMY CHUQUISAPÓN SALAS OMAR	TÍTULO: ESTRUCTURA DE MADERA RED SECUNDARIA	PÁGINA Nº: 01A-00 1/3
	PROYECTO: ELECTRIFICACION RURAL	LUGAR: YUNCHACO	ESCALA: 1:1

Anexo N°28: Cálculo de la cantidad de postes de la red primaria

Derivación	ESTRUCTURA	Nombre Est.	Armado Primario		Topografía			Vertice	Vano Adelante	Zona/Banda	X	Y	Estructura				Tipo Soporte	Tipo PAT	Tipo Terreno	Tipo Cimentación	Ri	Conductor Principal			Flecha (m)	Dist. vert. mínima al terreno (m)	LDm (m/kg) según CIGRETS273	Num. Fases	Tipo Conductor
			Primario	Topografía	Acumulada	Cota	Desnvel						Vano Peso (m)	Vano Viento (m)	Vano Regulador (m)	Cant. Soportes						Tiro Adelante (kg-f)	Tiro Atrás (kg-f)	Param. Catenaria					
PUNTO DE DISEÑO	0	1	PS1-0	0,0000	1699,00	-0,087	PU-0	30	17M	770463,067	9319091,77	17,9000391	15	30	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	65,709	0,000	995,425	30,001	0,113	10,420	2,864	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	1	2	PS1-0	30,0000	1698,91	-5,913	PU-1	140,946371	17M	770468,184	9319121,33	142,199032	85,4731854	140,946371	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	94,270	65,703	1422,380	141,128	1,748	9,365	13,454	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	2	6	PS1-0	170,9464	1693,00	12,000	PU-1	205,128308	17M	770492,228	9319260,21	20,8238778	173,037339	205,128308	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	104,592	93,880	1584,700	205,622	3,326	10,534	19,580	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	3	7	PS1-0	376,0747	1705,00	1,381	PU-2	75,2275959	17M	770508,239	9319464,71	210,976439	140,177952	75,2275959	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	78,340	105,384	1186,857	75,253	0,596	6,513	7,181	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	4	8	PS1-0	451,3023	1706,38	-3,381	PU-2	27,2099815	17M	770516,009	9319539,53	258,025338	51,2187887	99,2954853	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	85,646	78,431	1282,247	27,494	0,073	9,200	2,597	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	5	9	PA2-0	478,5123	1703,00	20,167	PU-3	117,445425	17M	770518,82	9319566,6	-331,72799	72,3277033	99,2954853	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	2	85,291	85,386	1282,247	119,205	1,365	9,975	11,211	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	6	10	PA2-0	595,9577	1723,17	5,152	PU-4	31,8078693	17M	770636,205	9319570,36	64,6982375	74,6266472	99,2954853	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	85,799	86,622	1282,247	32,317	0,100	9,975	3,036	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	7	11	PS1-0	627,7656	1728,32	9,111	PU-5	85,8435413	17M	770665,209	9319583,42	157,701072	58,8257053	85,8435413	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	2	81,270	86,176	1228,274	86,343	0,754	10,533	8,194	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	8	12	PS1-0	713,6091	1737,43	7,570	PU-6	68,8654509	17M	770645,801	9319667,04	80,3791819	77,3544961	68,8654509	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	76,699	81,672	1158,407	69,290	0,515	10,533	6,574	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	9	13	PS1-0	782,4745	1745,00	1,000	PU-7	84,3860743	17M	770681,136	9319726,15	189,186943	76,6257626	84,3860743	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	80,827	77,199	1224,332	84,409	0,727	10,533	8,055	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	10	14	PS1-0	866,8606	1746,00	1,330	PU-8	38,3712784	17M	770672,035	9319810,05	52,3949654	61,3786764	70,8180374	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	77,117	80,893	1168,427	38,381	0,158	6,229	3,663	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	11	15	PA2-0	905,2319	1747,33	-13,384	PU-8	28,0006626	17M	770659,624	9319846,36	595,828302	33,1859705	70,8180374	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	85,921	77,168	1168,427	31,036	0,093	8,536	2,673	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	12	16	PA2-0	933,2326	1733,95	6,792	PU-9	97,55605	17M	770650,567	9319872,85	-557,63314	62,7783563	70,8180374	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	77,146	85,037	1168,427	97,820	1,021	9,975	9,312	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	13	17	PA2-0	1030,7886	1740,74	12,522	PU-10	37,1007317	17M	770606,181	9319959,72	-238,64144	67,3283908	70,8180374	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	80,987	77,594	1168,427	39,159	0,155	6,070	3,541	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	14	18	PA2-0	1067,8893	1753,26	-2,260	PU-10	39,4943272	17M	770592,045	9319994,03	475,849873	38,2975295	70,8180374	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	77,255	81,813	1168,427	39,533	0,167	9,975	3,770	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	15	19	PS1-0	1107,3837	1751,00	-2,215	PU-11	51,4697895	17M	770576,997	9320030,54	41,8299626	45,4820584	51,4697895	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	71,757	77,143	1084,810	51,522	0,306	6,545	4,913	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	16	20	PS1-0	1158,8535	1748,78	-4,887	PU-11	17,8789795	17M	770558,504	9320078,57	273,848617	34,6743845	17,8789795	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	0	65,915	71,611	952,748	18,690	0,044	9,726	1,707	1	AAAC 16
PUNTO DE DISEÑO	17	21	PA2-0	1176,7324	1743,90	0,000	PU-12	0	17M	770552,08	9320095,26	-276,9068	8,93948976	0	1	12/200	PAT-1C	I	CM12	1	0,000	65,556	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	-

TOTAL POSTES 18

Fuente: Propia - REDCAD

Anexo N°29: Cálculo de la cantidad de postes de la red secundaria

TPO DE RED	N° Estructura	Armado	Armado Primario	PAT	Conductor	Vano-m	Soporta	Cantidad de Soportes	Caja Derv.	Coordenada X	Coordenada Y	CFF35-16-SP	CNN25-25-SP	CFF35-16-AP	Puntos de Iluminación	SSW	Ret. Inc. en Estruct. BT	RS-RU	Corta	Larga	Acometidas 1a
SECUNDARIA	RP01	E4/S	E4	-	-	0	-	0	-	770661,10	9319549,52	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
SECUNDARIA	01	E4	E4	-	2x35+1x16/2	30,09	0/200	1	C440-220/5S	770665,34	9319587,97	0	0	0	1	1	1	1	3	2	5
SECUNDARIA	02	E4	E4	-	2x35+1x16/2	30,75	0/200	1	C440-220/5S	770658,37	9319624,01	0	0	0	1	1	1	1	2	2	4
SECUNDARIA	03	E4/S	E4	-	2x35+1x16/2	40,93	0/200	1	-	770647,02	9319663,50	0	0	0	1	1	1	1	2	0	2
SECUNDARIA	04	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	10,06	0/200	1	-	770644,61	9319661,33	0	0	0	1	1	0	0	2	0	2
SECUNDARIA	05	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	20,41	0/200	1	-	770646,75	9319707,65	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
SECUNDARIA	06	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	30,61	0/200	1	-	770671,2	9319734,9	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
SECUNDARIA	07	E5/S	E5	RS-PAT-1	2x35+1x16/2	22,56	0/200	1	-	770664,37	9319753,23	3	2	2	1	1	1	1	1	2	3
SECUNDARIA	08	E3/S	E3	-	1x16+1x16/2	39,03	0/200	1	-	770666,79	9319789,01	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SECUNDARIA	09	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	41,15	0/200	1	-	770647,15	9319807,72	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	10	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	49,23	0/200	1	-	770632,91	9319854,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SECUNDARIA	11	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	77,74	0/200	1	-	770612,96	9319929,90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SECUNDARIA	12	E4/S	E4	RS-PAT-1	2x35+1x16/2	70,12	0/200	1	-	770589,65	9320004,54	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	13	E4/S	E4	-	2x35+1x16/2	26,89	0/200	1	-	770566,2	9320020,76	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	14	E3/S	E3	-	2x35+1x16/2	27,36	0/200	1	-	770557,29	9320045,67	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	15	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	37,09	0/200	1	-	770694,09	9319532,29	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2
SECUNDARIA	16	E5/S	E5	-	2x35+1x16/2	33,34	0/200	1	-	770725,0	9319519,79	3	2	2	1	1	2	2	0	2	2
SECUNDARIA	17	E5/S	E5	-	2x35+1x16/2	17,37	0/200	1	-	770729,79	9319502,93	3	2	2	1	1	0	0	1	2	3
SECUNDARIA	18	E1	E1	-	1x16+1x16/2	30,07	0/200	1	C440-220/5S	770762,27	9319487,24	0	0	0	1	1	0	0	3	2	5
SECUNDARIA	19	E5/S	E5	-	1x16+1x16/2	40,71	0/200	1	-	770793,06	9319461,57	1	1	1	1	1	2	2	1	0	1
SECUNDARIA	20	E3/S	E3	RS-PAT-1	1x16+1x16/2	49,37	0/200	1	-	770614,4	9319416,67	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
SECUNDARIA	21	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	30,16	0/200	1	-	770617,05	9319480,64	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	22	E3/S	E3	RS-PAT-1	1x16/25	45,13	0/200	1	-	770659,93	9319494,56	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	23	E5/S	E5	-	2x35+1x16/2	20,59	0/200	1	-	770703,41	9319506,22	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
SECUNDARIA	24	E1/S	E1	-	2x35+1x16/2	20,06	0/200	1	-	770692,04	9319489,23	0	0	0	1	1	0	0	2	0	2
SECUNDARIA	25	E5/S	E5	-	2x35+1x16/2	41,93	0/200	1	-	770651,29	9319504,64	1	1	1	1	1	0	0	2	1	3
SECUNDARIA	26	E3/S	E3	RS-PAT-1	1x16+1x16/2	32,56	0/200	1	-	770665,59	9319534,1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
SECUNDARIA	27	E1	E1	RS-PAT-1	2x35+1x16/2	27,07	0/200	1	C440-220/10S	770623,77	9319509,25	0	0	0	0	0	0	0	4	2	6
SECUNDARIA	28	E1	E1	-	2x35+1x16/2	30,89	0/200	1	C440-220/10S	770595,44	9319487,2	1	1	1	0	0	0	0	3	3	6
SECUNDARIA	29	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	39,81	0/200	1	-	770560,31	9319466,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
SECUNDARIA	30	E5/S	E5	-	1x16+1x16/2	20,5	0/200	1	-	770556,7	9319488,94	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
SECUNDARIA	31	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	27,67	0/200	1	-	770557,77	9319516,6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
SECUNDARIA	32	E4/S	E4	-	1x16+1x16/2	40,35	0/200	1	-	770517,69	9319521,27	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
SECUNDARIA	33	E4/S	E4	RS-PAT-1	1x16+1x16/2	43,5	0/200	1	-	770474,37	9319517,22	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
SECUNDARIA	34	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	28,49	0/200	1	-	770448,31	9319526,71	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SECUNDARIA	35	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	38,34	0/200	1	-	770410,02	9319530,61	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SECUNDARIA	36	E4/S	E4	-	1x16+1x16/2	40,43	0/200	1	-	770413,02	9319490,49	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
SECUNDARIA	37	E3/S	E3	-	1x16+1x16/2	51,73	0/200	1	-	770464,56	9319486,34	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	38	E3/S	E3	RS-PAT-1	1x16+1x16/2	42,49	0/200	1	-	770590,5	9319517,13	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
SECUNDARIA	39	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	28,15	0/200	1	-	770736,53	9319469,97	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2
SECUNDARIA	40	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	26,05	0/200	1	-	770725,04	9319446,59	0	0	0	1	1	0	0	2	1	3
SECUNDARIA	41	E1/S	E1	-	1x16+1x16/2	30	0/200	1	-	770732,52	9319409,71	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
SECUNDARIA	42	E4/S	E4	RS-PAT-1	1x16+1x16/2	45,29	0/200	1	-	770736,53	9319364,62	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2
SECUNDARIA	43	E3/S	E3	-	1x16+1x16/2	77,42	0/200	1	-	770750,96	9319286,4	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	44	2E3/S	E3	-	1x16+1x16/2	26,04	0/200	1	-	770735,76	9319544,61	1	1	1	1	1	2	2	1	0	1
SECUNDARIA	45	E5/S	E5	-	1x16+1x16/2	35,81	0/200	1	-	770771,5	9319547,12	1	1	1	1	1	2	2	2	0	2
SECUNDARIA	46	E3/S	E3	-	1x16+1x16/2	35,33	0/200	1	-	770792,76	9319516,89	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
SECUNDARIA	47	E4/S	E4	-	1x16+1x16/2	56,29	0/200	1	-	770766,59	9319603,42	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	48	E4/S	E4	RS-PAT-1	1x16+1x16/2	27,06	0/200	1	-	770776,46	9319629,89	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
SECUNDARIA	49	E3/S	E3	-	1x16+1x16/2	44,52	0/200	1	-	770739,07	9319609,10	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2

TOTAL POSTES	50
---------------------	-----------

Fuente: Propia - REDCAD

Anexo N°30: Catálogo de conductor eléctrico para la red primaria

AAAC 6201; mm2

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

Conductores de aleación de aluminio 6201.

DESCRIPCIÓN

Aplicación:

Para soporte de cables autoportantes y líneas de distribución desnudas de baja y media tensión.

Construcción:

Conductor: Aleación de aluminio 6201, clase 2.

Principales características:

Resistencia a la tracción y menor peso.

Sección:

Desde 16 mm² hasta 1000 mm².

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

Normas nacionales

NTP 370.258: Conductores con alambres de aluminio redondos concéntricamente cableados para líneas aéreas.

Normas internacionales aplicables

ASTM B398/B 398M: Especificación estándar para alambre de aluminio 6201-T81 alambre para fines eléctricos.



NORMAS

Nacional ASTM B 398;
NTP 370.258

CARACTERÍSTICAS

Características de construcción

Material del conductor

Aleación Al 6201

DATOS DIMENSIONALES

Sección [mm ²]	N° alambres Aluminio	Diam. Conductor [mm]	Peso aprox. [kg/km]
16	7	5.19	44
25	7	6.45	68
35	7	7.62	96
50	7	7.89	137
70	7	10.8	192

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 considerados como que constituyen una representación de la parte de Nexans.
Generado 21/12/23 www.nexans.pe Página 1 / 3



Anexo N°28: Catálogo de conductor eléctrico para la red primaria

AAAC 6201; mm²

Contacto
Venta Local
ventas.peru@nexans.com

Sección [mm ²]	N° alambres Aluminio	Diam. Conductor [mm]	Peso aprox. [kg/km]
70	19	10.96	193
95	19	12.71	260
120	19	14.31	329
150	19	15.95	411
185	37	17.5	506
240	61	20.3	660
300	61	22.5	822
400	61	26.0	1098
500	61	29.1	1371
630	91	32.6	1730
800	91	36.9	2200
1000	91	41.1	2743

DATOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

Sección [mm ²]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Carga de rotura mínima [kN]	Amperaje aire 40°C [A]
16	2.1111	4.94	100
25	1.3511	7.72	125
35	0.9651	10.81	160
50	0.6755	15.44	195
70	0.4825	20.95	235
70	0.4825	21.61	235
95	0.3573	29.33	300
120	0.2828	37.05	340
150	0.2263	46.31	395
185	0.181	55.4	455
240	0.139	71.39	545
300	0.111	88.93	625
400	0.0837	115	755
500	0.067	143	857
630	0.0532	181	987
800	0.0419	227.32	1155
1000	0.0335	283.31	1331

Radiación solar: 1000 W/m²

Coefficiente de absorción solar: 0,5

Coefficiente de emisividad: 0,5

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planes y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son únicamente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser considerados como que constituyen una representación de la parte de Nexans.
Generado 21/12/23 www.nexans.pe Página 2 / 3

Anexo N°31: Catálogo de conductor eléctrico para la red secundaria



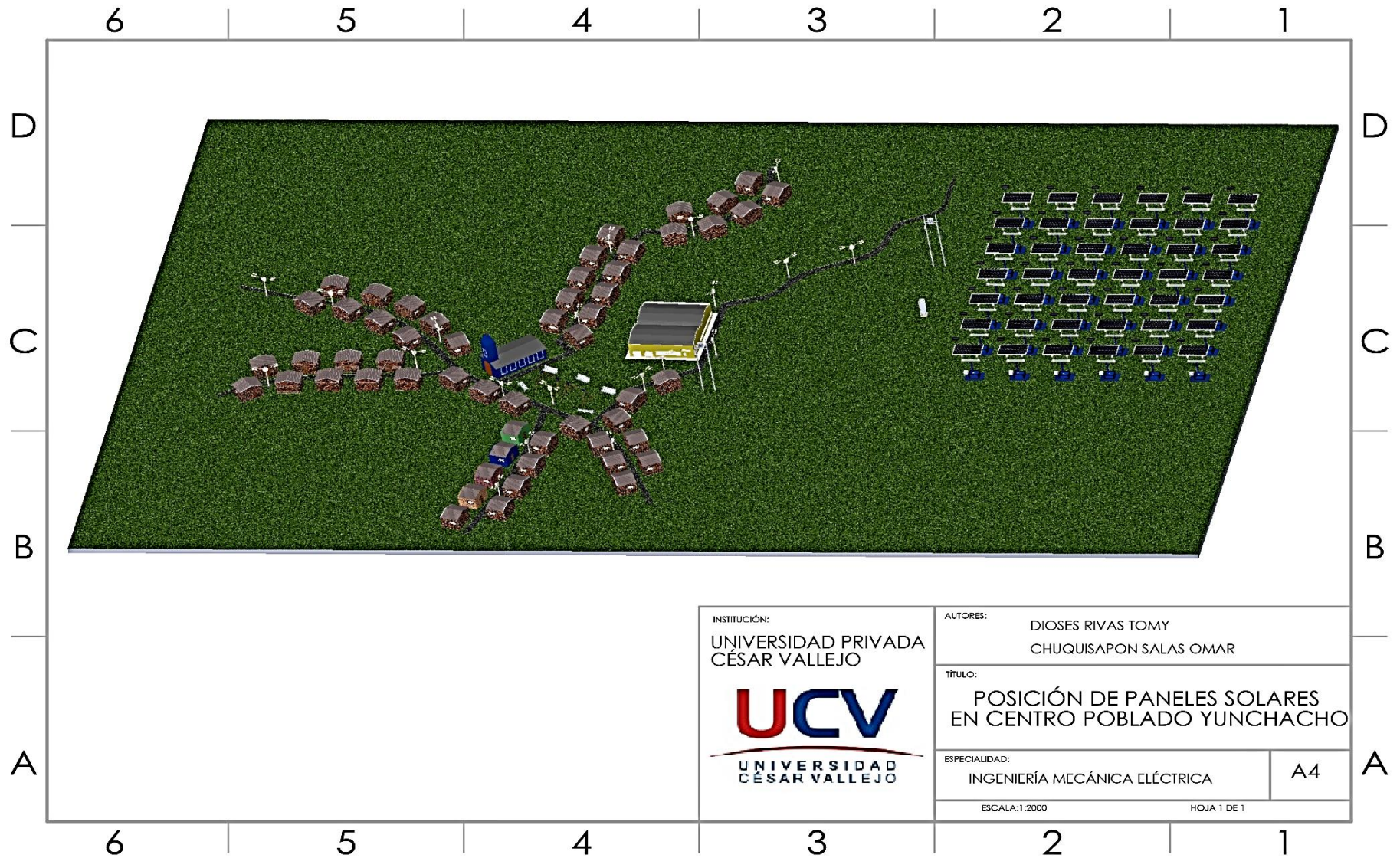
CONDUCTOR AUTOPORTANTE

Tensión de servicio: 1KV
Temperatura de operación: 90°C

PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL CABLE CAAI

MATRÍCULA	DENOMINACIÓN CABLE	CONDUCTOR DE FASE				CONDUCTOR ADICIONAL (ALUMBRADO)			
		RESIST. OHMICA Roc 20°C Ohm/Km	REACT. INDUCTIV XL (60 Hz) Ohm/Km	CAP. CORR. C A	FACTOR CAIDA TENSIÓN V/(A*KM)	RESIST. OHMICA Roc 20°C Ohm/Km	REACT. INDUCTIV XL (60 Hz) Ohm/Km	CAP. CORR. C A	FACTOR CAIDA TENSIÓN V/(A*KM)
9023780	CAAI 1 x 16 + N25 mm²	1,91	0,1034	85	3,96				
9023782	CAAI 2 x 16 + N25 mm²	1,91	0,1034	85	3,96				
9023784	CAAI 2 x 25 + N25 mm²	1,20	0,0986	114	2,54				
9023786	CAAI 2 x 35 + N25 mm²	0,868	0,0956	141	1,90				
9023788	CAAI 2 x 50 + N35 mm²	0,641	0,0927	171	1,40				
9023804	CAAI 3 x 16 + N25 mm²	1,91	0,1149	85	3,44				
9023806	CAAI 3 x 25 + N25 mm²	1,20	0,1108	114	2,21				
9023808	CAAI 3 x 35 + N25 mm²	0,868	0,1071	141	1,62				
9023812	CAAI 3 x 70 + N50 mm²	0,443	0,1037	215	0,88				
9023792	CAAI 2 x 16 + 1 x 16 + N25 mm²	91	0,1034	85	3,96	1,91	0,1034	85	3,96
9023794	CAAI 2 x 25 + 1 x 16 + N25 mm²	1,20	0,0986	114	2,54	1,91	0,1034	85	3,96
9023796	CAAI 2 x 35 + 1 x 16 + N25 mm²	0,868	0,0956	141	1,90	1,91	0,1034	85	3,96
9023844	CAAI 3 x 16 + 1 x 16 + N25 mm²	1,91	0,1149	85	3,44	1,91	0,1034	85	3,96
9023846	CAAI 3 x 25 + 1 x 16 + N25 mm²	1,20	0,1108	114	2,21	1,91	0,1034	85	3,96
9023848	CAAI 3 x 35 + 1 x 16 + N25 mm²	0,868	0,1071	141	1,62	1,91	0,1034	85	3,96
9023820	CAAI 3 x 50 + 1 x 16 + N35 mm²	0,641	0,1032	171	1,22	1,91	0,1034	85	3,96

Anexo N°32: Plano del sistema fotovoltaico completo



Fuente: Propia - SolidWorks