



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Diseño de un sistema fotovoltaico con seguidor solar para
sistema de telecomunicación de las subestaciones sector norte**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Correa Cervantes, Jose Alfonso (orcid.org/0000-0003-4941-7213)

Siesquen Rivadeneira, Jorim Ysrael (orcid.org/0000-0002-5561-7978)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesus (orcid.org/0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2022

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, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de un sistema fotovoltaico con seguidor solar para sistema de telecomunicación de las subestaciones sector norte", cuyos autores son SIESQUEN RIVADENEIRA JORIM YSRAEL, CORREA CERVANTES JOSE ALFONSO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, 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.

CHICLAYO, 10 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS DNI: 16720249 ORCID: 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 10- 12-2022 12:43:36

Código documento Trilce: TRI - 0481919



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, CORREA CERVANTES JOSE ALFONSO, SIESQUEN RIVADENEIRA JORIM YSRAEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de un sistema fotovoltaico con seguidor solar para sistema de telecomunicación de las subestaciones sector norte", 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
SIESQUEN RIVADENEIRA JORIM YSRAEL DNI: 40984927 ORCID: 0000-0002-5561-7978	Firmado electrónicamente por: JSIESQUENR el 10-12- 2022 15:46:02
CORREA CERVANTES JOSE ALFONSO DNI: 44258517 ORCID: 0000-0003-4941-7213	Firmado electrónicamente por: JCORREACE el 10-12- 2022 15:09:32

Código documento Trilce: INV - 1615901

Dedicatoria

Este proyecto de investigación está dedicado a Dios, a nuestros padres, esposas e hijos por su gran apoyo es el motor que nos permiten seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Gracias desde el fondo de nuestros corazones.

Agradecimiento

Agradezco a la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, a la universidad César Vallejo; a los docentes, por su apoyo durante todo el proyecto. Su motivación crucial, brindarnos la fortaleza para continuar y lograr el desarrollo del Informe de investigación. Dádonos confianza para superar los retos sin dudar de nuestras capacidades.

Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	ii
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	7
III. RESULTADOS.....	10
IV. DISCUSIÓN.....	63
V. CONCLUSIONES	67
VI. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	73

Índice de tablas

Tabla 1: Irradiación solar en kW. h/m ² / día en la Subestación La Brisas.....	12
Tabla 2: Sumatorias de Cargas.....	30
Tabla 3: Costos Unitarios del Sistema Fotovoltaico	50
Tabla 4: La Inversión, Los Ingresos y Egresos del Proyecto.....	52
Tabla 5: Amortización de capital	54

Índice de figuras

Figura 1: Proceso de determinación de Cálculo del Potencial Solar del Área de Estudio	10
Figura 2: Vista Satelital del Área de Influencia Directa del Proyecto	11
Figura 3: Ventana de inicio de la página web de la NASA	11
Figura 4: Diagrama de carga por oferta eléctrica de un sistema fotovoltaico	29
Figura 5: Plano de Dimensionamiento de Banco de Baterías – Vista en Planta ..	37
Figura 6: Promedio Anual de insolación para diferentes ángulos.....	49
Figura 7: Total de Insolación dependiente del Angulo de inclinación del Panel ...	50

Resumen

El mantener la confiabilidad de los sistemas eléctricos, implica que sus principales elementos como sub estaciones de potencia y redes de trasmisión de muy alto voltaje, deben estar siempre operativas y mantener por lo tanto elevados niveles de confiabilidad, por lo que el soporte por medio de guías de seguimiento es una alternativa para mejorar eficiencias, por lo que se debe analizar todas las posibilidades de funcionamiento. En este trabajo de investigación utilizaremos la tecnología IEC 61850 MMS y GOOSE, para obtener una topología de lo más sencilla, con buses de datos sencillos y esquemas redundantes con los mejores protocolos tales como STP (Spanning Tree Protocol) y con configuraciones de red tal como PRP (Parallel Redundancy Protocol) entre otros.

Los protocolos mencionados anteriormente están asociados a comités IEEE 802.1D y IEEE 802.1w respectivamente para STP y RSTP, y a IEC 62439-3 para los casos de PRP y HSR. La diferencia técnica fundamental en la implementación de alguno de los protocolos a nivel de subestación radica en el tiempo de recuperación estimado de la red de comunicaciones, respecto al suelo en el sistema de seguimiento de un solo eje vertical, donde la cara del colector o módulo del sistema está orientada en un ángulo con respecto al eje de rotación, y este tipo se suele utilizar en altas ubicaciones de latitudes. El eje de rotación está entre horizontal y vertical, los ejes en el sistema de seguimiento de un solo eje inclinado, donde la cara del El colector o módulo del sistema está orientado paralelo al eje de rotación. Las principales aplicaciones CSP del seguidor de un solo eje son parabólicas sistemas solares de canal y lineales de Fresnel. La principal desventaja del sistema de seguimiento de un solo eje es que solo puede seguir el sol durante el movimiento diario y no el movimiento anual, y, durante los días nublados, la eficiencia del sistema de seguimiento se reduce en gran medida debido a la rotación alrededor de un solo eje.

PALABRAS CLAVE: Respaldo eléctrico, seguimiento, paneles solares, viabilidad.

Abstract

Maintaining the reliability of electrical systems implies that their main elements, such as power substations and very high voltage transmission networks, must always be operational and therefore maintain high levels of reliability, so support through tracking guides is an alternative to improve efficiencies, so all operating possibilities must be analyzed redundant schemes with the best protocols such as STP (Spanning Tree Protocol) and with network configurations such as PRP (Parallel Redundancy Protocol) among others.

The aforementioned protocols are associated with IEEE 802.1D and IEEE 802.1w committees respectively for STP and RSTP, and with IEC 62439-3 for PRP and HSR. The fundamental technical difference in the implementation of some of the protocols at the substation level lies in the estimated recovery time of the communications network, with respect to the ground in the single vertical axis tracking system, where the face of the collector or module The system is oriented at an angle to the axis of rotation, and this type is typically used in high latitude locations. The axis of rotation is between horizontal and vertical, the axes in the tilted single-axis tracking system, where the face of the collector or module of the system is oriented parallel to the axis of rotation. The main CSP applications of the single axis tracker are parabolic trough and linear Fresnel solar systems. The main disadvantage of the single axis tracking system is that it can only track the sun during the daily movement and not the annual movement, and, during the cloudy days, the efficiency of the tracking system is greatly reduced due to the rotation around a single axis.

KEYWORDS: Electrical backup, monitoring, solar panels, feasibility.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de las tecnologías fotovoltaicas ha tenido un crecimiento importante en todas las matrices energéticas de los países emergentes, en el cual ha implementado políticas energéticas, con la finalidad de tener menos dependencia del combustible. (Martinez, 2018).

En América Latina, el Perú es un país que ha incrementado en forma gradual el incremento de la generación eléctrica, a partir de los paneles fotovoltaicos, eso se ve reflejado en que existen alrededor del 1% de su potencia instalada del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional: sin embargo, los valores de generación fotovoltaica, aún están muy lejos de ser considerados importantes, debido a que la eficiencia es aún pequeñas comparado con los demás sistemas de generación. (García, 2019).

La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes renovables más destacadas y en crecimiento, gracias a su amplia disponibilidad a nivel global y su fácil captación. Su mayor capacidad instalada se encuentra en regiones tropicales, como Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (Mollaasanoglu, 2021). Aunque esta energía es abundante y presenta un impacto ambiental mínimo en comparación con las fuentes fósiles, enfrenta limitaciones debido a su naturaleza variable, a las pérdidas significativas causadas por condiciones climáticas incontrolables y a una eficiencia relativamente baja cuando la luz solar no incide directamente sobre los paneles (Huillca, 2021).

Una de las principales razones de estas limitaciones está relacionada con el uso de estructuras estáticas en las instalaciones fotovoltaicas. Los paneles de sistemas de captación puntual o de instalaciones medianas y grandes suelen estar montados en estructuras fijas, inclinadas a un ángulo que maximiza la captación de energía según la latitud y longitud del sitio (Saeedi et al., 2021; Frydrychowicz et al., 2021; Jamroen, 2021). Esta característica estática restringe la eficiencia del sistema fotovoltaico, lo que ha llevado al desarrollo de sistemas móviles y dinámicos que permiten ajustar la posición del panel según el ángulo de incidencia solar en un momento dado. Estas estructuras, que utilizan algoritmos de seguimiento de punto

máximo de potencia (MPPT) y seguimiento solar con uno o dos grados de libertad, están en constante evolución, y algunas investigaciones ya muestran aplicaciones prácticas con resultados significativos en la eficiencia general del sistema (Agila, 2021).

En la subestación Chiclayo Oeste la necesidad de mejorar la fiabilidad de su sistema de telecomunicaciones, a fin de mejorar la disponibilidad y no depender del consumo energético interno. En la actualidad, se destaca el funcionamiento de un grupo electrógeno de emergencia de 75kW, que funciona a condición de 380V y 60 Hz y se activa para el posterior accionamiento de motores y equipos de patio, mas no energiza el sistema de telecomunicaciones el cual pierde comunicación con el Centro de Control para las coordinaciones necesarias, en la búsqueda de soluciones renovables se pretende diseñar un sistema de contingencia aislando para el sistema de telecomunicaciones de las subestaciones sector norte a fin de poder reestablecer las actividades de forma segura. (Irrigoin, 2020)

De esta realidad, se deriva el problema de estudio: ¿cómo suministrar de energía eléctrica, utilizando energía fotovoltaica, al sistema de telecomunicación de las subestaciones del norte?

Tal propuesta de investigación se justifica en los siguientes aspectos: a nivel tecnológico, se espera dar solución a una insuficiencia técnica dentro de las Subestaciones Sector Norte mediante la implementación de una solución de bajo impacto ambiental y esperando alcanzar niveles de rendimiento superiores a los sistemas fotovoltaicos convencionales mediante el diseño de estructuras de seguidor solar. Por otro lado, a nivel ambiental se deduce que una propuesta de energías renovables disminuirá el impacto medioambiental de las actividades de las Subestaciones Sector Norte, entrando dentro de la proyección medioambiental plasmada por los objetivos de desarrollo sostenible y los requerimientos de producción energética nacional , (Sanchez, 2018).

Finalmente, a nivel económico se espera que el análisis técnico económico permita brindar una propuesta sostenible y recuperable mediante la capacidad de autogeneración eléctrica del sistema propuesto, permitiendo un retorno a mediano

o largo plazo de la inversión proyectada, (Ipanaque, 2021).

A nivel internacional, se destaca en primer lugar la tesis de grado de Adrian (2020), que tiene como objetivo el diseño y construcción de un sistema solar fotovoltaico con un mecanismo dinámico de seguimiento solar, orientado a mejorar el rendimiento y la producción de energía en aplicaciones residenciales. Este estudio se caracteriza por un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y un diseño no experimental. Los autores analizan inicialmente la capacidad fotovoltaica de la zona de aplicación y luego dimensionan el sistema solar fotovoltaico con una capacidad instalada de 600 W-h. Posteriormente, desarrollan el sistema mecánico, eléctrico y electrónico para la rotación dinámica, utilizando un algoritmo propio. Al final, logran incrementar la media de horas de sol diarias de 4 a 6.5 y la producción media diaria de 51.7 Wh a 73 Wh. Sin embargo, el sistema estacionario resulta ser un 55% más económico que el sistema con seguimiento, con periodos de retorno de 15.4 años y 17.1 años, respectivamente.

En segundo lugar, se menciona el artículo de Zhu (2020), cuyo objetivo es el diseño y análisis del rendimiento de un sistema de seguimiento de un eje para la captación solar fotovoltaica. Este estudio es descriptivo, con un manejo de variables cuantitativas y un diseño no experimental. La metodología se centra en determinar las relaciones geométricas entre el sol y la tierra para desarrollar un modelo que prediga la irradiancia solar directa. Luego, los autores comparan la captación de energía solar adicional entre un sistema de un eje y uno de dos ejes, demostrando que su sistema de un eje obtiene un 96.40% de energía adicional en comparación con el de dos ejes, a un menor costo y con menor complejidad electromecánica.

En tercer lugar, se presenta el artículo de Abdollahpour (2018), que se enfoca en el desarrollo de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar biaxial basado en el procesamiento de imágenes de proyección de sombras. Esta investigación también tiene un diseño cuantitativo con un alcance descriptivo y no experimental.

Cuenta (2018), que tiene como objetivo el diseño y simulación de un sistema fotovoltaico con control de seguimiento solar para la región de Puno. Este estudio

es cuantitativo, con un enfoque descriptivo y un diseño no experimental, considerando las variables de rastreo y captación solar. La población analizada incluye los consumos eléctricos de viviendas situadas en áreas de difícil acceso y sin acceso a sistemas eléctricos convencionales en el departamento de Puno.

Como teorías relacionadas al tema tenemos que El sistema solar fotovoltaico (FV) es una de las fuentes de energía renovable más importantes para la generación de electricidad y también la tecnología de más rápido crecimiento para aumentar la eficiencia de conversión de energía FV a partir de la energía solar disponible, (Khujamativ, 2019).

La capacidad de capturar y convertir eficientemente una pequeña parte del calor y la luz solar diaria es crucial para enfrentar la inminente escasez de recursos energéticos. Sin embargo, la mayoría de los paneles solares presentan eficiencias por debajo del 40%. Un análisis comparativo muestra que los sistemas de seguimiento pueden aumentar la recolección de energía en un 40% en comparación con los paneles fijos. Además, se destaca una ventaja significativa en una estrategia optimizada que incluye paneles blancos alternantes, donde los componentes R_s y R_{sh} forman parte del circuito equivalente de las celdas solares. Estas resistencias desempeñan un papel importante en el factor de llenado del dispositivo (Fatemi, 2020).

Los sistemas fotovoltaicos se consideran fuentes de energía renovable prometedoras y de rápido crecimiento, gracias a su bajo nivel de ruido, fácil disponibilidad y bajo costo, especialmente en áreas remotas. Sin embargo, enfrentan desventajas como la baja eficiencia en la conversión de energía y altos costos iniciales. Por ello, es esencial evaluar varios factores antes de la instalación, como el tipo de paneles, configuraciones, modelos matemáticos del módulo fotovoltaico, baterías de almacenamiento y criterios ambientales, con el fin de seleccionar la configuración óptima basada en objetivos técnico-económicos. Este documento tiene como meta presentar una revisión exhaustiva de los desarrollos recientes en el diseño de sistemas mediante metodologías de optimización de objetivos múltiples (MOO) y toma de decisiones con múltiples criterios (MCDM), así

como los modelos matemáticos utilizados para estimar la potencia de salida, incluyendo el módulo fotovoltaico y la batería de almacenamiento (Hussein, 2021).

Los sistemas de seguimiento solar se clasifican en dos categorías:

Clasificación según el tipo de movimiento:

Sistemas de seguimiento solar pasivos: Utilizan la expansión térmica de los materiales o el movimiento de un fluido de gas para seguir el sol. Estos sistemas, que pueden aumentar la eficiencia en un 23%, son más económicos que los activos, pero menos populares comercialmente. Incorporan amortiguadores viscosos para evitar movimientos excesivos por viento (Zhou, 2021; Frydrychowicz, 2021).

Sistemas de seguimiento solar activos: Emplean motores y engranajes para ajustar los rastreadores según las órdenes de un controlador que responde a la dirección del sol. Estos sistemas pueden estar inactivos en ausencia de luz, utilizando sensores de luz para determinar la posición solar. Existen tres tipos principales: sistemas de celdas solares bifaciales auxiliares, sistemas electroópticos y sistemas basados en microprocesadores (Kher, 2022).

Clasificación según la libertad de movimiento:

Sistemas de seguimiento de un solo eje: Tienen un eje de rotación alineado a lo largo del meridiano norte verdadero y pueden ajustarse a cualquier dirección cardinal mediante algoritmos avanzados. Incluyen rastreadores horizontales, inclinados y verticales.

Sistemas de seguimiento de doble eje: Disponen de dos ejes de rotación perpendiculares, permitiendo un movimiento más preciso en relación con el sol (Kumar, 2021). Para optimizar el uso de la energía solar, se diseñan rastreadores solares de doble eje que siguen la trayectoria del sol durante el día. Estos rastreadores ajustan la posición del panel solar mediante la detección de luz usando resistores dependientes de la luz (LDR) y motores controlados por

microcontroladores como Arduino, adaptándose a la intensidad luminosa (Putra, 2018).

Además, se propone el uso de dispositivos de seguimiento solar que proporcionan mediciones precisas de la intensidad de luz solar desde el amanecer hasta el atardecer. Utilizando un módulo GY-302 y un microcontrolador Arduino Pro-Mini, estas mediciones pueden ser publicadas en un servidor web, permitiendo también comparar la intensidad de luz solar con el voltaje producido por los paneles (Ponce, 2022).

El objetivo general de este proyecto es diseñar un sistema fotovoltaico con seguimiento solar para el sistema de telecomunicaciones de las subestaciones del sector norte. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos: Evaluar el potencial solar disponible en la ubicación de las subestaciones del norte; Determinar la demanda energética del sistema de telecomunicaciones de las subestaciones del norte; Dimensionar la instalación fotovoltaica según la demanda energética actual de estas subestaciones; Realizar un análisis técnico-económico de la instalación total proyectada para el sistema de telecomunicaciones en las subestaciones del norte.

La hipótesis de la investigación fue: el Diseño de un sistema fotovoltaico con seguidor solar en el sistema de telecomunicación de las subestaciones sector norte mejora el nivel de captación de radiación solar.

II. METODOLOGÍA

Tipo, enfoque y diseño de investigación: El tipo de investigación fue aplicada; Enfoque mixto. El diseño corresponde a una investigación no experimental.

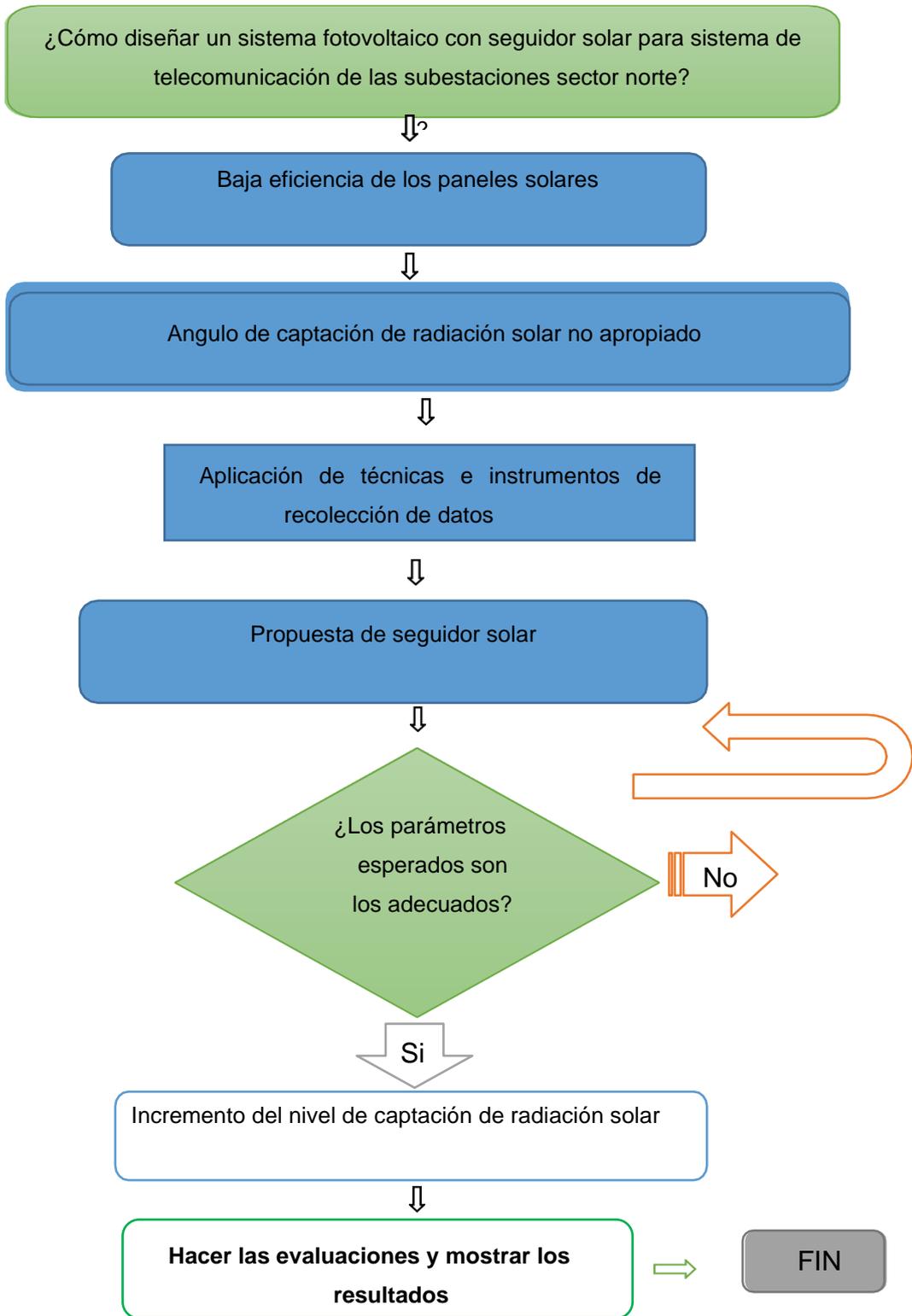
La Variable independiente de la investigación fue: el Diseño de un sistema fotovoltaico con seguidor solar y la variable dependiente fue el sistema de telecomunicación de las subestaciones sector norte.

Población y muestra: la población; fueron los beneficiarios de los sistemas fotovoltaicos de las subestaciones del Sector Norte. La muestra; fue el sistema fotovoltaico de la subestación Chiclayo Oeste y el muestreo no probabilístico, ya que se trabajó con toda la población de estudio.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos, se utilizó la observación y la revisión bibliográfica.

Los instrumentos que se utilizó fueron las fichas de recolección de datos y el análisis documental.

El procedimiento para la recolección de información se hizo de acuerdo al siguiente diagrama de procesos:



Métodos para el análisis de datos: Por lo tanto, se utilizó estadística descriptiva para analizar las recomendaciones para el diseño de sistemas fotovoltaicos con seguidores solares.

Aspectos éticos: No se alteró los datos consignados en la ficha de recolección de datos, es decir se siguió con ética la información recopilada.

III. RESULTADOS

EVALUAR EL POTENCIAL SOLAR DISPONIBLE EN LA ZONA DE UBICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES DEL NORTE

Se realizó la optimización de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica, respaldada On Grid para los sistemas de telemando y telemedición de la subestación las brisas 200 MVA, 220/60/22.9 KV Chiclayo, Chiclayo, Lambayeque.

Figura 1: Proceso de determinación de Cálculo del Potencial Solar del Área de Estudio

Determinación del nivel promedio de irradiación solar
Cálculo promedio de la energía y de la demanda
Dimensionamiento de dispositivos electromecánicos
Diseño de la red
Análisis de los costos del sistema fotovoltaico
Evaluar la alternativa más óptima
Evaluación económica y financiera

Fuente : (Naciones Unidas, 2019), Elaboración propia.

En cuanto a la zona del proyecto, esta puede ser referenciada, con su centroide de: 9250238 sur, 624912 este y se aprecia en la siguiente vista de Google Earth.

Tabla 1: Irradiación solar en kW. h/m2/ día en la Subestación La Brisas

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	1	4.81	4.91	5.01	4.54	4.85	4.90	4.95
	2	4.45	4.55	4.64	4.20	4.49	4.54	4.58
	3	4.46	4.56	4.65	4.21	4.50	4.55	4.59
	4	4.47	4.57	4.66	4.22	4.51	4.56	4.60
	5	4.48	4.58	4.67	4.23	4.52	4.57	4.61
	6	4.49	4.59	4.68	4.24	4.53	4.58	4.62
	7	4.50	4.60	4.69	4.25	4.54	4.59	4.63
	8	4.51	4.61	4.70	4.26	4.55	4.60	4.64
	9	4.52	4.62	4.71	4.27	4.56	4.61	4.65
	10	4.53	4.63	4.72	4.28	4.57	4.62	4.66
	11	4.76	4.86	4.95	4.50	4.80	4.85	4.89
	12	5.00	5.10	5.20	4.72	5.04	5.09	5.14
	13	4.63	4.72	4.82	4.37	4.67	4.71	4.76
	14	4.29	4.37	4.46	4.05	4.32	4.36	4.41
	15	4.40	4.05	4.13	3.75	4.00	4.04	4.08
	16	4.89	4.99	5.09	4.62	4.93	4.98	5.03
	17	4.53	4.62	4.71	4.28	4.56	4.61	4.66
	18	4.19	4.28	4.36	3.96	4.23	4.27	4.31
	19	4.40	4.49	4.58	4.16	4.44	4.48	4.53
	20	4.62	4.72	4.81	4.37	4.66	4.71	4.75
	21	4.85	4.95	5.05	4.59	4.89	4.94	4.99
	22	4.49	4.59	4.68	4.25	4.53	4.58	4.62

	23	4.16	4.25	4.33	3.93	4.19	4.24	4.28
	24	4.37	4.46	4.55	4.13	4.40	4.45	4.49
	25	4.59	4.68	4.77	4.33	4.62	4.67	4.72
	26	4.82	4.92	5.01	4.55	4.86	4.90	4.95
	27	4.46	4.55	4.64	4.21	4.50	4.54	4.59
	28	4.13	4.21	4.30	3.90	4.16	4.20	4.25
	29	4.34	4.42	4.51	4.10	4.37	4.41	4.46
	30	4.55	4.65	4.74	4.30	4.59	4.64	4.68
	31	4.78	4.88	4.98	4.52	4.82	4.87	4.91

Febrero	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	1	4.83	4.93	5.03	4.56	4.87	4.92	4.97
	2	4.47	4.56	4.66	4.22	4.51	4.55	4.60
	3	4.48	4.57	4.67	4.23	4.52	4.56	4.61
	4	4.49	4.58	4.68	4.24	4.53	4.57	4.62
	5	4.50	4.59	4.69	4.25	4.54	4.58	4.63
	6	4.51	4.60	4.70	4.26	4.55	4.59	4.64
	7	4.52	4.61	4.71	4.27	4.56	4.60	4.65
	8	4.53	4.62	4.72	4.28	4.57	4.61	4.66
	9	4.54	4.63	4.73	4.29	4.58	4.62	4.67
	10	4.55	4.64	4.74	4.30	4.59	4.63	4.68
	11	4.78	4.88	4.97	4.52	4.82	4.86	4.91

	12	5.02	5.12	5.22	4.74	5.06	5.11	5.16
	13	4.65	4.74	4.84	4.39	4.68	4.73	4.78
	14	4.30	4.39	4.48	4.07	4.34	4.38	4.42
	15	4.42	4.07	4.15	3.77	4.02	4.06	4.10
	16	4.91	5.01	5.11	4.64	4.95	5.00	5.05
	17	4.55	4.64	4.73	4.30	4.58	4.63	4.67
	18	4.21	4.30	4.38	3.98	4.24	4.29	4.33
	19	4.42	4.51	4.60	4.18	4.46	4.50	4.54
	20	4.64	4.73	4.83	4.38	4.68	4.72	4.77
	21	4.87	4.97	5.07	4.60	4.91	4.96	5.01
	22	4.51	4.60	4.70	4.26	4.55	4.59	4.64
	23	4.18	4.26	4.35	3.95	4.21	4.25	4.30
	24	4.39	4.48	4.57	4.15	4.42	4.47	4.51
	25	4.61	4.70	4.79	4.35	4.64	4.69	4.73
	26	4.83	4.93	5.03	4.57	4.87	4.92	4.97
	27	4.48	4.57	4.66	4.23	4.51	4.56	4.60
	28	4.15	4.23	4.32	3.92	4.18	4.22	4.26

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Marzo	1	4.92	5.03	5.13	4.65	4.97	5.01	5.06
	2	4.56	4.66	4.75	4.31	4.60	4.64	4.69
	3	4.57	4.67	4.76	4.32	4.61	4.65	4.70
	4	4.58	4.68	4.77	4.33	4.62	4.67	4.71

	5	4.59	4.69	4.78	4.34	4.63	4.68	4.72
	6	4.60	4.70	4.79	4.35	4.64	4.69	4.73
	7	4.61	4.71	4.80	4.36	4.65	4.70	4.74
	8	4.62	4.72	4.81	4.37	4.66	4.71	4.75
	9	4.63	4.73	4.82	4.38	4.67	4.72	4.76
	10	4.64	4.74	4.83	4.39	4.68	4.73	4.77
	11	4.87	4.97	5.07	4.61	4.91	4.96	5.01
	12	5.12	5.22	5.32	4.84	5.16	5.21	5.26
	13	4.74	4.84	4.93	4.48	4.78	4.82	4.87
	14	4.39	4.48	4.57	4.15	4.43	4.47	4.51
	15	4.51	4.15	4.23	3.84	4.10	4.14	4.18
	16	5.01	5.11	5.21	4.73	5.05	5.10	5.15
	17	4.64	4.73	4.83	4.38	4.67	4.72	4.77
	18	4.29	4.38	4.47	4.06	4.33	4.37	4.41
	19	4.51	4.60	4.69	4.26	4.55	4.59	4.63
	20	4.73	4.83	4.93	4.47	4.77	4.82	4.87
	21	4.97	5.07	5.17	4.70	5.01	5.06	5.11
	22	4.60	4.70	4.79	4.35	4.64	4.68	4.73
	23	4.26	4.35	4.44	4.03	4.30	4.34	4.38
	24	4.47	4.57	4.66	4.23	4.51	4.56	4.60
	25	4.70	4.79	4.89	4.44	4.74	4.78	4.83
	26	4.93	5.03	5.13	4.66	4.97	5.02	5.07
	27	4.57	4.66	4.75	4.32	4.60	4.65	4.70
	28	4.23	4.32	4.40	4.00	4.26	4.31	4.35

	29	4.58	4.67	4.76	4.33	4.61	4.66	4.71
	30	4.24	4.33	4.41	4.01	4.27	4.32	4.36
	31	4.59	4.68	4.77	4.34	4.62	4.67	4.72

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Abril	1	4.99	5.10	5.20	4.72	5.04	5.08	5.14
	2	5.00	5.11	5.21	4.73	5.05	5.10	5.15
	3	5.02	5.12	5.22	4.74	5.06	5.11	5.16
	4	5.03	5.13	5.23	4.75	5.07	5.12	5.17
	5	5.04	5.14	5.24	4.76	5.08	5.13	5.18
	6	5.05	5.15	5.26	4.77	5.09	5.14	5.19
	7	5.06	5.16	5.27	4.78	5.10	5.15	5.20
	8	5.31	5.42	5.53	5.02	5.36	5.41	5.46
	9	5.58	5.69	5.80	5.27	5.62	5.68	5.73
	10	5.17	5.27	5.38	4.88	5.21	5.26	5.31
	11	4.78	4.88	4.98	4.52	4.82	4.87	4.92
	12	4.91	4.52	4.61	4.19	4.47	4.51	4.56
	13	5.46	5.57	5.68	5.16	5.50	5.56	5.61
	14	5.05	5.16	5.26	4.78	5.10	5.15	5.20
	15	4.68	4.78	4.87	4.42	4.72	4.77	4.81
	16	4.91	5.01	5.11	4.64	4.95	5.00	5.05
	17	5.16	5.26	5.37	4.88	5.20	5.25	5.30
	18	5.42	5.53	5.64	5.12	5.46	5.51	5.57

	19	5.02	5.12	5.22	4.74	5.06	5.11	5.16
	20	4.65	4.74	4.84	4.39	4.68	4.73	4.78
	21	4.88	4.98	5.08	4.61	4.92	4.97	5.01
	22	5.12	5.22	5.33	4.84	5.16	5.21	5.26
	23	5.38	5.48	5.59	5.08	5.42	5.47	5.53
	24	4.98	5.08	5.18	4.70	5.02	5.07	5.12
	25	4.61	4.71	4.80	4.36	4.65	4.69	4.74
	26	4.99	5.09	5.19	4.72	5.03	5.08	5.13
	27	4.62	4.72	4.81	4.37	4.66	4.71	4.75
	28	5.00	5.10	5.20	4.73	5.04	5.09	5.14
	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Mayo	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	1	5.47	5.58	5.69	5.16	5.51	5.57	5.62
	2	5.48	5.59	5.70	5.18	5.52	5.58	5.63
	3	5.49	5.60	5.72	5.19	5.54	5.59	5.65
	4	5.50	5.62	5.73	5.20	5.55	5.60	5.66
	5	5.52	5.63	5.74	5.21	5.56	5.62	5.67
	6	5.79	5.91	6.03	5.47	5.84	5.90	5.95
	7	6.08	6.20	6.33	5.75	6.13	6.19	6.25
	8	5.63	5.75	5.86	5.32	5.68	5.73	5.79
	9	5.22	5.32	5.43	4.93	5.26	5.31	5.36

	10	5.35	4.93	5.03	4.57	4.87	4.92	4.97
	11	5.95	6.07	6.19	5.62	6.00	6.06	6.11
	12	5.51	5.62	5.73	5.21	5.55	5.61	5.66
	13	5.10	5.21	5.31	4.82	5.14	5.19	5.25
	14	5.36	5.47	5.57	5.06	5.40	5.45	5.51
	15	5.62	5.74	5.85	5.31	5.67	5.72	5.78
	16	5.90	6.02	6.14	5.58	5.95	6.01	6.07
	17	5.47	5.58	5.69	5.17	5.51	5.57	5.62
	18	5.06	5.17	5.27	4.79	5.11	5.16	5.21
	19	5.32	5.42	5.53	5.02	5.36	5.41	5.47
	20	5.58	5.69	5.81	5.27	5.63	5.68	5.74
	21	5.86	5.98	6.10	5.54	5.91	5.96	6.02
	22	5.43	5.54	5.65	5.13	5.47	5.52	5.58
	23	5.03	5.13	5.23	4.75	5.07	5.12	5.17
	24	5.44	5.55	5.66	5.14	5.48	5.54	5.59
	25	5.04	5.14	5.24	4.76	5.08	5.13	5.18
	26	5.45	5.56	5.67	5.15	5.49	5.55	5.60
	27	5.47	5.58	5.69	5.17	5.52	5.57	5.62
	28	5.49	5.60	5.72	5.20	5.54	5.59	5.65
	29	5.52	5.63	5.74	5.22	5.56	5.61	5.67
	30	5.54	5.65	5.76	5.24	5.58	5.64	5.69
	31	5.56	5.67	5.78	5.26	5.60	5.66	5.71

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Junio	1	5.49	5.60	5.72	5.19	5.54	5.59	5.65
	2	5.51	5.62	5.73	5.20	5.55	5.60	5.66
	3	5.78	5.90	6.01	5.46	5.83	5.88	5.94
	4	6.07	6.19	6.31	5.73	6.12	6.18	6.24
	5	5.62	5.73	5.85	5.31	5.66	5.72	5.78
	6	5.20	5.31	5.42	4.92	5.25	5.30	5.35
	7	5.34	4.92	5.02	4.56	4.86	4.91	4.96
	8	5.94	6.06	6.18	5.61	5.98	6.04	6.10
	9	5.50	5.61	5.72	5.20	5.54	5.60	5.65
	10	5.09	5.20	5.30	4.81	5.13	5.18	5.23
	11	5.35	5.45	5.56	5.05	5.39	5.44	5.50
	12	5.61	5.73	5.84	5.30	5.66	5.71	5.77
	13	5.89	6.01	6.13	5.57	5.94	6.00	6.06
	14	5.46	5.57	5.68	5.16	5.50	5.56	5.61
	15	5.05	5.16	5.26	4.78	5.10	5.15	5.20
	16	5.31	5.41	5.52	5.01	5.35	5.40	5.45
	17	5.57	5.68	5.80	5.26	5.62	5.67	5.73
	18	5.85	5.97	6.09	5.53	5.89	5.95	6.01
	19	5.42	5.53	5.64	5.12	5.46	5.51	5.57
	20	5.02	5.12	5.22	4.74	5.06	5.11	5.16
	21	5.43	5.54	5.65	5.13	5.47	5.53	5.58
	22	5.03	5.13	5.23	4.75	5.07	5.12	5.17
	23	5.44	5.55	5.66	5.14	5.48	5.54	5.59

	24	5.46	5.57	5.68	5.16	5.51	5.56	5.61
	25	5.48	5.59	5.70	5.19	5.53	5.58	5.64
	26	5.51	5.62	5.73	5.21	5.55	5.60	5.66
	27	5.53	5.64	5.75	5.23	5.57	5.62	5.68
	28	5.55	5.66	5.77	5.25	5.59	5.65	5.70
	29	5.44	5.55	5.66	5.15	5.48	5.54	5.59
	30	5.33	5.44	5.55	5.05	5.38	5.43	5.48

Julio	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	1	5.78	5.90	6.01	5.46	5.83	5.88	5.94
	2	5.35	5.46	5.57	5.06	5.40	5.45	5.50
	3	4.96	5.06	5.16	4.68	5.00	5.05	5.10
	4	5.09	4.68	4.78	4.34	4.63	4.67	4.72
	5	5.65	5.77	5.88	5.34	5.70	5.76	5.81
	6	5.24	5.34	5.45	4.95	5.28	5.33	5.38
	7	4.85	4.95	5.05	4.58	4.89	4.94	4.99
	8	5.09	5.19	5.30	4.81	5.13	5.18	5.23
	9	5.34	5.45	5.56	5.05	5.39	5.44	5.49
	10	5.61	5.73	5.84	5.30	5.66	5.71	5.77
	11	5.20	5.30	5.41	4.91	5.24	5.29	5.34
	12	4.81	4.91	5.01	4.55	4.85	4.90	4.95
	13	5.05	5.16	5.26	4.78	5.09	5.14	5.19
14	5.30	5.41	5.52	5.01	5.35	5.40	5.45	

	15	5.57	5.68	5.80	5.26	5.61	5.67	5.72
	16	5.16	5.26	5.37	4.87	5.20	5.25	5.30
	17	4.78	4.87	4.97	4.51	4.82	4.86	4.91
	18	5.17	5.27	5.38	4.89	5.21	5.26	5.31
	19	4.79	4.89	4.98	4.53	4.83	4.87	4.92
	20	5.18	5.29	5.39	4.90	5.22	5.27	5.32
	21	5.20	5.31	5.41	4.92	5.24	5.29	5.35
	22	5.22	5.33	5.43	4.94	5.26	5.32	5.37
	23	5.24	5.35	5.45	4.96	5.29	5.34	5.39
	24	5.26	5.37	5.47	4.98	5.31	5.36	5.41
	25	5.29	5.39	5.50	5.00	5.33	5.38	5.43
	26	5.18	5.28	5.39	4.90	5.22	5.27	5.32
	27	4.93	5.03	5.13	4.67	4.97	5.02	5.07
	28	4.70	4.79	4.89	4.45	4.74	4.78	4.83
	29	4.48	4.56	4.65	4.24	4.51	4.55	4.60
	30	4.26	4.35	4.43	4.03	4.30	4.34	4.38
31	4.06	4.14	4.22	3.84	4.09	4.13	4.17	

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agosto	1	5.84	5.96	6.07	5.53	5.89	5.94	6.00
	2	5.42	5.53	5.64	5.14	5.47	5.52	5.57
	3	5.04	5.14	5.24	4.77	5.08	5.13	5.17
	4	5.28	5.38	5.49	5.00	5.32	5.37	5.42

	5	5.53	5.64	5.75	5.24	5.58	5.63	5.68
	6	5.80	5.91	6.03	5.49	5.84	5.90	5.96
	7	5.38	5.49	5.60	5.10	5.43	5.48	5.53
	8	5.00	5.10	5.20	4.74	5.04	5.09	5.14
	9	5.24	5.34	5.45	4.96	5.28	5.33	5.38
	10	5.49	5.60	5.71	5.20	5.54	5.59	5.64
	11	5.76	5.87	5.98	5.45	5.80	5.86	5.91
	12	5.35	5.45	5.56	5.06	5.39	5.44	5.49
	13	4.97	5.06	5.16	4.70	5.00	5.05	5.10
	14	5.36	5.46	5.57	5.07	5.40	5.45	5.50
	15	4.98	5.07	5.17	4.71	5.02	5.06	5.11
	16	5.37	5.47	5.58	5.08	5.41	5.46	5.51
	17	5.39	5.49	5.60	5.11	5.43	5.48	5.53
	18	5.41	5.52	5.62	5.13	5.45	5.50	5.55
	19	5.43	5.54	5.64	5.15	5.47	5.52	5.58
	20	5.45	5.56	5.66	5.17	5.49	5.55	5.60
	21	5.47	5.58	5.68	5.19	5.52	5.57	5.62
	22	5.37	5.47	5.58	5.09	5.41	5.46	5.51
	23	5.12	5.22	5.32	4.86	5.16	5.21	5.26
	24	4.89	4.98	5.07	4.64	4.93	4.97	5.02
	25	5.76	5.87	5.98	5.45	5.80	5.86	5.91
	26	5.35	5.45	5.56	5.06	5.39	5.44	5.49
	27	4.97	5.06	5.16	4.70	5.00	5.05	5.10
	28	5.36	5.46	5.57	5.07	5.40	5.45	5.50

	29	4.98	5.07	5.17	4.71	5.02	5.06	5.11
	30	5.76	5.87	5.98	5.45	5.80	5.86	5.91
	31	5.35	5.45	5.56	5.06	5.39	5.44	5.49

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Setiembre	1	5.52	5.63	5.74	5.23	5.57	5.62	5.67
	2	5.79	5.90	6.02	5.48	5.83	5.89	5.94
	3	5.37	5.48	5.59	5.09	5.42	5.47	5.52
	4	4.99	5.09	5.19	4.73	5.03	5.08	5.13
	5	5.23	5.33	5.44	4.95	5.27	5.32	5.37
	6	5.48	5.59	5.70	5.19	5.52	5.58	5.63
	7	5.75	5.86	5.97	5.44	5.79	5.85	5.90
	8	5.34	5.44	5.54	5.05	5.38	5.43	5.48
	9	4.96	5.05	5.15	4.69	4.99	5.04	5.09
	10	5.35	5.45	5.56	5.06	5.39	5.44	5.49
	11	4.97	5.06	5.16	4.70	5.01	5.05	5.10
	12	5.36	5.46	5.57	5.07	5.40	5.45	5.50
	13	5.38	5.48	5.59	5.10	5.42	5.47	5.52
	14	5.40	5.50	5.61	5.12	5.44	5.49	5.54
	15	5.42	5.53	5.63	5.14	5.46	5.51	5.56
	16	5.44	5.55	5.65	5.16	5.48	5.53	5.59
	17	5.46	5.57	5.67	5.18	5.50	5.55	5.61

	18	5.36	5.46	5.56	5.08	5.40	5.45	5.50
	19	5.11	5.21	5.31	4.85	5.15	5.20	5.25
	20	4.88	4.97	5.06	4.63	4.92	4.96	5.01
	21	5.75	5.86	5.97	5.44	5.79	5.85	5.90
	22	5.34	5.44	5.54	5.05	5.38	5.43	5.48
	23	4.96	5.05	5.15	4.69	4.99	5.04	5.09
	24	5.35	5.45	5.56	5.06	5.39	5.44	5.49
	25	4.97	5.06	5.16	4.70	5.01	5.05	5.10
	26	5.75	5.86	5.97	5.44	5.79	5.85	5.90
	27	5.34	5.44	5.54	5.05	5.38	5.43	5.48
	28	5.34	5.44	5.54	5.05	5.38	5.43	5.48
	29	4.96	5.05	5.15	4.69	4.99	5.04	5.09
	30	4.86	4.95	5.05	4.60	4.90	4.94	4.99

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Octubre	1	5.18	5.28	5.38	4.92	5.22	5.27	5.31
	2	5.42	5.52	5.62	5.14	5.46	5.51	5.56
	3	5.67	5.78	5.89	5.38	5.71	5.77	5.82
	4	5.93	6.05	6.16	5.63	5.98	6.03	6.09
	5	5.52	5.63	5.73	5.24	5.57	5.62	5.67
	6	5.14	5.24	5.34	4.88	5.18	5.23	5.28
	7	5.53	5.64	5.74	5.25	5.58	5.63	5.68
	8	5.15	5.25	5.35	4.89	5.19	5.24	5.29

	9	5.55	5.65	5.76	5.26	5.59	5.64	5.69
	10	5.57	5.67	5.78	5.28	5.61	5.66	5.71
	11	5.59	5.69	5.80	5.30	5.63	5.68	5.73
	12	5.61	5.71	5.82	5.33	5.65	5.70	5.75
	13	5.63	5.73	5.84	5.35	5.67	5.72	5.77
	14	5.65	5.75	5.86	5.37	5.69	5.74	5.79
	15	5.55	5.65	5.75	5.27	5.59	5.64	5.69
	16	5.30	5.40	5.50	5.04	5.34	5.39	5.44
	17	5.07	5.16	5.25	4.81	5.10	5.15	5.19
	18	5.93	6.05	6.16	5.63	5.98	6.03	6.09
	19	5.52	5.63	5.73	5.24	5.57	5.62	5.67
	20	5.14	5.24	5.34	4.88	5.18	5.23	5.28
	21	5.53	5.64	5.74	5.25	5.58	5.63	5.68
	22	5.15	5.25	5.35	4.89	5.19	5.24	5.29
	23	5.93	6.05	6.16	5.63	5.98	6.03	6.09
	24	5.52	5.63	5.73	5.24	5.57	5.62	5.67
	25	5.76	5.87	5.98	5.45	5.80	5.86	5.91
	26	5.35	5.45	5.56	5.06	5.39	5.44	5.49
	27	4.97	5.06	5.16	4.70	5.00	5.05	5.10
	28	5.36	5.46	5.57	5.07	5.40	5.45	5.50
	29	4.98	5.07	5.17	4.71	5.02	5.06	5.11
	30	5.76	5.87	5.98	5.45	5.80	5.86	5.91
	31	5.35	5.45	5.56	5.06	5.39	5.44	5.49

	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Noviembre	1	5.71	5.81	5.92	5.41	5.75	5.80	5.85
	2	5.31	5.41	5.51	5.04	5.35	5.40	5.45
	3	4.95	5.04	5.13	4.69	4.98	5.03	5.07
	4	5.32	5.42	5.52	5.05	5.36	5.41	5.46
	5	4.96	5.05	5.14	4.70	4.99	5.04	5.08
	6	5.33	5.43	5.53	5.06	5.37	5.42	5.47
	7	5.35	5.45	5.55	5.08	5.39	5.44	5.49
	8	5.37	5.47	5.57	5.10	5.41	5.46	5.51
	9	5.39	5.49	5.59	5.12	5.43	5.48	5.53
	10	5.41	5.51	5.61	5.14	5.45	5.50	5.55
	11	5.43	5.53	5.63	5.16	5.47	5.52	5.57
	12	5.33	5.43	5.53	5.07	5.37	5.42	5.47
	13	5.10	5.19	5.28	4.84	5.13	5.18	5.23
	14	4.87	4.96	5.05	4.63	4.91	4.95	4.99
	15	5.71	5.81	5.92	5.41	5.75	5.80	5.85
	16	5.31	5.41	5.51	5.04	5.35	5.40	5.45
	17	4.95	5.04	5.13	4.69	4.98	5.03	5.07
	18	5.32	5.42	5.52	5.05	5.36	5.41	5.46
	19	4.96	5.05	5.14	4.70	4.99	5.04	5.08
	20	5.71	5.81	5.92	5.41	5.75	5.80	5.85
	21	5.31	5.41	5.51	5.04	5.35	5.40	5.45
	22	5.54	5.64	5.75	5.24	5.58	5.63	5.69

	23	5.14	5.24	5.34	4.87	5.18	5.23	5.28
	24	4.77	4.87	4.96	4.52	4.81	4.86	4.90
	25	5.15	5.25	5.35	4.88	5.19	5.24	5.29
	26	4.79	4.88	4.97	4.53	4.82	4.87	4.91
	27	5.54	5.64	5.75	5.24	5.58	5.63	5.69
	28	5.14	5.24	5.34	4.87	5.18	5.23	5.28
	29	4.96	5.05	5.14	4.70	4.99	5.04	5.08
	30	5.71	5.81	5.92	5.41	5.75	5.80	5.85

Diciembre	Día	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	1	5.44	5.54	5.65	5.17	5.48	5.53	5.58
	2	5.08	5.17	5.27	4.83	5.12	5.16	5.21
	3	5.45	5.56	5.66	5.18	5.49	5.54	5.59
	4	5.47	5.58	5.68	5.20	5.51	5.56	5.61
	5	5.49	5.60	5.70	5.22	5.53	5.58	5.63
	6	5.51	5.62	5.72	5.24	5.55	5.60	5.65
	7	5.53	5.64	5.74	5.26	5.58	5.62	5.67
	8	5.55	5.66	5.76	5.28	5.60	5.64	5.69
	9	5.46	5.55	5.65	5.19	5.49	5.54	5.59
	10	5.22	5.31	5.41	4.96	5.26	5.30	5.35
	11	4.99	5.08	5.17	4.75	5.03	5.07	5.12
	12	5.83	5.94	6.04	5.53	5.87	5.92	5.98
13	5.43	5.53	5.63	5.16	5.47	5.52	5.57	

	14	5.07	5.16	5.25	4.82	5.10	5.15	5.20
	15	5.44	5.54	5.65	5.17	5.48	5.53	5.58
	16	5.08	5.17	5.27	4.83	5.12	5.16	5.21
	17	5.83	5.94	6.04	5.53	5.87	5.92	5.98
	18	5.43	5.53	5.63	5.16	5.47	5.52	5.57
	19	5.66	5.77	5.88	5.36	5.70	5.75	5.81
	20	5.26	5.36	5.46	4.99	5.30	5.35	5.40
	21	4.90	4.99	5.08	4.64	4.93	4.98	5.02
	22	5.27	5.37	5.48	5.00	5.31	5.36	5.41
	23	4.91	5.00	5.09	4.65	4.94	4.99	5.04
	24	5.66	5.77	5.88	5.36	5.70	5.75	5.81
	25	5.26	5.36	5.46	4.99	5.30	5.35	5.40
	26	5.08	5.17	5.27	4.83	5.12	5.16	5.21
	27	5.83	5.94	6.04	5.53	5.87	5.92	5.98
	28	5.83	5.94	6.04	5.53	5.87	5.92	5.98
	29	5.43	5.53	5.63	5.16	5.47	5.52	5.57
	30	5.07	5.16	5.25	4.82	5.10	5.15	5.20
	31	5.44	5.54	5.65	5.17	5.48	5.53	5.58

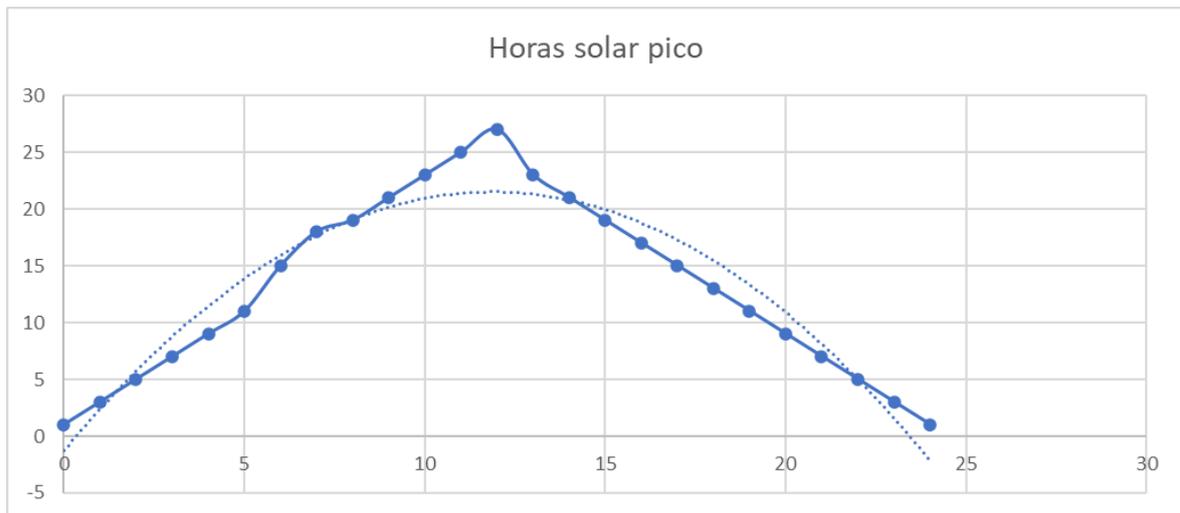
Fuente: Mediciones realizadas.

De la Tabla 1 se observa que el mayor valor de irradiación solar es 5,86 kW.h/m²/día para el mes de noviembre; el valor promedio es de 5,38 kW. h/m²/día y el valor mínimo es de 4,60 kW .h/m²/día para el mes de febrero.

Por lo tanto, se seleccionará la irradiación solar mínima de 4,60 kW.h/m²/día.

Se realizó el análisis, teniendo en cuenta la diferencia entre los diagramas de carga por oferta, que depende de las horas de sol y de la Irradiancia en esas horas, es decir se tiene un diagrama de oferta en la figura 4.

Figura 4: Diagrama de carga por oferta eléctrica de un sistema fotovoltaico



Fuente: (Saeedi, 2021), Elaboración propia.

DETERMINAR LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES DEL NORTE.

Teniendo en cuenta, que la instalación que estamos determinando y diseñando, es una instalación de uso de emergencia o alternativo, es decir determinado por la presencia o no de fallas, de acuerdo a los valores SAIDI (Duración de fallas) y/o SAIFI (Frecuencia de fallas), determinadas por la data estadística histórica, obtenida de la gestión del mantenimiento de la respectiva Subestación eléctrica, en lo relativo a la alimentación eléctrica de los equipos de telecomunicaciones y telemando de primer, segundo, tercer y Cuarto Nivel y que muy posible estén manejados por la distribución de frecuencia Weibul o función de probabilidades logísticas acumuladas.

La subestación Chiclayo Oeste es una parte de las subestaciones sector norte, se ubica en la calle Miguel Bartra Gonzales Nro. 500 de la urbanización las brisas del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Tabla 2: Sumatorias de Cargas

CARGAS DEL EDIFICION DE CONTROL					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA (W)	HORA/DIA	MAXIMA DEMANDA (Wh/día)
1	Iluminación - Lámparas LED E27 32lm	9	9.5	8	684
2	Inversor	1	900	1	900
3	Luces Indicadoras	6	5	2	60
4	Relés Auxiliares de Corriente Continua	2	1450	1	2900
5	Motores Para Bombas de Emergencia	1	96	1	96
6	Sistemas de Protección Conta Incendio	1	440	1	440
					5080

Fuente: Elaboración Propia.

Datos de máxima demanda

$W_d = 5080 \text{ Wh/día}$

Perdidas en el Conductor 5% = 254

$W_{d \text{ Total}} = 5334 \text{ Wh/día}$

W_d : Consumo de energía eléctrica.

$W_{d \text{ Total}}$: Consumo de energía eléctrica total real

DIMENSIONAR LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA SEGÚN LA DEMANDA ENERGÉTICA ACTUAL DE LAS SUBESTACIONES DEL NORTE

Se realizó el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica para el edificio de control donde se ubica el sistema de telecomunicaciones de la subestación Chiclayo Oeste.

Cálculo de la Potencia Generación

Considerar

$$HSP = 4.6 \frac{kWh}{m^2 dia}$$

Considerando las horas en la región norte a una energía irradiación 1000 W/m²día

$$HSP = 4.6 \text{ horas}$$

HSP : Horas Sub-Pico

$$\varepsilon = 0.828 \text{ (Eficiencia del Sistema)}$$

Considerando un control de eficiencia grande

$$Pg = \frac{W_d Total}{HSP \times \varepsilon} = \frac{5334}{4.6 \times 0.828}$$

$$Pg = 1400.44 \text{ W}$$

Pg: Potencia Generada por los paneles solares.

Cálculo el número Paneles

Se consideró paneles policristalinos.

Elegimos 340 Wp

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{P_g}{\text{Potencia del Panel}}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{1400.44 \text{ W}}{340 \text{ W}_p} = 4.11$$

Por lo tanto, elegimos 4 paneles de 340 Wp

Pg : Potencia Generada por los paneles solares.

Wp : Watt Pico – Potencia del Panel.

Datos Técnicos del Panel

Voc = 45.2 V

Vmp = 36.7 V

Isc = 9.9 A

Imp = 9.28 A

Dimensiones 2000 x 992 x 40mm

Protección IP: 65 / IP: 67

Eficiencia panel 17.51%

Voc : Voltaje de circuito abierto o en vacío.

Isc : Corriente de Cortocircuito.

Vmp : Voltaje de máxima potencia.

Imp : Corriente de máxima potencia.

IP : Índice de Protección contra el agua y el polvo.

Nota: Los valores se han tomado de la Data Sheet del Panel.

Arreglo del Panel

La mejor elección será un arreglo 2 x 2

$$N_T = N_P + N_S = 2 \times 2$$

$$V_{oc} \text{ arreglo} = V_{oc} \times N_P = 90.4 \text{ V}$$

$$I_{sc} \text{ arreglo} = I_{sc} \times N_S = 19.8 \text{ A}$$

V_{oc} : Voltaje de circuito abierto o en vacío.

I_{sc} : Corriente de cortocircuito.

N_P : Número paneles en paralelo.

N_S : Número paneles en serie.

N_T : Número paneles en total.

Elección del controlador

Elegimos un controlador modelo MPPT

Máxima corriente corto circuito → 20 A

Máxima P_v circuito abierto → 100 V

MPPT 100/20 → marca VICTROM

Voltaje banco → 24 V (Auto seleccionable)

Conclusión: 100 V > 90.4 V cumple

19.8 A < 20 A cumple

Se calculó el acumulador

Considerando los valores comerciales de las baterías, se calcula el consumo real en Ah.

$$Q_d = \frac{W_{d \text{ Total}}}{V_{conf}} = \frac{5334}{24} = 222.25 \text{ Ah}$$

Q_d : Carga del acumulador.

$W_{d\text{ Total}}$: Consumo de energía eléctrica total real.

V_{conf} : Voltaje del banco de baterías.

Dimensionamiento de las baterías

$W_{d\text{ Total}} = 5334 \text{ Wh/día}$

$P_{d\text{ máx}} = 50\% = 0.5$

$A_{\text{diseño}} = 2 \text{ días}$ (Son los días que no genera energía el panel)

Cálculo de la capacidad del conjunto (Banco de baterías)

$$C_n = \frac{Q_d \times A_{\text{diseño}}}{P_{d\text{ máx}} \times N_{\text{inv}} \times N_{\text{reg}}}$$

Donde:

C_n : Capacidad total del banco de baterías (Ah).

Q_d : Carga del acumulador (Ah).

$A_{\text{diseño}}$: Autonomía de batería (días) = 2 días

$P_{d\text{ máx}}$: Profundidad de descarga máxima = 0.5

N_{inv} : Rendimiento del inversor = 0.85

N_{reg} : Rendimiento del regulador = 0.825

$$C_n = \frac{222.25 \times 2}{0.5 \times 0.85 \times 0.825}$$

$$C_n = 1267.74 \text{ Ah}$$

Composición del Arreglo de Baterías

Considerando en Almacén Baterías

$$Nb_s = \frac{V_{conf}}{V_b} \quad y \quad Nb_p = \frac{C_n}{C_b}$$

Donde:

Nb_s : Número de baterías en serie.

Nb_p : Número de baterías en paralelo.

V_{conf} : Voltaje del banco de baterías = 24 V

C_n : Capacidad total del banco de baterías = 1267.74 Ah.

V_b : Voltaje de la batería = 6 V

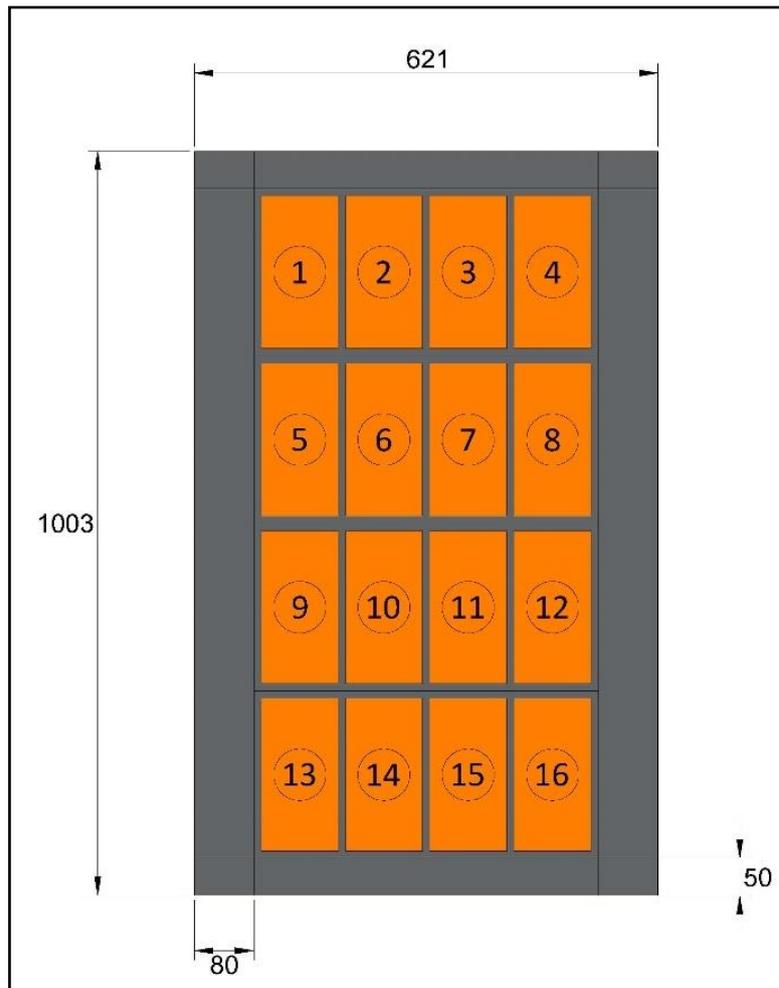
C_b : Capacidad de la batería = 420 Ah.

$$Nb_s = \frac{V_{conf}}{V_b} = \frac{24 V}{6 V} = 4 \text{ baterías en serie}$$

En resumen

- Se utilizó un total de 16 baterías.
- 4 baterías en serie y 4 baterías en paralelos.
- El banco de baterías tendrá un voltaje de 24 V y capacidad nominal de 1500 Ah.

Figura 5: Plano de Dimensionamiento de Banco de Baterías – Vista en Planta



Fuente: Elaboración Propia (Todas las medidas se encuentran en milímetros).

Dimensionamiento del Inversor

Considerando las potencias cargas → 1800 W

F.S con un 20% → 360.00 W

F.S por picos de arranque 30% → 540.00 W

F.S por caídas 20% → 360.00 W

Potencia del inversor → 3010 W

Elegimos un inversor onda pura

$P_{Nominal}$ → 3000 W / 3 kW

$V_{\text{entrada}} \longrightarrow 24 \text{ V}$

$P_{\text{arranque}} \longrightarrow 5000 \text{ W}$

Resumen

- 4 paneles policristalinos 340 Wp
- 1 controlador MPPT VICTROM 100/20
- 1 inversor Onda pura 3 kW / 24 Vdc
- 1 banco de baterías 4 x 4 / 4 paralelos / 4 series

Después de definir los parámetros y considerando las características del sistema fotovoltaico seleccionado tales como el peso y sus dimensiones, se elaboró un diseño conceptual de la estructura mecánica del seguidor, se puede apreciar en la figura 11 que esta se compone de los siguientes elementos estructurales: El soporte base que sostiene toda la estructura (1); la base donde apoya el panel solar (2); el tubo de inclinación donde están soldadas las horquillas (3); que permiten el giro en altitud (6); y Azimut (7); la placa de anclaje (8); para acoplar el seguidor a la zapata de cemento hecha en el lugar de inclinación y los actuadores que permiten en inclinación en altitud (5) y Azimut (4).

Para el diseño conceptual se partió del uso de perfiles calibre 16, se escogió un tubo cuadrado de 2"x 2" para el soporte base, uno rectangular de 2"x 1" y cuadrado de 1"x 1" para el tubo de inclinación; y un perfil angular de 2"x 2"x1/16" para la base del panel solar. La denominación de estos perfiles está establecida por la norma ASTM A-500 (American Society for Testing Materials), este material es una aleación de acero al carbono y su esfuerzo de fluencia es de 322 MPa.

Las uniones de los elementos del diseño conceptual se realizaron por medio de tornillos normalizados para reducir peso, facilitar el montaje y reducir costos.

Calculo Soporte Base

Como se describió el soporte base resiste todo el peso de la estructura, el panel y los accesorios, se consideró el tubo cuadrado como una columna y utilizando la relación de esbeltez se determinó si es una columna larga o corta, para calcular la carga crítica y verificar que no se presenta el fenómeno de pandeo.

El tubo cuadrado de acero que se seleccionó como base del seguidor (ver Figura 12) esta soldada en una placa. Esta placa está sujeta por medio de tornillos en la base de cemento.

Considerando el tubo cuadrado como una columna para determinar si existe pandeo, utilizaremos la ecuación de carga crítica de Euler (Mott, 2006) si la columna resulta ser larga:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_e^2}$$

Donde:

- P_{cr}: Carga critica
- E: Módulo de elasticidad
- I: Momento de inercia
- L_e: Longitud efectiva

O bien la ecuación de carga critica de Johnson (Mott, 2006) si resulta ser una columna corta:

$$P_{cr} = A s_y \left[1 - \frac{s_y (L_e/r)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

Donde:

- P_{cr}: Carga critica
- E: Módulo de elasticidad
- S_y: Esfuerzo de fluencia
- L_e: Longitud efectiva
- A: Área transversal

Para determinar si la columna se considera corta o larga se utiliza la ecuación de la relación de esbeltez transicional o constante de columna, C_c, (Beer, et al., 2006) que se define como sigue:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

Si $SR > C_c$, entonces, la columna es larga y se utiliza la fórmula de Euler.

Si $SR < C_c$, entonces, la columna es corta y se utiliza la fórmula de J.B. Johnson. Donde SR es la relación de esbeltez que viene dada por la siguiente ecuación:

$$SR = \frac{L_e}{r_{min}} = \frac{KL}{r_{min}}$$

En nuestro caso se seleccionó para el diseño conceptual un tubo cuadrado en acero estructural ASTM A-500 con un esfuerzo a la fluencia (S_y) de 322 MPa. Reemplazando estos valores en la ecuación C_c tenemos:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 200 \times 10^9}{322 \times 10^6}} = 110,73$$

Para determinar el valor de SR tenemos en cuenta que se ha seleccionado para el diseño conceptual un tubo cuadrado de 2 x 2 pulgadas y un espesor de 1,5 mm (0,059055 in) con longitud real de 2 metros (78,74 in).

Ahora para obtener el valor de SR necesitamos saber del radio del giro mínimo (r_{min}) determinado por la ecuación:

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde:

I: Momento de inercia

A: Área sección transversal

Para conocer el momento de inercia consideramos la sección transversal del tubo como la diferencia de los dos rectángulos y recordando la fórmula del

momento centroidal de inercia de un rectángulo (Mott, 2009) se tiene:

$$I = \frac{1}{12} bh^3 - \frac{1}{12} b'h'^3$$

$$I = \frac{1}{12} (2)(2)^3 - \frac{1}{12} (2 - 0,11811)(2 - 0,11811)^3 = 0,2881 \text{ in}^4$$

Hallamos también el valor del área transversal (A) de igual forma.

$$A = bh - b'h' = (2)(2) - (2 - 0,11811)(2 - 0,11811) = 0,4585 \text{ in}^2$$

Reemplazamos estos valores en la ecuación:

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{0,2881 \text{ in}^4}{0,4585 \text{ in}^2}} = 0,7927 \text{ in}$$

Recordando que la longitud del tubo es de 2 metros (78,74 in) y determinando que el tubo este fijo en un extremo y libre en el otro y reemplazar estos valores en la ecuación del SR podemos calcular.

Para una columna con un extremo empotrado y otro libre se tiene que $K=2$.

$$SR = \frac{L_e}{r_{min}} = \frac{KL}{r_{min}} = \frac{(2)(78,74 \text{ in})}{0,7927 \text{ in}} = 198,67$$

Tenemos que $SR > C_c$ ($198,67 > 125,66$) lo que nos indica que la columna es larga y se utilizara para nuestro caso la ecuación de Euler (ecuación P_{cr}).

Reemplazando valores:

$$p_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_e^2} = \frac{\pi^2 * (29000 \times 10^3 \text{ Ksi}) * (0,2881 \text{ in}^4)}{(2 * 78,74 \text{ in})^2}$$

$$p_{cr} = 3325 \text{ lb} = 14,79 \text{ kN}$$

Después de haber hallado la carga crítica ($P_{cr} = 14,79 \text{ kN}$) a la cual empieza a pandearse la columna debemos encontrar una carga admisible (p_a) que tendría un valor más pequeño y se calcula aplicando un factor de diseño (N) a la carga crítica. Para nuestro caso emplearemos un factor de diseño de $N=3$ para calcular dicha carga.

$$p_a = \frac{p_{cr}}{N} = \frac{14.79kN}{3} = 4.93kN$$

El soporte base del seguidor va a resistir el peso del panel, de la estructura donde está montado el panel y los accesorios. A este peso le aumentamos un 20% para seguridad.

$$P_{total} = [(P_{panel} + P_{estructura} + P_{accesorios}) \times 1.2] \quad (9.81)$$

Reemplazando tenemos:

$$P_{total} = [(14 + 10 + 5) \times 1.2] \quad (9.81) = 341.4N$$

Esto quiere decir que $P_{total} \ll p_a$ ($342 N \ll 4930 N$) dejando claro que la columna seleccionada no va a fallar por el fenómeno de pandeo.

Diseño y cálculo de la placa base

Seguidamente se dimensiono el área y espesor de la placa en acero para el anclaje al lugar de instalación (American Institute of Steel Construction) el cual considera los momentos máximos que se generan, la altura del soporte base y el diámetro de los pernos de anclaje para el cálculo.

Se tiene que el momento de inercia máximo del seguidor se da la distancia de 0,95d = 132 mm, por tanto, $F_y = P_u = 294 N = 66,1 lb$, y $T_{max} = M_u = 39 N/m = 345,2 lb.in$ Para el diseño de la placa se tuvo en cuenta las recomendaciones y geometría para el empotramiento de columnas cuadradas como se observa en la figura

Se parte del uso de cuatro tornillos tipo T10 definidos en la sección anterior, por tanto, los diámetros de los agujeros en la placa son $D_r = 11 mm = 7/16 in$ para el ajuste con los tornillos. Las dimensiones seleccionadas para el perfil cuadrado establecido como columna fueron 2"x2".

Definidas las condiciones iniciales se calcula mediante la siguiente expresión las dimensiones mínimas necesarias de la placa base:

$$N = d + (10D_r) = 2 + \left(10 * \frac{1}{2}\right) = 7in$$

$$B = b_f + (6Dr) = 2 + \left(6 \frac{1}{2}\right) = 5in$$

$$A_1 = N * B = 7 * 5 = 35in^2$$

Por tanto, las dimensiones mínimas para la placa base son 7in x 5 in.

Después de definir el área de la placa de anclaje se establecieron las dimensiones mínimas para la zapata de concreto donde se fijará el seguidor solar por medio del siguiente procedimiento.

Dimensión de la base de concreto para fijar la placa:

$$Db = 1,75Dr$$

$$largo = N + 2(6Dr - Db) = 7 + 2 \left[\left(6 * \frac{1}{2}\right) - \left(1,75 * \frac{1}{2}\right) \right] = 11in$$

$$ancho = B + 2(6Dr - Db) = 5 + 2 \left[\left(6 * \frac{1}{2}\right) - \left(1,75 * \frac{1}{2}\right) \right] = 9in$$

$$A_2 = largo * ancho = 9 * 11 = 99in^2$$

La base de concreto tiene que ser mínimo de 9 x11 in.

Los cálculos de las dimensiones se basan en el uso de Acero ASTM A500 especificado para placas base con las siguientes características $S_y = 36$ ksi y $S_u = 58$ ksi (Colmena, 2015).

$$q = f_p x B$$

Donde:

f_p = Presión entre la placa base y el concreto

B = Ancho de la placa base

Si la excentricidad supera el valor máximo que ε puede alcanzar entonces los tornillos de anclaje estarían sometidos a tensión.

El valor crítico para excentricidad puede expresarse como:

$$e_{crit} = \varepsilon_{max} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2q_{max}}$$

Donde,

N = Largo de la placa

q_{max} = Resultante máxima presión generada por el concreto a la placa.

Se tiene que:

$$q_{max} = f_{pmax} * B$$

Donde,

$$f_{pmax} = \phi_c (0.85 f'_c) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

Donde:

f_{pmax} : Esfuerzo máximo que soporta el concreto.

ϕ_c : Factor de reducción de resistencia al aplastamiento, igual a 0,65.

f'_c : Resistencia a la compresión del concreto (igual a 3 ksi para la mayoría de concretos).

A_2 : Área de la base de concreto.

A_1 : Área de la placa base.

Se tiene que cuando $e \leq e_{crit}$ entonces los tornillos no intervienen en el equilibrio de los momentos, pero si $e > e_{crit}$ entonces los tornillos si intervienen. Para la estructura se tiene que $e > e_{crit}$, por tanto, los tornillos de anclaje intervienen en el equilibrio de los momentos.

Se debe cumplir entonces que:

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2fy(e + f)}{q_{max}}$$

Donde:

$$f = \frac{N}{2} = 1,5 = \frac{7}{2} - 1,5 = 2 \text{ in}$$

Entonces:

$$\left(2 + \frac{7}{2}\right)^2 \geq \frac{2 * 66,1(5.22 + 2)}{13,94 \times 10^3}$$

$$30.25 \geq 0,63$$

La presión entre el concreto y la placa base causa flexión sobre las longitudes m y n, se tiene que el valor de esta presión es:

$$f_p = \frac{F_u}{BY}$$

Donde Y es la longitud de soporte y se determina por medio de la siguiente expresión.

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) - \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2fy(e + f)}{q_{max}}}$$

Se tiene entonces que la presión ejercida por el concreto a la placa es:

$$f_p = \frac{F_u}{BY} = \frac{66,1}{(5 * 0,03)} = 441 \text{ psi}$$

Para verificar la resistencia requerida en la placa base, de acuerdo a la flexión generada en las líneas m y n se tiene el espeso mínimo de la placa esta dado por:

$$t_{req} = 2,11 \sqrt{\frac{f_p Y \left(m - \frac{Y}{2}\right)}{S_y}}$$

$$m = \frac{N - 0,95d}{2} = \frac{7 - (0,95 * 2)}{2} = 2,55 \text{ in}$$

$$n = \frac{B - 0,8 b_f}{2} = \frac{5 - (0,8 * 2)}{2} = 1,7 \text{ in}$$

Como $Y \leq m$ ($0,06 \text{ in} \leq 2,55 \text{ in}$), se utiliza la siguiente ecuación para calcular el espesor requerido (t_{req}) de la placa en la zona de compresión. (Acesco, 2010).

$$t_{req} = 2,11 \sqrt{\frac{f_p Y \left(m - \frac{Y}{2}\right)}{S_y}}$$

Donde:

Sy: Esfuerzo a la fluencia del material (36000 psi)

Reemplazando tenemos:

$$t_{req} = 2,11 \sqrt{\frac{441 * 0,03 \left(2,55 - \frac{0,03}{2}\right)}{36000}}$$

$$t_{req} = 0,065 \text{ in} = 1,65 \text{ mm}$$

Como el espesor requerido (t_{req}) de la placa es muy delgado relacionado con los tamaños nominales, se toma un espesor para la placa de 1/4 in por la disponibilidad de los materiales reciclables de la zona de logística de la Universidad de Córdoba.

Diseño y cálculo de los pasadores

Se calculó el diámetro mínimo que debe tener el pasador que está sometido a dos planos de cortadura.

Fallo por cortante según la Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo:

En primer lugar, se seleccionó el factor de seguridad adecuado y se establecieron las propiedades del acero ASTM A36:

$$S_y = 250 \text{ MPa}; S_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\tau_{abm} = \frac{S_y}{2F_s}$$

Donde F_s es un coeficiente de seguridad el cual tomamos como $F_s=3$.

$$\tau_{abm} = \frac{S_y}{2F_s} = \frac{250 \text{ MPa}}{(2 * 3)} = 41,7 \text{ MPa} = 41,7 \text{ N/mm}^2$$

Diseño del Sistema de Control

El rendimiento del sistema se basa estrictamente en el consumo, puesto que no se utiliza para alimentar el sistema la energía directa del sol, sino que es alimentado por la energía almacenada en las baterías. Por lo tanto, se diseñó el circuito electrónico del seguidor de forma que este no supere el 20% del consumo total del sistema.

Se diseñó un seguidor solar activo en dos ejes, que sigue el sol utilizando una configuración de cuatro fotorresistencias (LDR), que determinan la intensidad de la luz solar. El Arduino compara los valores de las 4 entradas y envía una señal a los actuadores para mover la estructura y corregir el desbalance que hay respecto al sol, este sentido de giro se establece por la fotorresistencia que recibe mayor radiación solar. En el caso que se presente un balance solar en los sensores, los actuadores reciben la señal de "off" y cuando se vuelva a tener un desbalance solar se recibe la señal de "on".

Al seguidor activo se le adicionó un sistema de seguimiento cronológico con el Controlador Lógico Programable (PLC), el cual se configuró, para que el prototipo funcione durante 8 horas. Como el movimiento de traslación del planeta tierra ocurre en 360° cada 24hr, se establece que $360^{\circ} / 24\text{hr} = 15^{\circ} / \text{hr}$, que es lo que recorre el sol en una hora, visto desde el plano terrestre; de acuerdo a esto el PLC enciende el circuito cada 15 minutos durante 1 minuto para que el actuador, mueva los paneles $3,75^{\circ}$, hasta alcanzar los 140° que es el término del eje de recorrido o límite de norte a sur. Una vez ahí el reloj 112 del PLC, espera hasta las 5:30 pm para aprovechar al máximo la luminosidad circundante antes del anochecer y luego ordena que el actuador de altitud vuelva al estado de inicio, para repetir el ciclo a partir del amanecer del día siguiente. La Figura 21 muestra un esquema básico del funcionamiento del sistema.

Como se estableció en la descripción los componentes seleccionados para el sistema de control son: los sensores, un arduino, un driver para el control bidireccional de la velocidad de los actuadores y un controlador lógico programable (PLC).

Elaborar Un Análisis Técnico Económico De La Instalación Total Proyectada Para El Sistema De Telecomunicación Con Las Subestaciones Del Norte.

Los sistemas de energía autónomos son ampliamente utilizados para suministrar energía en zonas remotas, combinando paneles fotovoltaicos y aerogeneradores con baterías. Sin embargo, sus altos costos aún no son competitivos frente a la red eléctrica. Alternativamente, se utilizan generadores diésel, cuyo costo de electricidad es considerablemente más alto, alcanzando aproximadamente \$0.6 por kWh. En comparación, la red eléctrica en la UE oscila entre \$0.12 y \$0.34 por kWh, siendo \$0.17 en Croacia.

Para pequeñas instalaciones, como estaciones base de telefonía móvil, la fiabilidad es esencial, ya que requieren un suministro de energía constante. Aunque se podría considerar un generador diésel como respaldo, su integración con sistemas fotovoltaicos puede optimizar costos y tamaño. Este estudio propone el uso de pilas de combustible PEM como alternativa a los generadores diésel. Las pilas de combustible ofrecen mayor eficiencia, son más silenciosas y no emiten gases contaminantes, a diferencia de los generadores diésel que emiten grandes cantidades de CO₂.

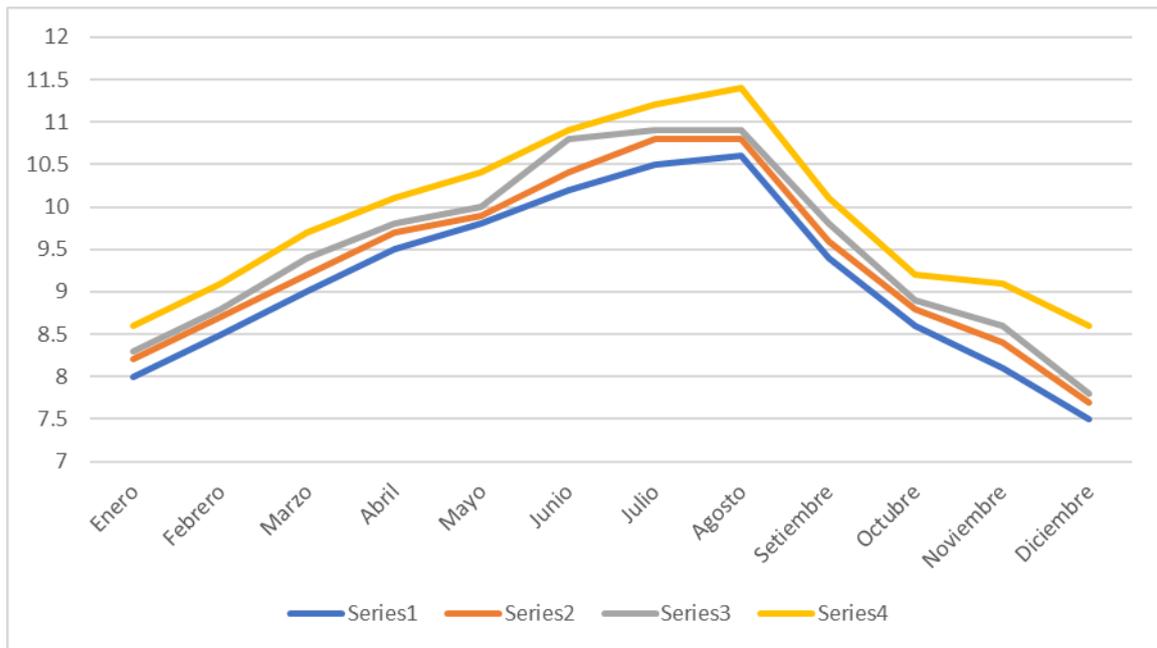
Sin embargo, los costos de las pilas de combustible siguen siendo altos, y el mercado del hidrógeno aún no es competitivo. Aunque el hidrógeno tiene ventajas como el almacenamiento de energía y una mayor vida útil en comparación con las baterías, su baja densidad volumétrica y los desafíos en el almacenamiento son limitantes. A pesar de esto, el uso de hidrógeno como almacenamiento para aplicaciones estacionarias muestra una clara ventaja sobre las baterías.

Análisis de carga y recursos.

Estaciones base de telefonía móvil: En esta parte del trabajo de investigación, se realiza un análisis técnico económico de varios sistemas fotovoltaicos, se han realizado sistemas de energía independientes para áreas remotas, Como ejemplo, la típica estación base de telefonía móvil de un operador móvil croata ubicado en la isla de Lobos de afuera, se tomó en el análisis. La estación base remota es

típicamente pequeño consumidor con un consumo de energía casi constante. Según los datos del operador, un tipo específico de tal estación base analizada aquí tiene una potencia promedio de consumo de 400 W durante todo el año a excepción de los meses de verano cuando el consumo medio sube a 500 W debido al aumento de la población local causado por el turismo.

Figura 6: Promedio Anual de insolación para diferentes ángulos

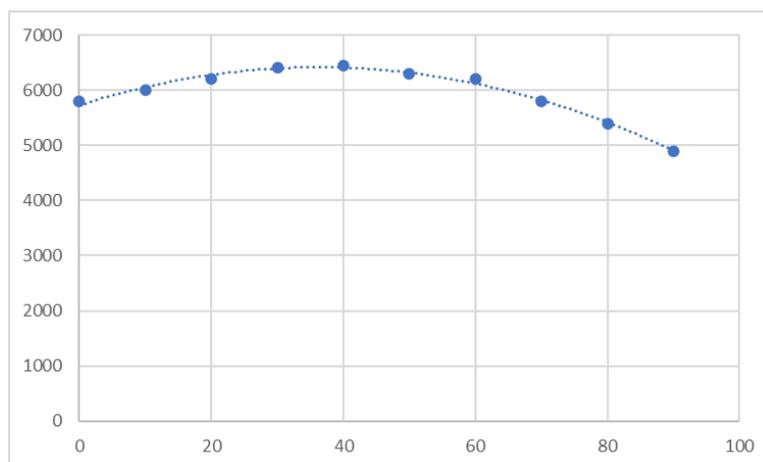


Enero	8	8.2	8.3	8.6
Febrero	8.5	8.7	8.8	9.1
Marzo	9	9.2	9.4	9.7
Abril	9.5	9.7	9.8	10.1
Mayo	9.8	9.9	10	10.4
Junio	10.2	10.4	10.8	10.9
Julio	10.5	10.8	10.9	11.2
Agosto	10.6	10.8	10.9	11.4
Setiembre	9.4	9.6	9.8	10.1
Octubre	8.6	8.8	8.9	9.2

Noviembre	8.1	8.4	8.6	9.1
Diciembre	7.5	7.7	7.8	8.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7: Total de Insolación dependiente del Angulo de inclinación del Panel



Fuente: Elaboración propia.

Costos unitarios de elemento del sistema fotovoltaico y gastos de instalación

Tabla 3: Costos Unitarios del Sistema Fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	CANT	P. Unit. (S/)	P. Total (S/)
1	Modulo fotovoltaico Policristalino 340 Wp	Und	4	850.0	3 400.0
2	Inversor Onda Senoidal Pura 3 kW/Vdc	Und	1	750.0	750.0
3	Batería RA 12 180	Und	16	1200.0	19 200.0
4	Controlador MPPT VICTROM 100/20	Und	1	470.0	470.0
5	Estructura panel solar	Und	4	120.0	480.0
6	Tablero de distribución, incluye llave termomagnética 15 A	Und	1	450.0	450.0
7	Conductores eléctricos THW 2.5 mm 2	m	1500	0.9	1350.0

8	Tubería PVC SAP 3/4"	Und	120	3.5	420.0
9	Costo de Instalación y transporte y pruebas	Und	20	380.0	7600.0
TOTAL					S/34120.0

Fuente: Elaboración propia.

La inversión es de S/ 34 120.00. Se analizó en un período de 10 años, por lo que se recomienda al Estado que la cuota única para la administración de fuerza eléctrica sea de 81,46 soles por cliente sin IVA, según lo indica el nuevo impuesto de energía. (costo \$ 3,6 y un costo mensual de 22,63) según la tarifa eléctrica rural para suministros con sistemas fotovoltaicos vigentes hasta el año 2022. Además, los costos de explotación son los costos identificados con ejercicios especializados y comerciales (obra, transporte y ferretería) que se consideran posteriores al establecimiento, en ejercicios especializados incluye mantenimientos preventivos y reparadores y en ejercicios comerciales incluye cobro, emisión, dispersión y surtido de equivalentes.

Los ingresos de un proyecto de riesgo investigan el salario y los costos durante todo el período de la empresa, con una tarifa de préstamo social de mercado.

La paga del emprendimiento viene dada por la cuota ordinariamente programada de 81,46 soles, como cargo único, y los costos serán los gastos de sustitución de las baterías, que serán como un reloj y los costos de mano de obra para la difusión de recibos y surtido de los mismos.

En la siguiente tabla se expresa: La inversión, los ingresos y egresos del proyecto.

Tabla 4: La Inversión, Los Ingresos y Egresos del Proyecto

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (S/.)	34.120.0										
Ingresos		29325.6	29325.6	29325.6	29325.6	29325.6	29325.6	29325.6	29325.6	29325.6	29325.6
Egresos técnicos			19200		19200		19200		19200		19200
Egresos comerciales		4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Utilidad		24825.6	5625.6	24825.6	5625.6	24825.6	5625.6	23349.6	24825.6	24825.6	5625.6

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de las variables económicas. Valor Actual Neto

Los precios de las entradas mensuales, llevándolas al año cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés social del, 10% anual.

Ingresos actualizados al tiempo 0:

$$Ia = \frac{Ra \times [(1 + i)]^{n-1}}{[i \times (1 + i)^n]}$$

la: Ingresos actualizados al año 0.

Ra: Utilidad Anual, que es variable, debido a los costos de reposición cada dos años

i: Tasa de interés social del 10% anual

n: Número de años

Reemplazando valores, se obtiene que la utilidad actualizada al año cero es de s/ 62,229.29.

Tasa Interna de Retorno

Para deducir la tasa interna de retorno, se establece haciendo que los ingresos renovados con una tasa de interés a determinar son igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ra \times [(1 + TIR)]^{n-1}}{[TIR \times (1 + TIR)^n]}$$

Suplantando valores, y utilizando un enfoque de estimación o utilizando la programación de Microsoft Excel, se determina el valor de la TIR, que equivale al 16% anual, que se refiere a un valor que está dentro del ritmo de riesgo social de las tareas.

Relación Beneficio Costo

La proporción de ventaja es de s / 1,54 lo que implica que por cada sol aportado se recupera un sol similar además de un beneficio de s / 0,54.

Se hizo la evaluación financiera de la propuesta, para lo cual se utilizó la tasa actual que tienen las entidades financieras, para diferentes meses de amortización. Se realizó la simulación para 3 diferentes escenarios a 3 diferentes tasas de interés. Para 12, 18 y 24 meses, a una tasa de interés de 2.5, 3 y 3.5% de tasa de interés mensual.

Tabla 5: Amortización de capital

Periodo de 12 meses.

Tasa de Interés: 2.5%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	2882.0	71.1	2810.9	31309.1
2	2882.0	65.2	2816.8	28492.3
3	2882.0	59.4	2822.6	25669.7
4	2882.0	53.5	2828.5	22841.2
5	2882.0	47.6	2834.4	20006.8
6	2882.0	41.7	2840.3	17166.5
7	2882.0	35.8	2846.2	14320.3
8	2882.0	29.8	2852.1	11468.1
9	2882.0	23.9	2858.1	8610.1
10	2882.0	17.9	2864.0	5746.0
11	2882.0	12.0	2870.0	2876.0
12	2882.0	6.0	2876.0	0.0

Periodo de 12 meses.

Tasa de Interés: 3%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	2889.7	85.3	2804.4	31315.6
2	2889.7	78.3	2811.5	28504.1
3	2889.7	71.3	2818.5	25685.6

4	2889.7	64.2	2825.5	22860.1
5	2889.7	57.2	2832.6	20027.5
6	2889.7	50.1	2839.7	17187.8
7	2889.7	43.0	2846.8	14341.0
8	2889.7	35.9	2853.9	11487.1
9	2889.7	28.7	2861.0	8626.1
10	2889.7	21.6	2868.2	5757.9
11	2889.7	14.4	2875.4	2882.5
12	2889.7	7.2	2882.5	0.0

Periodo de 12 meses.

Tasa de Interés: 3.5%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	2897.5	99.5	2798.0	31322.0
2	2897.5	91.4	2806.2	28515.8
3	2897.5	83.2	2814.4	25701.5
4	2897.5	75.0	2822.6	22878.9
5	2897.5	66.7	2830.8	20048.1
6	2897.5	58.5	2839.1	17209.1
7	2897.5	50.2	2847.3	14361.7
8	2897.5	41.9	2855.6	11506.1
9	2897.5	33.6	2864.0	8642.1
10	2897.5	25.2	2872.3	5769.8
11	2897.5	16.8	2880.7	2889.1

12	2897.5	8.4	2889.1	0.0
-----------	--------	-----	--------	-----

Periodo de 18 meses.

Tasa de Interés: 2.5%.

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	1920.7	47.4	1873.3	32246.7
2	1920.7	44.8	1875.9	30370.8
3	1920.7	42.2	1878.5	28492.4
4	1920.7	39.6	1881.1	26611.3
5	1920.7	37.0	1883.7	24727.6
6	1920.7	34.3	1886.3	22841.2
7	1920.7	31.7	1888.9	20952.3
8	1920.7	29.1	1891.6	19060.7
9	1920.7	26.5	1894.2	17166.5
10	1920.7	23.8	1896.8	15269.7
11	1920.7	21.2	1899.5	13370.3
12	1920.7	18.6	1902.1	11468.2
13	1920.7	15.9	1904.7	9563.4
14	1920.7	13.3	1907.4	7656.1
15	1920.7	10.6	1910.0	5746.0
16	1920.7	8.0	1912.7	3833.3
17	1920.7	5.3	1915.3	1918.0
18	1920.7	2.7	1918.0	0.0

Periodo de 18 meses.

Tasa de Interés: 3%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	1925.7	56.9	1868.8	32251.2
2	1925.7	53.8	1872.0	30379.2
3	1925.7	50.6	1875.1	28504.1
4	1925.7	47.5	1878.2	26625.9
5	1925.7	44.4	1881.3	24744.6
6	1925.7	41.2	1884.5	22860.1
7	1925.7	38.1	1887.6	20972.5
8	1925.7	35.0	1890.8	19081.7
9	1925.7	31.8	1893.9	17187.8
10	1925.7	28.6	1897.1	15290.8
11	1925.7	25.5	1900.2	13390.6
12	1925.7	22.3	1903.4	11487.2
13	1925.7	19.1	1906.6	9580.6
14	1925.7	16.0	1909.7	7670.9
15	1925.7	12.8	1912.9	5757.9
16	1925.7	9.6	1916.1	3841.8
17	1925.7	6.4	1919.3	1922.5
18	1925.7	3.2	1922.5	0.0

Periodo de 18 meses.

Tasa de Interés: 3.5%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	1930.8	66.3	1864.4	32255.6
2	1930.8	62.7	1868.0	30387.5
3	1930.8	59.1	1871.7	28515.9
4	1930.8	55.4	1875.3	26640.5
5	1930.8	51.8	1879.0	24761.6
6	1930.8	48.1	1882.6	22879.0
7	1930.8	44.5	1886.3	20992.7
8	1930.8	40.8	1889.9	19102.7
9	1930.8	37.1	1893.6	17209.1
10	1930.8	33.5	1897.3	15311.8
11	1930.8	29.8	1901.0	13410.8
12	1930.8	26.1	1904.7	11506.1
13	1930.8	22.4	1908.4	9597.8
14	1930.8	18.7	1912.1	7685.7
15	1930.8	14.9	1915.8	5769.8
16	1930.8	11.2	1919.5	3850.3
17	1930.8	7.5	1923.3	1927.0
18	1930.8	3.7	1927.0	0.0

Periodo de 24 meses.

Tasa de Interés: 2.5%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	1440.3	35.5	1404.7	32715.3
2	1440.3	34.1	1406.2	31309.1
3	1440.3	32.6	1407.6	29901.5
4	1440.3	31.1	1409.1	28492.4
5	1440.3	29.7	1410.6	27081.8
6	1440.3	28.2	1412.0	25669.8
7	1440.3	26.7	1413.5	24256.2
8	1440.3	25.3	1415.0	22841.3
9	1440.3	23.8	1416.5	21424.8
10	1440.3	22.3	1417.9	20006.9
11	1440.3	20.8	1419.4	18587.5
12	1440.3	19.4	1420.9	17166.6
13	1440.3	17.9	1422.4	15744.2
14	1440.3	16.4	1423.9	14320.3
15	1440.3	14.9	1425.3	12895.0
16	1440.3	13.4	1426.8	11468.2
17	1440.3	11.9	1428.3	10039.9
18	1440.3	10.5	1429.8	8610.1
19	1440.3	9.0	1431.3	7178.8
20	1440.3	7.5	1432.8	5746.0
21	1440.3	6.0	1434.3	4311.8

22	1440.3	4.5	1435.8	2876.0
23	1440.3	3.0	1437.3	1438.8
24	1440.3	1.5	1438.8	0.0

Periodo de 24 meses.

Tasa de Interés: 3%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	1444.0	42.7	1401.3	32718.7
2	1444.0	40.9	1403.1	31315.6
3	1444.0	39.1	1404.8	29910.7
4	1444.0	37.4	1406.6	28504.1
5	1444.0	35.6	1408.4	27095.8
6	1444.0	33.9	1410.1	25685.7
7	1444.0	32.1	1411.9	24273.8
8	1444.0	30.3	1413.6	22860.1
9	1444.0	28.6	1415.4	21444.7
10	1444.0	26.8	1417.2	20027.5
11	1444.0	25.0	1419.0	18608.6
12	1444.0	23.3	1420.7	17187.9
13	1444.0	21.5	1422.5	15765.4
14	1444.0	19.7	1424.3	14341.1
15	1444.0	17.9	1426.1	12915.0
16	1444.0	16.1	1427.8	11487.2
17	1444.0	14.4	1429.6	10057.6

18	1444.0	12.6	1431.4	8626.1
19	1444.0	10.8	1433.2	7192.9
20	1444.0	9.0	1435.0	5757.9
21	1444.0	7.2	1436.8	4321.2
22	1444.0	5.4	1438.6	2882.6
23	1444.0	3.6	1440.4	1442.2
24	1444.0	1.8	1442.2	0.0

Periodo de 24 meses.

Tasa de Interés: 3.5%

Periodo	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				34120
1	1447.7	49.8	1398.0	32722.0
2	1447.7	47.7	1400.0	31322.0
3	1447.7	45.7	1402.0	29920.0
4	1447.7	43.6	1404.1	28515.9
5	1447.7	41.6	1406.1	27109.7
6	1447.7	39.5	1408.2	25701.5
7	1447.7	37.5	1410.2	24291.3
8	1447.7	35.4	1412.3	22879.0
9	1447.7	33.4	1414.4	21464.6
10	1447.7	31.3	1416.4	20048.2
11	1447.7	29.2	1418.5	18629.7
12	1447.7	27.2	1420.6	17209.2
13	1447.7	25.1	1422.6	15786.5

14	1447.7	23.0	1424.7	14361.8
15	1447.7	20.9	1426.8	12935.0
16	1447.7	18.9	1428.9	11506.2
17	1447.7	16.8	1430.9	10075.2
18	1447.7	14.7	1433.0	8642.2
19	1447.7	12.6	1435.1	7207.1
20	1447.7	10.5	1437.2	5769.9
21	1447.7	8.4	1439.3	4330.5
22	1447.7	6.3	1441.4	2889.1
23	1447.7	4.2	1443.5	1445.6
24	1447.7	2.1	1445.6	0.0

IV. DISCUSIÓN

La optimización de la utilización de la energía Solar, nos ha determinado, que los sistemas de seguimiento del solar por parte de los paneles solares sean mecanismos cada vez más utilizados, con la ayuda de control a distancia o telecontrol, por lo que teniendo en cuenta, que la instalación que estamos determinando y diseñando, es una instalación de uso de emergencia o alternativo, es decir determinado por la presencia o no de fallas, de acuerdo a los valores SAIDI (duración de fallas) y/o SAIFI (Frecuencia de fallas), determinadas por la data estadística histórica, obtenida de la gestión del mantenimiento de la respectiva Subestación eléctrica, en lo relativo a la alimentación eléctrica de los equipos de telecomunicaciones y telemando de primer, segundo, tercer y Cuarto Nivel y que muy posible estén manejados por la distribución de frecuencia Weibul o función de probabilidades logísticas acumuladas.

De acuerdo a la data obtenida los equipos promedio a ser alimentados son:

El diseño de las redes de comunicaciones y su demanda de energía eléctrica, en subestaciones eléctricas y el aseguramiento o mejora de su confiabilidad de funcionamiento, constituye parte fundamental del diseño de la subestación para garantizar la confiabilidad durante su correcto funcionamiento.

En resumen, de los sistemas de seguimiento solar: tipos y componentes, Hay una serie de estudios e investigaciones que se llevaron a cabo, para encontrar el mejor rendimiento de las áreas del sistema de seguimiento solar alrededor del mundo, y otros en una comparación entre diferentes lugares, la Fig. 10 muestra los estudios del sistema de seguimiento solar durante los años y podemos concluir que existe un interés significativo por el tema en los últimos cinco años. La aplicación de sistemas de seguimiento ha sido ampliamente investigada. Se han realizado varios estudios para aplicar sistemas de seguimiento solar que se mostró, construyó y simuló el sistema de seguimiento en diferentes aplicaciones en ciertas áreas y países alrededor del mundo.

Recursos solares; La isla de Lobos de afuera se encuentra en el Norte de Lambayeque en la latitud 43 190 N, Tiene unas 2600 horas de sol al año y media anual de insolación de unos 5800 MJ/m². . La insolación es la medida de la energía

solar, energía de radiación recibida en un área de superficie dada en un tiempo. La Fig. 23 muestra la distribución anual de la insolación media diaria en el plano inclinado para las diferentes pendientes de la isla de Lobos de Afuera, calculada por la fórmula de Liu, Jordan y Klein, $H_b = H \frac{1}{2} (1 + r \cos \beta)$ $H_d = H_b R_b$ $H_d = H (1 - r) \cos \beta$.

Donde: H_b - insolación media diaria en el plano inclinado (MJ/m^2), H - insolación total media diaria en el plano horizontal (MJ/m^2), H_d - insolación diaria difusa media en el plano horizontal (MJ/m^2), R_b - relación de la insolación directa media diaria sobre el plano inclinado y horizontal, r - suelo reflectancia; albedo. La pendiente óptima del panel depende del tipo de sistema. Para sistemas conectados a la red o sistemas con "respaldo" óptimo las laderas son generalmente aquellas con mayor insolación anual, es decir, mayor generación anual de electricidad. Sin embargo, para sistemas sin "respaldo" la pendiente óptima es la que tiene la media más alta valor de insolación diaria del mes más débil en un año (típicamente Diciembre). En la Fig. 24 la insolación total anual con respecto a su muestra la pendiente del panel. Como se puede observar, el máximo anual se alcanza una insolación de 6541 MJ/m^2 para la pendiente de 35. Por otro lado, la pendiente de 65 tiene solo 5888 MJ/m^2 de insolación anual pero su mes más débil en un año (diciembre) tiene el más alto insolación media diaria media de 11,77 MJ/m^2 , comparado con 10,24 MJ/m^2 para la vertiente 35 (también diciembre). para sistemas sin "respaldo", elegir una pendiente de 65 significa un 13 % menos de PV potencia instalada en comparación con 35 pendiente, mientras que para conectado a la red de elegir un sistema de pendiente 35 significa ahorrar un 11 % en electricidad de la red anualmente en comparación con una pendiente de 65.

En el Perú, con coeficientes de electrificación muy bajos para el sector rural, con valores de acuerdo a cada región, del 60%, hace prever que el uso de este tipo de energía es aceptable y recomendable. Señala que Grupo apoyo sector rural PUCP (2022) La energía solar es una de las opciones que se están desarrollando como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas

Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5.5 a 6.5 kWh/m²; 5.0 a 6.0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kWh/m².

El nivel de radiación solar existente, ha considerar para el sistema fotovoltaico proyectado, se determinó según el valor más desfavorable, teniendo en cuenta los datos de la energía solar incidente diaria del departamento de Lambayeque considerados por el SENAMHI (2021), siendo el más desfavorable en el mes de julio con un valor de 1 kWh/día, por lo cual dicho valor se ha utilizado en el diseño y cálculo del presente sistema fotovoltaico.

Utilizar para futuros diseños de seguidores un controlador lógico programable (PLC) con más prestaciones, es decir que cumpla las funciones del Arduino y del driver de los motores, de esta forma disminuir el número de componentes electrónicos utilizados haciendo más eficiente el sistema; además gracias a su robustez los PLC garantizan una vida útil mayor. En cuando al diseño de la estructura mecánica se sugiere utilizar actuadores rotatorios porque estos están sometidos a menores esfuerzos y permiten recorrer los 360 en altitud.

Esta tesis estuvo enfocada en diseñar un sistema de seguimiento solar de dos ejes a bajo costo usando tecnología propia.

Durante la evaluación de dicho seguidor solar se pudo constatar que el viento puede llevar a un estado de inestabilidad al mecanismo de giro, esto no se tuvo en cuenta al momento del diseño y su construcción, pero deja abierto un tema a discutir en sistemas de seguimiento solar con control realimentado. La fuerza del viento (como variable perturbadora) debe ser eliminada.

Al ser un modelo experimental, el programa de usuario que corre dentro del microcontrolador puede ser modificado para mayor funcionalidad, como ser en estación de verano empezar el seguimiento del Sol desde tempranas horas (aprox. 7:30 am) hasta las 5.30 de la tarde en que se oculta el Sol.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las

condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

El sistema de seguidor solar desempeña de manera más eficiente la obtención de energía, gracias a que permite tener una mayor intensidad e incidencia de luz solar sobre la superficie del panel, lo que entrega mayor voltaje y mayor corriente, permitiendo trabajar en el punto de máxima potencia y por ende una carga más rápida de las baterías que posteriormente administrarán de energía al sistema inversor. El costo de un sistema solar móvil en comparación con un sistema fijo representa un gasto adicional a lo convencional, sin embargo, es aplicable cuando se disponen varios paneles solares de baja potencia o paneles individuales de alta potencia, debido a que se implementaría solo un grupo de sensores, los costos de actuadores y tablero de control sería mucho más bajo.

V. CONCLUSIONES

La tecnología de seguimiento de los paneles solares de manera automatizada ha progresado en los últimos tiempos, con diversas tecnologías, Sistemas de seguimiento solar: Hay dos tipos principales de sistemas de seguimiento solar que dependiendo de sus grados de libertad de movimiento son de seguimiento solar de un solo eje y sistema de seguimiento solar de doble eje. En esta sección, vamos a discutir los estudios recientes de seguimiento de un solo eje dual de seguimiento, seguimiento de eje simple y doble, con respecto a los tipos de sistemas de seguimiento. Los estudios recientes mostraron muchos tipos bajo los dos tipos principales: un seguimiento de un solo eje - un norte-sur eje, seguimiento de acimut, horizontal seguimiento, seguimiento polar, seguimiento vertical, seguimiento de eje norte-sur, eje dual seguimiento, seguimiento de acimut y altitud , acimut y elevación seguimiento, seguimiento de acimut-Tilt.

La conclusión fundamental que podemos obtener de este proyecto es que las instalaciones aisladas de la red para autoconsumo, concretamente las que funcionan con energía solar fotovoltaica y cogeneración, son una alternativa factible tecnológica y económicamente viable dentro del contexto actual tan marcado por un contiguo aumento del precio de la energía eléctrica y una cada vez mayor exigencia en términos de edificios de bajo consumo energético y bajo nivel de emisiones del CO₂.

Se realizó la selección de los dispositivos del sistema fotovoltaico, es decir del panel solar, el regulador de carga, el inversor, banco de baterías, conductores eléctricos y sistema de protección, estableciéndose para cada equipo las especificaciones técnicas mínimas y su conexión correcta dentro del sistema.

Se hizo la evaluación económica del proyecto, obteniendo una tasa interna de retorno del 16 %, que es superior a la tasa de interés social, por ser un proyecto en el cual el estado interviene incentivando los préstamos. El valor actual neto en el periodo de 10 años es de S/ 34 120.00 Soles, y la relación beneficio costo fue de s/1.54 soles, lo cual hace viable la ejecución del proyecto en la subestación Chiclayo.

VI. RECOMENDACIONES

Se debe continuar por parte de los tesisistas de la Universidad Cesar Vallejo, el presente trabajo de investigación, con el análisis de la seguridad energética de los sistemas de telecontrol de subestaciones, con la utilización de paneles solares, se debe introducir nuevas tecnologías, de seguimiento para optimizar rendimientos y eficiencias totales.

Los modelos de seguimiento solar para la alimentación de paneles solares aumentan de manera notoria la eficiencia y productividad de las centrales solares fotovoltaicas tanto para micro aplicaciones como para grandes centrales.

La tecnología de telemando de estas aplicaciones de seguimiento solar se debe optimizar para aumentar la eficiencia del sistema interconectado.

Incrementar el nivel de capacitación técnica a los usuarios del proyecto, para optimizar los costos de mantenimiento, dicha capacitación no necesariamente puede ser directa, sino de manera virtual.

Una de las formas de que el sistema sea sostenible en el tiempo, es necesario que los usuarios cumplan con los periodos de utilización de los equipos dentro del rango de tiempo especificado, a fin de no agotar la carga de la batería, de acuerdo a los cálculos realizados.

Para la viabilidad de este tipo de proyectos de electrificación se necesita del apoyo de las instituciones gubernamentales y ONGs para lograr mejorar la situación de vida de los pobladores y contribuyendo a disminuir la contaminación del medio ambiente.

REFERENCIAS

- 1.- Abdollahpour, M. (2018). *Development of a machine vision dual axis solar tracking system* . Boston: Solar Energy.
- 2.- Adrian, M. (2020). *Azimuth, Altitude Dual Axis Solar Tracker* . Worcester: UK.
- 3.- Agila, J. (2021). *Diseño y construcción de un sistema de rastreo solar biaxial para generación de 600 Wh Hr* . QUITO: UPS.
- 4.- Capelli, W. (2019). *Análisis de los Datos de Seguidores Solares* . SANTIAGO : LEXUS.
- 5.- Chercca, J. (2014). APROVECHAMIENTO DEL RECURSO EÓLICO Y SOLAR EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂ EN EL POBLADO RURAL LA GRAMITA DE CASMA. (Tesis de maestría). Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1694/1/chercca_rj.pdf
- 6.- CONCYTEC. (2018). *Guía Práctica para la formulación y ejecución de Proyectos de investigación y desarrollo* . LIMA : CONCYTEC .
- 7.- Cuenta , L. (2018). *Diseño y Simulación de un sistema energético fotovoltaico con control de seguimiento del punto de máxima potencia* . PUNO: UNAP.
- 8.- Fatemi, S. (2020). *A new method for maximum power point tracking in solar PV systems by combining extremum seeking method - ESM*. Boston : IEEE.
- 9.- Frydrychowicz , G. (2021). *Solar tracking system with new hybrid control in energy production optimization* . Baltimore: Energies .
- 10.- Hernandez, S. (2018). *Metodología de la Investigación , rutas cuantitativa, Cualitativa y Mixta* . Mexico : Mc Graw Hill.
- 11.- Huilca, M. (2021). *Diseño de generación distribuida empleando paneles*

- solares fotovoltaicos y efectos en calidad de energia . AREQUIPA: UNSA.*
- 12.- Hussein , M. (2021). *hods for optimal design of standalone system objective optimizacion and multi criteria decision making met.* New York: Energy Reviews.
 - 13.- Ipanaque, S. (2021). *Analisis de Viabilidad Tecnico Economica de Centrales Fotovoltaicas de Respaldo.* LIMA: UNI.
 - 14.- Irrigoin, R. (2020). *Sistemas de Respaldo del telemando y Control de Subestaciones de Potencia .* Lima: UCV.
 - 15.- Jamroen , c. (2021). *Novel UV Sensosr based dual axis solar tracking system .* ONTARIO: CANADA .
 - 16.- Kher, V. (2022). *Schedule single axis solar tracker system for improvisation of energy efficiency .* Boston : IEEE.
 - 17.- Khujamativ, K. (2019). *Modeling and reserch of automatica sun tracking system on the bases of lot and arduino .* Uzbekistan : ICISCT.
 - 18.- Kumar, S. (2021). *Solar probe based autonomus solar tracker suysteem a review .* New Jersy: IEEE.
 - 19.- Makhdoomi , S. (2021). *Impacto del seguidor solar y el sistema de almacenamiento de energia en el dimensionamiento de los sistemas de energiahibridos .* Boston: ENERGIA .
 - 20.- Mendoza, C. (2020). *Metodos Cualitativos en la Investigacion .* Mexico : Mc Graw Hill.
 - 21.- Mollaasanoglu , M. (2021). *Evaluacion del Rendimiento del sistema de seguimiento solar de dos ejes diseñado para trabzon .* Mexico: IETE.
 - 22.- mOUSAZADEH , H. (2019). *A Rewiew of principle and sun tracking methods*

- for maximizing solar systems output* . Boston : Energy Reviews .
- 23.- Naciones Unidas. (2019). *Catalogo de Niveles de Radiacion Solar* . New York: UNIDAS .
- 24.- NASA Power Factory. (2020). *Manual aplicativo de Radiacion Solar* . Tampa: NASA .
- 25.- Ocampo, T. (2019). *Estudio de Prefactibilidad de un sistema solar fotovoltaico de 1 MW para la generacion de energia electrica* . SONORA: ITSON.
- 26.- Ponce, M. (2022). *Performance comparison between fixed and dual Axis sun Tracking Photovoltaic Panels* . Guayaquil: ESPOL .
- 27.- Putra, I. (2018). *Sunlight Intensity Measurement System* . Tulsa : IEEE.
- 28.- Ran , D. (2018). *Solar Photovoltaic System cost Benchmark* . Miami: NRELTP.
- 29.- Rimstar. (2020). *Medición neta*. Obtenido de https://rimstar.org/renewnrg/net_metering.htm
- 30.- Rivera, L. (2019). *Diseño de un Prototipo solar Fotovoltaico telemetrico para evaluar la eficiencia energetica* . TELAVIV: UTI.
- 31.- Saeedi, R. (2021). *Nuevo Diseño de sistema de seguimiento solar de doble eje con sensores LDR* . Houston: MIVERVA.
- 32.- Sampieri, R. (2019). *Metodos de investigacion Cuantitativos* . Mexico : Mac Graw Hill.
- 33.- Sanchez, R. (2018). *Diseño y Construccion de Medidor de Radiacion con seguimiento solar y registrador de Datos* . Huancayo: UNCP.
- 34.- Suca, Y. (2018). *Diseño de un controlador eficiente para orientacion de paneles fotovoltaicos basdo en automats hibridos* . PUNO: UNAL.
- 35.- Tovar, J. (2020). *dISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE*

TRACKING SOLAR EN DOS EJES PARA LA CIUDAD DE bogota .

Bogota: UNADES .

36 Zamora , C. (2019). *Eica en los estudios de investigacion Universitaria .*

BOGOTA: UNIR.

37 Zhou, Z. (2021). *Design of solar dish rotation control system with dual axis solar tracker .* Pekin: IEEE.

38 Zhu, Y. (2020). *Design and performance anlysis of a solar ttracking system with a novel single axis tracking structure to mazimize energy .* New York: Applied Energy.

39 Zulkafli, R. (2018). *Sistema de seguimiento solar de doble eje .* Malasia: JTEC.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
La Demanda Máxima del Sistema de telecomunicaciones	La demanda pico o máxima, por tanto, es la cantidad de energía requerida durante el momento en que la red experimenta la mayor demanda de energía. (Tovar, 2020).	Se medirá conforme una guía de observación.	Diferencia de tensión	Razón
			Intensidad de corriente	
			Costos	
			Tiempo	Razón
			Factor potencia	

Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Sistema Fotovoltaico con Seguidor Solar	Viene a ser un conjunto de dispositivos que mediante la energía generada por el sol se convierte en energía eléctrica” (Suca, 2018).	Se produce energía eléctrica por medio de la radicación solar.	Radiación solar (kW/m ²)	Razón
			Potencia del panel solar (Wp)	
			Voltajes máximos de conexión de paneles en serie y paralelo (V)	
			Intensidad máxima de entrada y salida del regulador (A)	Razón
			Capacidad del banco de baterías (Ah)	
			Cable conductor (mm ²)	

Anexo 2: Instrumento de Recolección de Datos

Objetivo: Determinar la máxima demanda de las cargas eléctricas en las instalaciones del sistema de telecomunicación

CARGAS DEL EDIFICIO DE CONTROL					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA (W)	HORA/DIA	MAXIMA DEMANDA (Wh/día)
1	Iluminación - Lámparas LED E27 32lm	9	9.5	8	684
2	Inversor	1	900	1	900
3	Luces Indicadoras	6	5	2	60
4	Relés Auxiliares de Corriente Continua	2	1450	1	2900
5	Motores Para Bombas de Emergencia	1	96	1	96
6	Sistemas de Protección Contra Incendio	1	440	1	440
					5080