

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CENTRO DE POSGRADOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES COHORTE 2021

Tema: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR EL TIEMPO DE AUTONOMÍA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE LA FUNDACIÓN SUMAK KAWSAY IN SITU (SKIS).

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Energías Renovables

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.

Autor: Licenciado Germán Estuardo Gómez Flores

Director: Ingeniero Alan Daniel Cuenca Sánchez, Máster.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD, e integrado por los señores: *Ingeniero Carlos Diego Gordon Gallegos PhD; Ingeniero Altamirano Meléndez Santiago Mauricio, Magister*, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: “*Diseño de un Plan de Mantenimiento para Mejorar el Tiempo de Autonomía del Sistema Solar Fotovoltaico de la Fundación Sumak Kawsay In Situ (SKIS)*” elaborado y presentado por el señor *Licenciado, Germán Estuardo Gómez Flores*, para optar por el Título de Cuarto Nivel de Magíster en Energías Renovables; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado, PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Carlos Diego Gordon Gallegos, PhD.
Miembro del Tribunal

Ing. Santiago Mauricio Altamirano Meléndez, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Diseño de un plan de mantenimiento para mejorar el tiempo de autonomía del sistema solar fotovoltaico de la fundación Sumak Kawsay In Situ (SKIS), le corresponde exclusivamente a: Licenciado, Germán Estuardo Gómez Flores, Autor bajo la Dirección del Ingeniero, Alan Daniel Cuenca Sánchez Máster, Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Licenciado Germán Estuardo Gómez Flores
c.c.: 0602026569
AUTOR

Ingeniero Alan Daniel Cuenca Sánchez, Máster
c.c.: 1104304645
DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Licenciado Germán Estuardo Gómez Flores
c.c.: 0602026569

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA-----	i
A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados-----	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN -----	iii
DERECHOS DE AUTOR-----	iv
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS-----	v
ÍNDICE DE TABLAS -----	viii
ÍNDICE DE FIGURAS -----	ix
AGRADECIMIENTO -----	xi
DEDICATORIA -----	xii
RESUMEN EJECUTIVO -----	xiii
CAPÍTULO I -----	1
1.1.Introducción -----	1
1.2.Justificación. -----	1
1.3.Objetivos-----	2
1.3.1.General -----	2
1.3.2.Específicos -----	3
CAPITULO II -----	4
2.1. Fundamentos generales de la investigación del proyecto. -----	4
2.1.1.Energías renovables.-----	4
2.1.2.Energía solar fotovoltaica. -----	5
2.1.3.El sol y la radiación solar. -----	6
CAPITULO III -----	8
3.1. Ubicación -----	8
3.2. Fundación Sumak Kawsay In Situ -----	9
3.3. Carta solar de la región Amazónica del Ecuador – provincia de Pastaza. -----	10
3.4. Efecto fotovoltaico-----	12
3.5. Tipos de sistemas fotovoltaicos.-----	13
3.5.1. Sistemas fotovoltaicos (SFV) autónomos-----	14
3.5.2.Sistemas fotovoltaicos conectados a la red convencional. -----	15

3.6. Sistema solar fotovoltaico de la fundación SKIS.-----	16
3.6.1. Características del panel solar fotovoltaico. -----	16
3.6.2. funcionamiento del regulador -----	19
3.6.3. Funcionamiento de la batería. -----	20
3.6.4. Funcionamiento del inversor. -----	21
3.6.5. Elementos de carga, comunicación y audio visuales. -----	22
3.6.6. Elementos adicionales, protección, conductores. -----	23
4-RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	25
4.1. Plan de Mantenimiento en sistemas FV preventivo. -----	25
4.1.1. Mantenimiento Frecuente (mensual). -----	26
4.1.2. Mantenimiento Temporal de instalaciones (trimestral)-----	27
4.1.3. Mantenimiento Ideal (semestral). -----	28
4.1.4. Mantenimiento General (anual). -----	30
4.5.1. Mantenimiento en el inversor. -----	32
4.1.6. Mantenimiento de conductores, elementos de protección, módulo solar FV. -----	33
4.1.7. Mantenimiento Permanente (semanal) -----	35
4.1.8. Mantenimiento y revisión de aislamientos. -----	36
4.1.9. Mantenimiento y revisión del soporte del sistema fotovoltaico. -----	37
4.1.10. Mantenimiento predictivo en paneles solares FV. -----	38
4.1.11. Mantenimiento correctivo en paneles solares FV. -----	38
4.2.Recomendaciones del Plan de Mantenimiento. -----	38
4.3.Seguridad industrial en el mantenimiento eléctrico de módulos solares. -----	39
4.4.Equipos y materiales. -----	41
4.4.1. Equipos.-----	41
4.4.2. Materiales.-----	43
4.4.3. Herramientas. -----	43
4.5.Autonomía del sistema solar fotovoltaico -----	44
4.6.Potencial generado por el sistema FV de la fundación SKIS -----	45
4.6.1. Tensión (V) de salida del panel FV. -----	46
4.6.2. Energía acumulada en la batería Pb -----	48
4.6.3. Potencial total del sistema FV – SKIS.-----	49

4.7. Análisis estadístico de la investigación en el SPSS de la fundación SKIS. -----	51
4.7.1. Respuesta a la encuesta realizada en utilidad de un plan de mantenimiento. -----	51
4.7.2. Análisis de fiabilidad del instrumento de medición. -----	52
4.7.3. Anova con prueba de Friedman y prueba para no aditividad de Tukey. -----	53
4.7.4. Pruebas de chi-cuadrado-----	54
CAPÍTULO V -----	56
5.1. Conclusiones -----	56
5.2. Recomendaciones-----	59
5.3. Bibliografía. -----	61
5.3.1. Referencias bibliográficas citadas.-----	61
5.3.2. Bibliografía General.-----	62
5.4. Anexos -----	65
5.4.1. Anexo 1: Diseño de la encuesta aplicada en la fundación SKIS.-----	65
5.4.2. Anexo 2: Medición de radiación solar con un piranómetro in situ. -----	65
5.4.3. Anexo 3: Socialización de la importancia del plan de mantenimiento.-----	69
5.4.4. Anexo 4: Portada del manual o plan de mantenimiento para sistema FV. -----	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Características de irradiación solar del mapa de datos (Solargis Global Solar Atlas [SGSA], 2022).....	11
Tabla 3-2: Datos técnicos del panel solar de la fundación SKIS.	17
Tabla 3-3: Datos técnicos de la tensión del panel solar SPR-X-21-345-COM.	18
Tabla 3-4: Datos técnicos de corriente del panel solar SPR-X-21-345-COM.	18
Tabla 3-5: Potencia del panel solar FV a condiciones STC.....	18
Tabla 3-6: Datos del controlador de carga MPPT.....	20
Tabla 3-7: Datos característicos del acumulador de energía Pb.	21
Tabla 4-1: Equipos utilizados en la investigación.....	41
Tabla 4-2: Materiales utilizados en el mantenimiento del sistema FV	43
Tabla 4-3: Herramientas empleadas en el sistema solar FV	43
Tabla 4-4: Potencial generado por el sistema FV de la fundación SKIS.	46
Tabla 4-5: Potencial del acumulador de energía del sistema FV	48
Tabla 4-6: Potencia generada por el sistema FV.....	49
Tabla 4-7: Respuesta de encuestas de plan de mantenimiento.	51
Tabla 4-8: Consistencia de las preguntas de la encuesta entre sí.....	53
Tabla 4-9: Resumen de procesamiento de casos.....	53
Tabla 4-10: Análisis ANOVA, prueba Friedman y prueba para no aditividad de Tukey.....	54
Tabla 4-11: Pruebas de chi-cuadrado.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 el panel solar.....	6
Figura 3-1: Ubicación exacta de SKIS (Google Earth 2022).....	9
Figura 3-2: Edificio principal, planta baja talleres prácticos y espacio de trabajo general.	10
Figura 3-3: Información de voluntariado científico en SKIS.....	10
Figura 3-4: Datos de elevación solar y azimuth solar.	12
Figura 3-5: Promedios anuales del potencial fotovoltaico (kWh/kWp).....	12
Figura 3-6: Efecto fotovoltaico de una célula solar de energías renovables.....	13
Figura 3-7: Esquema básico de sistema fotovoltaico autónomo.	14
Figura 3-8: Sistema FV conectado a la red eléctrica convencional.	15
Figura 3-9: Panel solar de la fundación SKIS.....	17
Figura 3-10: Controlador de carga solar.	19
Figura 3-11: Batería de plomo sellada.	20
Figura 3-12: Inversor del sistema solar FV de la fundación SKIS.	22
Figura 3-13: Elementos de protección del sistema fotovoltaico.	23
Figura 3-14: Conductor multipolar ST-THHN.	24
Figura 4-2: Panel FV libre de impedimento de radiación solar.	26
Figura 4-3: Inspección de las conexiones eléctricas del sistema FV.	27
Figura 4-4: Medición de la temperatura del panel solar FV.	28
Figura 4-5: Comprobación del correcto estado de los conductores.	29
Figura 4-6: Limpieza del panel FV sin dañar la superficie del vidrio protector.	29
Figura 4-7: Mantenimiento preventivo (limpieza) del panel solar FV	30
Figura 4-8: Revisión de valores de tensión DC/AC (V).	31
Figura 4-9: Medición de carga con una pinza amperimétrica (A).	31
Figura 4-10: Revisión del funcionamiento adecuado del inversor de corriente.....	32
Figura 4-11: Verificación del paso de energía a través del breaker.....	34
Figura 4-12: Verificación del ajuste del mástil y el panel solar.....	35
Figura 4-1: Aspectos básicos antes del mantenimiento en el panel FV.....	36
Figura 4-13: Verificación del estado y consumo del contador de energía.....	37
Figura 4-14: Verificación del estado soportes y anclajes del panel FV.....	37
Figura 4-15: Piranómetro en medición de radiación solar (W/m ²).	41

Figura 4-16: Medición de carga con el amperímetro (A).	42
Figura 4-17: Medición de tensión en corriente continua CC.	42
Figura 4-18: Herramientas y equipos empleados en el mantenimiento preventivo.	44
Figura 4-19: Curva característica de la tensión de salida del panel solar FV.	47
Figura 4-20: Medición de voltaje a la salida (Voc) del panel FV cada hora.	47
Figura 4-21: Curva característica del potencial acumulado en la batería del sistema FV48	
Figura 4-22: Curva característica del consumo de energía de la fundación SKIS.	49
Figura 4-23: Valor de consumo (A) en el circuito total de la fundación SKIS.	50
Figura 4-24: Consumo de potencia en la fundación SKIS.	50
Figura 5-1: Encuesta aplicada de preguntas dicotómicas.	65
Figura 5-2: Medición de irradiancia solar, dirección al sol.	66
Figura 5-3: Medición de radiación solar con el piranómetro digital.	66
Figura 5-4: Instrumento de medida de radiación solar, piranómetro SM206-SOLAR.	67
Figura 5-5: Características técnicas del piranómetro digital SM206-SOLAR.	67
Figura 5-6: Características técnicas de la pinza amperimétrica EM201.	68
Figura 5-7: Características técnicas del voltímetro y multímetro.	69
Figura 5-8: Divulgación de un plan de mantenimiento en la fundación SKIS.	69
Figura 5-9: Concientización de un plan de mantenimiento en la fundación SKIS.	70
Figura 5-10: Socialización del plan de mantenimiento preventivo.	70
Figura 5-11: Plan de mantenimiento preventivo para panel solar FV.	71
Figura 5-12: Documento, plan de mantenimiento preventivo para panel FV.	71

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por ser mi fortaleza en todo, a la UTA por haberme abierto las puertas del saber en las energías renovables, a los docentes que siempre fueron un apoyo diario en el camino científico, a mi asesor Ing. Alan Cuenca que con su conocimiento, dirección y paciencia se ha desarrollado con gran éxito el presente trabajo investigativo.

A la fundación SKIS del ing. Henry Sánchez que con muy buena voluntad ha permitido realizar las diferentes investigaciones requeridas en la tesis.

A mis hijos, a todos y cada uno de los integrantes de mi querida familia Gómez Flores, compañeros, docentes y amigos que han hecho posible llegar a feliz término.

Gracias de todo corazón.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con mucho cariño a JJM, a mis hijos Steven, Chysthian y a toda mi familia Gómez Flores que con mucho amor y paciencia me apoyaron en cada momento de mi vida.

A mis papis en el cielo, a mis compañeros, docentes y amigos que siempre han estado presentes apoyándome para llegar y alcanzar un ideal.

Con ternura,

Germán

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
COHORTE 2021

TEMA:

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR EL TIEMPO DE AUTONOMÍA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE LA FUNDACIÓN SUMAK KAWSAY IN SITU (SKIS).

MODALIDAD DE TITULACIÓN: *Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.*

AUTOR: *Licenciado, Germán Estuardo Gómez Flores*

DIRECTOR: *Ingeniero Alan Daniel Cuenca Sánchez, Máster.*

FECHA: *Doce de enero del dos mil veinte y tres*

RESUMEN EJECUTIVO

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una alternativa idónea respecto al empleo del combustible fósil, además de no contaminar al medio ambiente es una energía prácticamente inagotable por lo que constituye una fortaleza en el desarrollo sostenible, beneficiando el progreso del empleo local. Además, es muy eficiente contra el cambio climático y al ser competitiva reduce drásticamente sus costes logrando que las energías renovables sean una solución al déficit energético.

En la fundación Sumak Kawsay In Situ (SKIS) se han realizado varias mediciones, posibilitando la importancia de realizar un mantenimiento periódico en el sistema de energía solar fotovoltaico, mejorando el tiempo útil del servicio energético en donde un plan de mantenimiento guíe la forma de realizar un cuidado efectivo sin cometer daños en

el sistema en el que el usuario puede realizarlo tomando en cuenta que también tiene sus limitaciones.

Hoy en día es notoria la necesidad que siente la sociedad de poder solventarse de un servicio básico que ya es parte en el desarrollo cotidiano de las personas, más aún cuando hombres y mujeres forman un voluntariado en protección al medio ambiente específicamente en la flora y la fauna que de diferentes lugares del mundo sienten la necesidad de ayudar en la fundación Sumak Kawsay In Situ que tiene un desenvolvimiento científico sin fines de lucro y parte del trabajo que lo realizan requieren de energía eléctrica tomando en cuenta que la mayor duración de acumulación de energía que tengan los acumuladores será mayor la solvencia de energía que disponga el personal de voluntarios de ahí la necesidad imprescindible de colaborar con el diseño de un plan de mantenimiento que ayude en la autonomía del sistema solar FV y puedan mantenerse en contacto con las tecnologías de la información y comunicación.

Se ha tomado en cuenta la fiabilidad de la encuesta a través de la medición del coeficiente Alfa de Cronbach, ANOVA de Friedman, Correlaciones y Análisis Chi Cuadrado en la consistencia que tienen la preguntas entre si con respecto al tema en la que indican que luego de su análisis tienen buena correlación entre preguntas, confirmando de este modo los resultados realizados en la investigación.

DESCRIPTORES: *ENERGÍA, MANTENIMIENTO, PANEL SOLAR, PLAN, SKIS*

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Un sistema solar fotovoltaico se compone de diferentes elementos eléctricos que en forma secuencial transforman la energía lumínica (radiación solar) proveniente del sol en energía eléctrica. Las celdas o células fotovoltaicas del panel son de silicio, generan un voltaje muy pequeño y al sumar varias celdas se obtiene el voltaje requerido que luego al pasar por el regulador de voltaje, controla el nivel de carga del acumulador de energía prolongado y beneficiando la autonomía del acumulador del insumo energético.

El presente trabajo investigativo consta de cinco capítulos: en el primero se indica la introducción, fundamentos y objetivos de la investigación, el segundo capítulo indica los fundamentos generales de la investigación del sistema fotovoltaico. En el capítulo tres se indica la ubicación de la fundación SKIS y del sistema solar fotovoltaico autónomo. En el capítulo cuatro se desarrolló el plan de mantenimiento del sistema fotovoltaico de la fundación SKIS y en el capítulo cinco se incluyen los resultados, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1.2. Justificación.

La presente investigación se basa principalmente en el diseño de un plan de mantenimiento para paneles solares fotovoltaicos en la zona oriental rural del cantón Mera de la Provincia de Pastaza, este proyecto se encamina a mejorar el tiempo de autonomía del sistema solar fotovoltaico, suministrando a los integrantes de la fundación SKIS un mayor tiempo útil del sistema, además de contrarrestar la contaminación ambiental.

La radiación solar que alcanza la tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en

dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde (SANTOS, s.f.)

Dentro de los factores socioeconómicos que presenta la fundación Sumak Kawsay In Situ es de reducida infraestructura vial, de transporte y comunicación, la irrisoria o nula provisión de agua, inadecuados servicios sociales, la falta de energía eléctrica, la falta de apoyo gubernamental entre otros, las características climáticas generales de la zona son de considerable precipitación de lluvias durante todo el año.

Con el mantenimiento oportuno del sistema de energía solar fotovoltaica se logrará un ahorro energético, dando mayor tiempo de autonomía y duración a los diferentes elementos que constituye un sistema de energía solar fotovoltaico, con una reducción significativa del impacto ambiental y una reducción de la contaminación emitida en el proceso de producción de la energía eléctrica, procedente de combustión fósil.

“A fin de lograr una sostenibilidad económica y ambiental, la tendencia mundial es aprovechar las fuentes renovables para la generación de electricidad. Por ello para contrarrestar la creciente presencia de las fuentes no renovables en la generación de electricidad en el país, el Ecuador durante los últimos 6 años, ha sentado las bases para cubrir la demanda interna de electricidad con producción nacional basada en energías renovables”. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Bravo.O, 2017)

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Diseñar un plan de mantenimiento para mejorar el tiempo de autonomía del sistema solar fotovoltaico de la fundación Sumak Kawsay In Situ.

1.3.2. Específicos

- a. Diagnosticar la autonomía energética del sistema solar fotovoltaico instalado en la fundación Sumak Kawsay In Situ del cantón Mera de la provincia de Pastaza.
- b. Elaborar el proceso del plan de mantenimiento para mejorar el sistema de energía solar fotovoltaico.
- c. Validar la autonomía energética del sistema solar fotovoltaico del plan de mantenimiento aplicado.
- d. Socializar el plan de mantenimiento del sistema solar fotovoltaico en la fundación Sumak Kawsay In Situ.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La necesidad creciente de energía ha hecho que la unión de países sudamericanos incentive el desarrollo de energías renovables como es la energía solar, que podría dar soluciones a mediano plazo expuesto en la cumbre de las islas margarita en Venezuela.

Desde la década de los ochenta ya se iba impulsando el uso de los paneles solares, tanto es así que en abril del 2011 decide el estado ecuatoriano cambiar la matriz productiva energética e impulsar la generación con energías renovables (GAIBOR NUÑEZ, 2014)

El Ecuador al encontrarse en un excelente lugar geográfico mundial aprovecha la radiación solar en toda su capacidad (Moreno Almeida, 2013)

Cumplir con una necesidad básica de un sistema eléctrico como es la iluminación, comunicación, medios audiovisuales entre otros, es muy importante por lo tanto el tiempo útil de autonomía de un sistema energético solar fotovoltaico puede ser mejorado con un Plan de Mantenimiento efectivo, integrando a las fundaciones, comunidades y sitios rurales de difícil acceso a la nueva era de las tecnologías de la información y comunicación TIC.

2.1. Fundamentos generales de la investigación del proyecto.

2.1.1. Energías renovables.

Energía Primaria es aquella forma de energía que se obtiene directamente de los yacimientos sin tener ningún tipo de cambio o transformación, esta energía se mide en barriles equivalentes de petróleo (bep) producida por combustión fósil de barril de petróleo tomando en consideración que el barril tiene una equivalencia de 160 litros y en grandes cantidades se mide en mega toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) de igual manera la cantidad de calor producida al quemarse el carbón se mide en julios (J).

Las energías renovables podrían contribuir al abastecimiento del servicio energético, nuestro planeta recibe del sol alrededor de 170.000 (TW) (Tera watios = 10^{12}) de los cuales 80.000 (TW) llegan a la superficie terrestre en forma de radiación fotónica, 50.000 (TW) están en forma de reflejo y los 40.000 (TW) restantes son captadas por los mares y la atmósfera terrestre provocando el proceso del ciclo de la lluvia. Las energías no renovables son aquellas que se encuentran hacinadas o estáticas como son los combustibles nucleares, fósiles y gas natural que son liberadas por acción humana.

Las energías renovables como la solar son fuentes inagotables que se auto regeneran al usar el efecto de la radiación solar, que permite generar calor o electricidad por medio de colectores térmicos o paneles solares fotovoltaicos. Hay recursos que no solo son inagotables sino que también presentan una constante demanda de esta materia prima que va solventando en el desarrollo industrial y tecnológico, se encuentran relacionados directamente con el petróleo, gas natural y el carbón, de igual manera las energías nucleares producidas por fisión y fusión producen residuos contaminantes radiactivos que demorarían miles de años en disiparse, estos tipos de tecnologías en la actualidad siguen en etapas de investigación con desarrollo tecnológico (I+D) en búsqueda de una estabilidad de servicio energético en colaboración a la sociedad. (DIAZ VELILLA, 2005)

2.1.2. Energía solar fotovoltaica.

Es un tipo de energía fundamentada en el efecto fotovoltaico, que presenta un efecto físico al incurrir la radiación luminosa sobre un semiconductor de material de silicio mono o policristalino el cual incursionará una reacción a un flujo de electrones encontrando un pequeño voltaje disponible apropiado para generar electricidad.

Este sistema puede resolver de forma individual o particular las diferentes necesidades a futuro proyectándose a la inyección de la electricidad generada a la red convencional. (DIAZ VELILLA, 2005)

Como se observa en la Figura 2-1 el panel solar está ubicado en una zona rural alejada de la red eléctrica y gracias a la participación de este, se puede obtener este valioso insumo energético.



Figura 2-1 el panel solar

2.1.3. El sol y la radiación solar.

El sol suministra energía solar que se le conoce con el nombre de radiación solar, que al incidir en el planeta tierra llega con una radiación del orden de 1.5×10^{18} kilovatios (kW) por hora, con esta potencia se podría abastecer el consumo mundial y al ser una fuente de energía inagotable toma el nombre de energía renovable, el sol tiene un diámetro aproximado de 1.39×10^9 (m).

Al planeta tierra llega una radiación debilitada de aproximadamente $1360 \text{ (W/m}^2\text{)}$ y al atravesar la atmósfera sufre una atenuación o disminución radioactiva quedando en la superficie terrestre $1000 \text{ (W/m}^2\text{)}$. Hay varios tipos de radiación solar, depende de la incidencia de los rayos del sol hacia un plano físico terrestre.

Radiación directa. - es la radiación que se recibe directamente del sol sin desviación por efecto de la atmósfera siendo la más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

Radiación difusa. – es la radiación que experimenta cambios en su dirección por efecto de la reflexión y por la presencia de partículas de sustancias en la atmósfera.

Radiación albedo o reflejada. – es la combinación de la radiación directa y la difusa, siendo el reflejo o rebote del objeto que se encuentra en la superficie o el suelo. (Aparicio, 2020)

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

El cantón Mera se halla situado a 16 (km) de la ciudad de Puyo con una carretera de primer orden, la ubicación geográfica del bloque I, se localiza en la Parroquia Mera y se encuentra limitando al norte por el Río Chontayacu; al sur se encuentra cercano al Río Blanco; al oeste limita con el Parque Nacional Llanganates; y al este por el Río Anzu. El bloque II, se localiza en la Parroquia Mera del Cantón del mismo nombre y en la Parroquia Río Negro del Cantón Baños de Agua Santa, limita al norte por el Parque Nacional Llanganates; al sur y al oeste se encuentra cercano al Río Pastaza y al este cercano al Río Anzu. (MAE, 2015)

El cantón presenta perspectiva ecológica sociocultural con un entorno frágil y con una población que interactúan indígenas – nativos y colonos con la participación de limitadas instituciones públicas y privadas que realizan sus actividades comerciales y productivas. (MAE, 2015)

El cantón Mera tiene una altura de 1475 (msnm), al tener esta altitud presenta precipitaciones constantes, se muestran condiciones pobres, sin servicios básicos como agua potable, alcantarillado, energía eléctrica de red pública, sin dispensario médico con un camino de tercer orden entre otros.

En la Figura 3-1 se ha utilizado el programa Google Earth satelital que brinda una ubicación exacta del lugar donde se encuentra situada la fundación SKIS, lugar donde se ha realizado el presente estudio.

Ubicación satelital de la fundación Sumak Kaway In Situ.



Figura 3-1: Ubicación exacta de SKIS (Google Earth 2022).

Es por esta razón que surge la necesidad de la utilización de energía solar fotovoltaica para solventar el problema del suministro de electricidad y poder mantener una actividad económicamente activa en la fundación SKIS que específicamente investiga la flora y fauna del sector, también recibe la colaboración y participación de voluntarios que ayudan a proteger el medio ambiente de la fundación SKIS. (MAE, 2015)

3.2. Fundación Sumak Kawsay In Situ

Se encuentra situada en un lugar selecto de los Andes húmedos tropicales de la Amazonia cuenta con una biodiversidad en mamíferos, reptiles y anfibios que hacen de Sumak Kawsay In Situ (buena vida en el sitio natural/ lugar original), un lugar de investigación y monitoreo de herpetofauna.

Se ha creado el primer laboratorio molecular de genética en el territorio ecuatoriano, que con los nuevos adelantos tecnológicos y con el apoyo del voluntariado se realiza el proceso de recolección, extracción, amplificación y el ordenamiento de ADN de las diferentes especies, con una base de datos de información en la plataforma de forma secuencial, unificando la tecnología con la práctica en el laboratorio molecular de campo.

Como se observa en la Figura 3-2 el edificio de la fundación acoge a todo el voluntariado nacional e internacional con la finalidad de aprender y enseñar la importancia del cuidado de la fauna y del medio ambiente.



Figura 3-2: Edificio principal, planta baja talleres prácticos y espacio de trabajo general.

En la Figura 3-3 se identifican las diferentes características científicas que presenta la fundación Sumak Kawsay In Situ ubicado en el cantón Mera de la Provincia de Pastaza en Ecuador.



Figura 3-3: Información de voluntariado científico en SKIS.

3.3. Carta solar de la región Amazónica del Ecuador – provincia de Pastaza.

En el mapa solar del Ecuador se han registrado diferentes bases de datos por la (NSRDB) que es la base de datos nacional de radiación solar procedente de Estados Unidos en la que recoge información meteorológica con una serie de valores, ubicaciones, medidas y horarios variados de irradiación solar.

En la Tabla 3-1 se indican algunas características de irradiación solar de la zona oriental de nuestro país, ya que la presencia de la cordillera de los Andes ofrece variadas opciones de microclimas que pueden reducir el potencial de este recurso. Las zonas de mayor altitud son las que disponen de mayor nivel de radiación en vista que el espesor de la atmósfera y la menor presencia de nubes recibe mayor radiación mientras que las regiones más bajas como la costa y oriente reciben radiación baja, por la mayor cantidad de presión atmosférica y la presencia de nubes, además facilitan la capacidad de humedad en la zona o región.

Tabla 3-1: Características de irradiación solar del mapa de datos (Atlas, 2022)

Datos del mapa		por año		
Salida de potencia fotovoltaica específica	PVOUT específico	1086.9	(kWh/kWp)	
Irradiación normal directa	DNI	598.1	(kWh/m ²)	
Irradiación horizontal global	GHI	1320.6	(kWh/m ²)	
Irradiación horizontal difusa	DIF	895.3	(kWh/m ²)	
Irradiación inclinada global en ángulo	GTI opta	1320.2	(kWh/m ²)	
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	3/0		
Temperatura del aire	TEMPERATURA	17.3	(°C)	
Elevación del terreno	ELE	1263	(m)	

En la Figura 3-4 se observan datos interesantes del atlas solar mundial durante el recorrido del sol como es el horizonte del terreno, el área activa solar, tiempo solar (h) en la dirección que circula ya sea norte, sur, este, oeste indicando el grado de inclinación o azimuth solar.

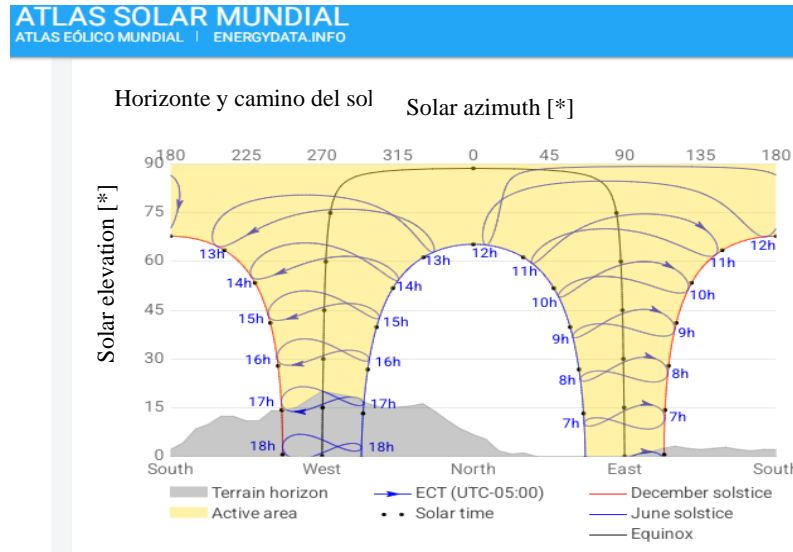


Figura 3-4: Datos de elevación solar y azimuth solar.

En la Figura 3-5 con la guía de la carta solar del mapa PVOUT se observa la cantidad de potencial fotovoltaico que puede proporcionar el sol en el promedio anual en (kWh/kWp).

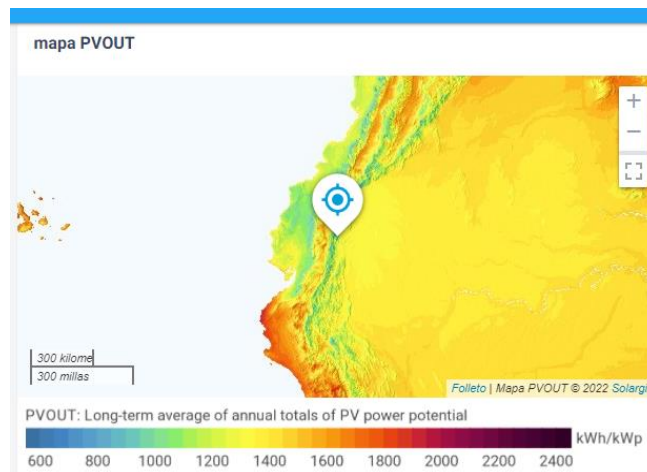


Figura 3-5: Promedios anuales del potencial fotovoltaico (kWh/kWp).

3.4. Efecto fotovoltaico

Es un proceso mediante el cual realiza una conversión de fotones de luz a electricidad, esta propiedad solo tienen algunos materiales con características de recibir fotones y emitir

electrones, la parte frontal del panel es de material de silicio boro, mientras que la parte opuesta del panel es de material silicio fosforo, que gracias a un conductor externo se conecta de la franja negativa a la positiva obteniéndose así un flujo de electrones o intensidad eléctrica que circula de la zona p hacia la zona n.

En la Figura 3-6 se observa que mientras exista luz, calor o energía lumínica los materiales reaccionarán como semiconductores y se obtendrá corriente eléctrica, notándose que su intensidad será proporcional de acuerdo con la cantidad de luz con que reciba la célula fotovoltaica. (HUACUZ, 1998)

Celda de silicio del panel solar fotovoltaico.

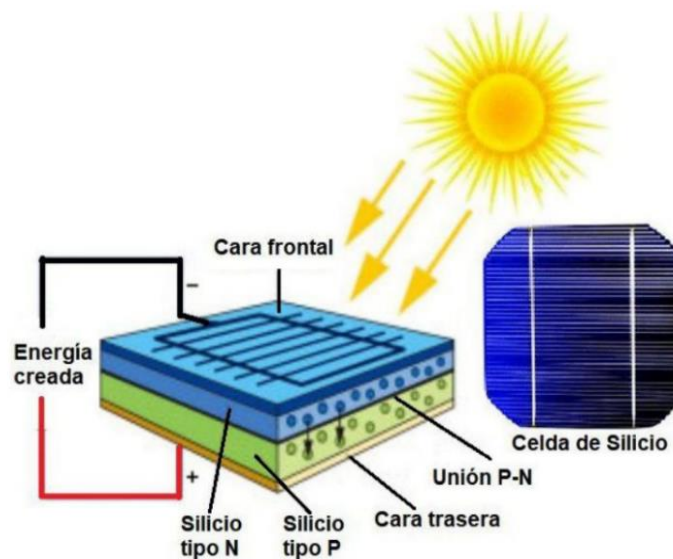


Figura 3-6: Efecto fotovoltaico de una célula solar de energías renovables.

3.5. Tipos de sistemas fotovoltaicos.

La tecnología solar fotovoltaica prácticamente consiste en obtener electricidad por medio de la conversión de la radiación de la luz o energía lumínica a través de una célula solar que es el elemento básico que produce el efecto fotovoltaico, beneficiando aquellos que no tienen acceso a la red eléctrica o para generar energía a la red convencional de ahí que se tiene dos sistemas fotovoltaicos, los autónomos y los conectados a la red.

En la fundación Sumak Kawsay In Situ se dispone un sistema solar fotovoltaico aislado ya que no tiene conexión con la red convencional.

3.5.1. Sistemas fotovoltaicos (SFV) autónomos

Son aquellos que se encuentran aislados a la red convencional con características propias como generar corriente eléctrica, este tipo de sistema requiere proveer de energía en la noche para lo cual debe almacenar dicha energía en baterías apropiadas para este encargo. El sistema aislado se utiliza para cubrir la demanda eléctrica que hay en las zonas o en lugares de difícil acceso que se encuentran distantes de la red pública, siendo confiable y económico.

En la Figura 3-7 se observa el esquema básico que presenta un sistema solar fotovoltaico autónomo.

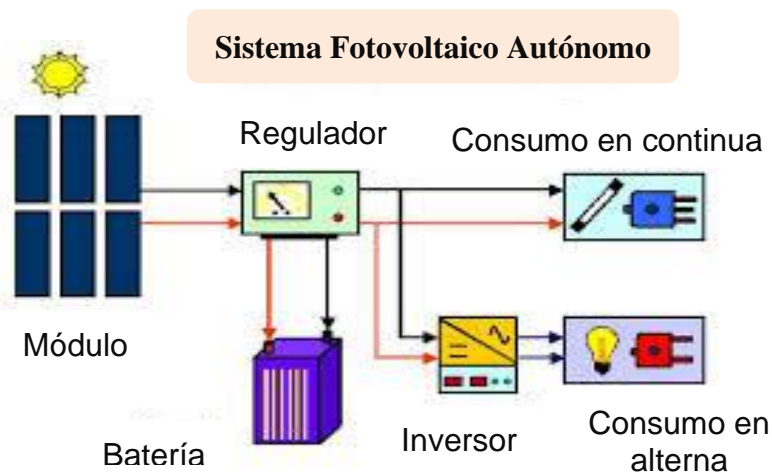


Figura 3-7: Esquema básico de sistema fotovoltaico autónomo.

La tecnología solar fotovoltaica al ser descentralizada tiene la facilidad de proveer energía en cualquier lugar con acceso a recurso solar para cubrir la demanda eléctrica en diferentes lugares como escuelas, viviendas, instituciones, fundaciones científicas entre otras.

El servicio energético es muy útil en el sector rural como por ejemplo en telecomunicaciones, radiocomunicación que puede transmitir desde cualquier lugar urbano o rural, en la navegación aérea, marítima, y terrestre teniendo una alta confiabilidad en

iluminación, meteorología, con señales de operación como en las plataformas petrolíferas, boyas marítimas, aproximación de aeropuertos, trenes y demás aplicaciones como protecciones de gaseoductos, tanques de almacenamiento entre otras aplicaciones.

3.5.2. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red convencional.

Prácticamente no necesitan de almacenamiento eléctrico en baterías, ya que se considera su acumulación de energía en la misma red eléctrica, estos sistemas FV se encuentran conformados por diferentes elementos constitutivos, tienen como finalidad principal masificar anualmente la obtención de energía eléctrica que es distribuida a la red convencional.

En la Figura 3-8 se aprecia un sistema fotovoltaico que se encuentra conectado directamente a la red pública por medio de un medidor de energía bidireccional de Baja Tensión.

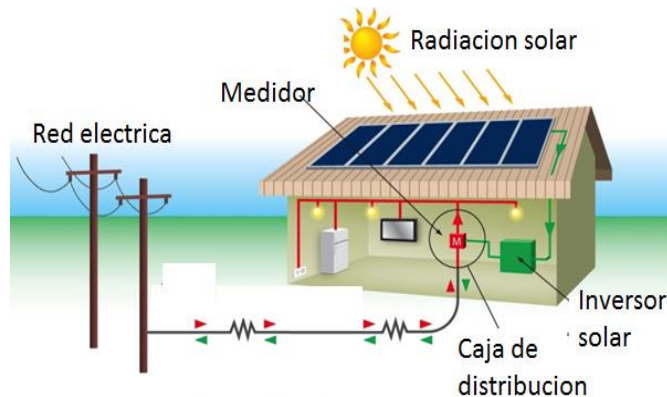


Figura 3-8: Sistema FV conectado a la red eléctrica convencional.

Los sistemas de centrales fotovoltaicos son prácticamente plantas de generación de energía eléctrica de corriente directa, servicio energético que funciona como una central de generación eléctrica convencional proporcionando todo su potencial a la red convencional, tomándose en cuenta que es una forma de aumentar la energía eléctrica en el medio en el que se desarrolla direccionalmente a una mejor forma de vida sin contaminar el medio ambiente.

Hoy en día las centrales fotovoltaicas tienen una construcción rápida debido a su facilidad de instalación y en un tiempo relativamente corto obteniendo así un generador FV, cuentan con una función especial que a más de generar corriente eléctrica también son utilizadas en disminuir la congestión de los picos de consumo eléctrico que paralelamente pueden ocasionarse con los picos de generación FV, en otras palabras servirán para mejorar la calidad de energía de la red convencional en lugares muy apartados o de difícil acceso, también pueden ser utilizadas en la generación controlada de energía reactiva. (ABELLA, 2005)

En la figura anterior se analiza que el sistema interconectado a la red por medio de paneles solares en donde el sistema se encuentra acoplado a la red pública demostrando que en unas ocasiones se utiliza la energía eléctrica de la red pública o convencional y en otras ocasiones del sistema de energía FV.

3.6. Sistema solar fotovoltaico de la fundación SKIS.

La fundación SKIS cuenta con un sistema solar FV aislado ya que en la zona no hay energía eléctrica conectada a la red convencional y este sistema FV aislado es la mejor forma de encontrarse integrado al normal desenvolvimiento de las actividades cotidianas en el sustento y desarrollo de la investigación científica de igual forma encontrarse en contacto con el mundo exterior por medio de las tecnologías de la información y la comunicación en todo momento a través de una fuente de generación FV autónoma o aislada.

3.6.1. Características del panel solar fotovoltaico.

Los colectores solares o módulos fotovoltaicos que en ocasiones toman el nombre de paneles solares se encuentran compuestos por un conjunto de celdas que a partir de la incidencia de la luz solar producen electricidad, la potencia pico estandarizada en condiciones normales se estima una radiación de $1000 \text{ (W/m}^2\text{)}$ con una temperatura de la celda de $25 \text{ (}^\circ\text{C)}$.

Por otra parte, al requerir una potencia más elevada que no pueda solventar un solo módulo fotovoltaico se deberá acudir a la realización de conexiones de varios módulos o paneles solares. El tiempo útil de un módulo solar es aproximadamente entre 20 a 30 años.

En la Figura 3-9 se analizan las diferentes partes que conforma el panel solar FV como parte fundamental de la transformación de energía solar a energía eléctrica.



Figura 3-9: Panel solar de la fundación SKIS.

En la Tabla 3-2 se identifican los valores de placa con las características del panel solar FV de la fundación SKIS como elemento fundamental de la transformación de energía solar a energía eléctrica.

Tabla 3-2: Datos técnicos del panel solar de la fundación SKIS.

MODELO: SPR-X21-345-COM

Potencia Nominal (Pmax) (+5/-3%)	345 (W)
Voltaje (Vmp)	57.3 (V)
Corriente (Imp)	6.02 (A)
Voltaje de circuito abierto (Voc)	68.2 (V)
Corriente de corto circuito (Isc)	6.39 (A)
Fusible de serie máxima	15 (A)

En la Tabla 3-3 se muestran los valores tensión del panel solar de la fundación SKIS.

Tabla 3-3: Datos técnicos de la tensión del panel solar SPR-X-21-345-COM.

Tensión del panel solar de SKIS. – MODEL SPR-X-21-345-COM		
Voltage de (Vpm)	57.3	(V)
Open-circuit-voltage (Voc)	68.2	(V)

En la Tabla 3-4 se muestran los valores de corriente del panel solar de la fundación SKIS.

Tabla 3-4: Datos técnicos de corriente del panel solar SPR-X-21-345-COM.

Capacidad de intensidad del panel solar de SKIS.

MODEL SPR-X-21-345-COM

<i>Current (Imp)</i>	6.02	(A)
<i>Short circuit current (Isc)</i>	6.39	(A)
<i>Maximum series fuse</i>	15	(A)

Se debe tomar en cuenta que la potencia nominal es inferior a la potencia máxima debido a que la potencia nominal (Wp) es la potencia a funcionamiento normal, mientras que al superar esta potencia se obtiene la potencia pico Pmax. La potencia máxima eléctrica que genera un módulo solar proviene de la potencia pico que en condiciones adecuadas y estandarizadas de medida producen este recurso. Dichas condiciones estándares (STC) corresponden a una temperatura entre 20 (°C) a 25(°C), irradiancia de 1000 (W/m²), (potencia de radiación electromagnética que recibe en la superficie del panel solar FV por unidad de área) y una masa o densidad del aire de 1.5 (g).

En la Tabla 3-5 se indica la potencia máxima del panel solar FV de la fundación SKIS indicando la temperatura, masa de aire y la incidencia solar en condiciones normales.

Tabla 3-5: Potencia del panel solar FV a condiciones STC.

Potencia del panel solar de SKIS.

MODELO- SPR-X-21-345-COM

Potencia nominal (P_{max}) ¹ (+5/-3%)	345	(W)
Temperatura	25°	(°C)
<i>Standard test conditions</i>	1000	(W/m ²)
Masa del Aire	1.5	(g)

3.6.2. funcionamiento del regulador

Tiene por misión controlar el nivel de carga del acumulador de energía (batería), el regulador al ser un elemento fundamental este certifica su carga exacta beneficiando así la autonomía del acumulador.

Este elemento se ubica entre el panel solar y la batería controlando así el flujo de energía entre estas dos secciones, además de la intensidad y el voltaje por el tiempo que dure la carga respectiva.

Cabe indicar también que un regulador protege de las posibles sobrecargas y voltajes inesperados que puedan ocasionarse y dañar el buen funcionamiento de la batería que se encuentra en carga (Fernandez, 2017)

En la Figura 3-10 se muestra el controlador de carga solar con sus características propias como parte del sistema solar FV de la fundación SKIS.

Regulador o controlador de carga solar.



Figura 3-10: Controlador de carga solar.

En la Tabla 3-6 se muestran las características del controlador de carga MPPT 75 (V) I 15(A) que controla la sobre carga y mejora el rendimiento de la energía de forma rápida, evitando los cortos circuitos en la salida y la descarga parcial de la batería.

Tabla 3-6: Datos del controlador de carga MPPT.

CONTROLADOR DE CARGA	MPPT 75 (V)	I 15 (A)
Batería	12V / 24(V)	I 15(A)
Panel FV	75 V max	I 15A
Fusible	-	I 20A

3.6.3. Funcionamiento de la batería.

Luego del proceso de generación de energía se necesita concentrar ésta, lo cual se realiza mediante un sistema de baterías, de esta forma la energía acumulada durante el día se podrá consumir durante la noche obteniendo de esta forma una carga y descarga en la batería durante el día y la noche respectivamente. Las baterías o acumuladores se encuentran normalmente en sistemas autónomos FV, se pueden utilizar también en elementos estabilizadores tanto de voltaje como de corriente y para suministrar en los picos de corriente.

Por lo general en los sistemas FV se emplean baterías de plomo ácido (Pb-a), plomo calcio (Pb- Ca), plomo antimonio (Pb-Sb) que se acoplan bien en el sistema de panel solar FV, por cuestión de coste la batería de níquel cadmio (Ni-Cd) no es muy utilizada en los módulos FV.

En la Figura 3-11 se muestra la parte frontal del acumulador de energía con el número de serie, voltaje, amperios hora (AH) con identificación del cuidado con el que se debe manejar este elemento. En la placa característica se observan detalles propios de la batería.



Figura 3-11: Batería de plomo sellada.

En la Tabla 3-7 se identifican los valores técnicos de la batería LPS12-170FT de LEOCH utilizada en el sistema solar FV de la fundación SKIS.

Tabla 3-7: Datos característicos del acumulador de energía Pb.

BATERÍA - LPS12-170FT			
<i>Leoch International Technology Limited.</i>			
Tecnología	Sistema de Almacenamiento	de Plomo Ácido (AGM)	Material de vidrio absorbido
Capacidad Nominal:	91,1 - 173 (Ah)	Pb- batería de plomo sellada	Almacenamiento autónomo
	Voltaje nominal	12(V)	
	Capacidad Nominal	91.1(Ah@1hr) – 173(Ah@100hr)	
Datos Eléctricos	Corriente Máxima de Descarga	1500 (A)	Batería de Pb
	Resistencia Interna	3.5 (mΩ)	
Parámetros de Temperatura	En carga -0 a +40 (°C)	En descarga -15 a +50 (°C)	En almacenamiento -15 a +40 (°C)
La característica de la batería AGM (<i>Absorbed Glass Material</i>) es que se encuentra totalmente sellada, en el interior se encuentran separadores de fibra de vidrio que absorben a los electrolitos, además en su interior se halla cubierta de ácido sulfúrico líquido.			

3.6.4. Funcionamiento del inversor.

La Figura 3-12 indica al inversor de corriente de la fundación SKIS tomando en cuenta que es un dispositivo que convierte la corriente continua que proviene del generador o módulo FV en corriente alterna (DC/AC), para posteriores cargas de utilización.

El inversor en un sistema autónomo se encuentra conectado directamente a la batería, en nuestro caso en un inversor monofásico de 60(Hz) es decir de pocos voltios de entrada

convierte a 110 (VAC) de salida, puede estar conectado a varios consumidores de energía eléctrica a la vez. (ABELLA, 2005)



Figura 3-12: Inversor del sistema solar FV de la fundación SKIS.

3.6.5. Elementos de carga, comunicación y audio visuales.

El sistema fotovoltaico de la fundación SKIS abastece algunas cargas básicas de iluminación y de comunicación como se indica en la Tabla 3-8.

Tabla 3-8: Tabla de consumo de potencial diario.

Nombre del elemento	Máximo consumo de potencia	Horas de consumo diario	Número de elementos	Potencia total del elemento	Energía total de consumo diario / (Wh)
Lámparas LED	10 (W)	2 (h)	3	30 (W)	60 (Wh/día)
Router de internet	9 (W)	1(h)	1	9 (W)	9 (Wh/día)
Microscopio	55 (W)	1 (h)	1	55 (W)	55 (Wh/día)
Computador portátil laptop	44.85 (W)	2 (h)	1	89.7 (W)	89.7 (Wh/día)
Cocina eléctrica	1100 (W)	0.10 (h)	1	110 (W)	110 (Wh/día)
Cargador celular	7.5 (W)	1 (h)	2	15 (W)	15 (Wh/día)
Mini centrífuga	220(W)	30(seg)/ 0.008 (h)	1	1.76 (W)	1.76 (Wh/día)
		6:10:30"	10	310.46(W)	340.46/
TOTAL					345(W)

3.6.6. Elementos adicionales, protección, conductores.

Todo sistema solar FV tiene incluido una unidad de protección y control que protege a todo el sistema, y para una mejor seguridad se puede contar con protecciones externas como desconectadores térmicos, relés, fusibles que protegerán a los diodos y a las altas tensiones que puedan presentarse tanto en corriente continua como en corriente alterna.

En la Figura 3-13 se identifican los diferentes elementos de protección que se utiliza en el cuadro eléctrico del sistema solar fotovoltaico de la fundación SKIS.



Figura 3-13: Elementos de protección del sistema fotovoltaico.

Los conductores utilizados en el sistema FV deben cumplir con normativas técnicas del Código Nacional de Electricidad (CNE) la norma internacional IEC 60811 (Comisión Electrotécnica Internacional) / UNE (Una Norma Española) EN (Norma Europea 60811-403) (ensayo del aislamientos y resistencia al ozono en conductores eléctricos) (VALDIVIEZO PAUL, s.f.)

En la Figura 3-14 se observa que se ha utilizado un conductor multipolar ST-THHN que es un cable de cobre de temple suave trenzado de material termoplástico de buena resistencia a la humedad y al calor con recubrimiento de policloruro de vinilo (PVC) y poliamida (nylon) utilizado desde la salida de los elementos de protección hacia los

elementos de protección de la carga de la fundación SKIS. En el conductor viene impresa las características técnicas de soporte eléctrico.



Figura 3-14: Conductor multipolar ST-THHN.

CAPITULO IV

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Plan de Mantenimiento en sistemas FV preventivo.

Un sistema solar fotovoltaico es un conjunto de elementos eléctricos y electrónicos que en combinación generan energía eléctrica a lo cual es aconsejable realizar un mantenimiento constante con la finalidad de prolongar el tiempo de vida útil de servicio, en el cual se debe revisar individualmente los componentes y elementos del sistema garantizando el tiempo requerido de servicio de este recurso.

El mantenimiento preventivo del sistema solar fotovoltaico de la fundación SKIS es una actividad imprescindible que tiene como objetivo alcanzar el máximo rendimiento y aumentar el tiempo útil de trabajo. Se disponen generalmente dos tipos de mantenimiento: el preventivo y el correctivo.

El mantenimiento preventivo tiene como finalidad evitar que no se produzcan fallas ni averías en el sistema FV, es decir, se trata de prevenir las posibles emergencias que pueden presentarse en un módulo FV aumentando el recurso técnico del sistema. Este tipo de mantenimiento tiene un costo tanto en tiempo como en dinero, el mantenimiento preventivo muestra beneficios como detectar al mínimo los puntos muertos ocasionados por parada.

El precio se eleva por las reparaciones mientras que cuanto más mantenimiento tenga bajará considerablemente el coste por reparación, es decir dependiendo de las condiciones de la zona geográfica en la que se encuentre el sistema solar FV, sierra, costa y oriente, de acuerdo con los escenarios locales como polvo, arena, lluvia, musgo, hojas de árboles entre otros, siendo el fabricante el más calificado de indicar el tipo de mantenimiento que debe llevarse a cabo.

El mantenimiento correctivo se pondrá en marcha luego de presentada la avería o falla que se presente en sistema, en estas circunstancias se puede llegar a la sustitución del elemento

averiado a lo cual primeramente se debe localizar e identificar el defecto para inmediatamente repararlo ya que el factor tiempo no se puede desperdiciar, es muy importante no posponer el trabajo que se presentará porque influirían en gastos significativos por la reparación o sustitución de diferentes elementos del sistema solar FV.

Para el sistema solar FV de la fundación SKIS es muy importante instruir cuidadosamente a los usuarios que serán los encargados de realizar este tipo de mantenimiento preventivo, por ello es fundamental contar con un manual de usuario o llamado también manual de mantenimiento, este tiene por finalidad enseñar al beneficiario sobre cómo operar y realizar el mantenimiento en el sistema con las debidas limitaciones y en el caso de mayor complejidad lo realizará un técnico especializado en el tema.

4.1.1. Mantenimiento Frecuente (mensual).

En estas circunstancias debe realizarse una supervisión visual:

- Revisar que el panel solar no se encuentre bajo sombras, obstáculos, materiales peligrosos o raros como árboles, arbustos, hojas de los árboles que se posan sobre el panel.

En la Figura 4-2 se observa que no haya ningún tipo de obstáculo que impida el correcto ingreso de la radiación solar hacia el panel FV.

Observación directa que no haya obstáculos.



Figura 4-2: Panel FV libre de impedimento de radiación solar.

- Inspección constante que el cristal del panel no esté roto o trizado.
- Fijarse que los tornillos y tuercas estén ajustadas con la finalidad de que no pierdan la dirección y equilibrio respectivo del panel.
- Percatarse que el panel frontal del módulo solar no esté en contacto con elementos cortantes o afilados.
- Verificar que no haya daños por la presencia de roedores o por alguna otra clase de fauna que perjudiquen la instalación.

En la Figura 4-3 se puede constatar y verificar la inspección minuciosa que se realiza en comprobar que las instalaciones se encuentren en perfecto estado libre de daños ocasionados por la fauna del sector.



Figura 4-3: Inspección de las conexiones eléctricas del sistema FV.

- Descartar rastros o indicios de quemaduras de la parte posterior del panel solar.
- Inspeccionar que las barras colectoras que están en las placas o células del panel no presenten indicios de corrosión, que pueden originarse por la presencia constante de la humedad que se filtra a las placas encapsuladas por una mala maniobra o por falla en el transporte.
- Revisar que las conexiones estén libres de oxidación, abrasivos, suciedad, acumulación de insectos y que se encuentre bien limpias y ajustadas.

4.1.2. Mantenimiento Temporal de instalaciones (trimestral)

- Se realizarán inspecciones cada tres meses con cámaras termográficas con la finalidad de asegurar que no haya puntos fuera de la temperatura normal en el panel y que estén dentro de la escala permitida por el fabricante, tomando especial atención en la región donde exista mayor afluencia de calor.

En la Figura 4-4 se puede apreciar que la temperatura del panel solar FV esté dentro de los parámetros indicados por el fabricante.



Figura 4-4: Medición de la temperatura del panel solar FV.

- Para determinar los defectos o fallos que se puedan producir en los paneles o módulos FV, se debe aplicar la tecnología termográfica que consiste en utilizar un dron para medir la temperatura a distancia sin tener contacto humano con los módulos obteniendo resultados por intermedio de la intensidad y radiación infrarroja que reflejan los materiales como; módulos sin conexión o que presentan fallas, puntos calientes por falta de ajuste conductores, cortocircuitos, tomas y cables calientes o sobrecalentados.

4.1.3. Mantenimiento Ideal (semestral).

Tiene como finalidad revisar con mayor frecuencia todo el cableado y conectores del módulo solar fotovoltaico.

- Revise el módulo FV para ver si presenta indicios de fallo o desperfectos.
- Examine los conductores que no presenten deterioro por la presencia de insectos o roedores.
- Compruebe que no haya aberturas o hendiduras en la caja de conexiones.

- Cerciórese que en los conductores no haya corrosión y estén fijas las conexiones.
En la Figura 4-5 se puede indicar que los diferentes conductores y conexiones se encuentren libres de corrosión o de falso contacto.



Figura 4-5: Comprobación del correcto estado de los conductores.

- Inspeccione que la toma a tierra este correctamente ejecutada.
- La limpieza se ejecutará con agua, libre de elementos tóxicos o abrasivos que puedan rayar o dañar el vidrio protector del panel.
- Retire musgo, acumulación de polvo, insectos, hojas de árboles que permitan la captación normal de radiación solar hacia el panel solar FV.

En la Figura 4-6 se puede indicar la forma de limpiar el panel FV retirando los diferentes obstáculos que se encuentren pegados en el panel con la finalidad de evitar daños colaterales como rayar o trizar el vidrio protector del panel solar, suavemente libre de abrasivos.



Figura 4-6: Limpieza del panel FV sin dañar la superficie del vidrio protector.

- No utilice herramientas cortopunzantes en la limpieza esto puede dañar la superficie del panel FV.
- Revise que no ingrese agua lluvia al interior del módulo FV.

En la Figura 4-7 se muestra la forma sensible de limpiar la parte frontal del panel solar fotovoltaico con mucho cuidado de no rayar el cristal o de causar algún tipo de avería.



Figura 4-7: Mantenimiento preventivo (limpieza) del panel solar FV.

4.1.4. Mantenimiento General (anual).

Este tipo de mantenimiento preventivo lo debe realizar personal calificado que tenga conocimientos sobre los módulos fotovoltaicos, el mismo debe seguir un orden específico según el Real Decreto 1183/2020.

- Comprobar la potencia del módulo solar fotovoltaico.
- Verificación y detección del cambio real en que se encuentran los módulos con fallas de acuerdo con el valor inicial del panel.
- Comprobar los diferentes tipos de conexiones al igual que verificar el estado en que se encuentran cada uno de ellos.
- Observar que los valores establecidos por el panel se encuentren correctos: Voc (voltaje en circuito abierto), Isc (intensidad por corto circuito, Im en una situación no buena), Vmax /Vm/Vmp (tensión obtenida en el punto de máxima potencia) e Imax /Im/Imp (intensidad de corriente máxima).

En la Figura 4-8 se puede apreciar los valores de voltaje que no excedan del rango normal indicado por el fabricante con un voltímetro digital.



Figura 4-8: Revisión de valores de tensión DC/AC (V).

En la Figura 4-9 se puede identificar la medición de los valores de la carga por medio de una pinza amperimétrica digital y con estos dos factores de corriente (tensión, intensidad) ya podemos obtener la potencia requerida.

La medición con la pinza amperimétrica se lo hará línea por línea.



Figura 4-9: Medición de carga con una pinza amperimétrica (A).

- Verificación de los diferentes elementos auxiliares como los anclajes de la estructura de apoyo.

- En los módulos FV la limpieza se realizará con agua, libre de agentes abrasivos que puedan rayar o dañar el vidrio protector del panel.
- Revise la presencia de puntos calientes en los diferentes elementos del módulo solar FV.

4.5.1. Mantenimiento en el inversor.

Observar en qué condiciones se encuentra el inversor:

- El funcionamiento del inversor no debe ser ruidoso o con un olor extraño.
- Las lámparas de señalización del inversor deben estar encendidas correctamente sin parpadear.
- Revisar el indicador luminoso, led color rojo señala batería descargada, (reducir al máximo el consumo) y led color verde próximo a la carga total, (sin restricción de consumo).

En la Figura 4-10 se puede distinguir el funcionamiento adecuado del inversor de corriente, brindando un desempeño energético de acuerdo con las características del fabricante.



Figura 4-10: Revisión del funcionamiento adecuado del inversor de corriente.

- Si sólo se enciende la luz roja se debe esperar un tiempo prudente a que se cargue la batería por medio del módulo solar.

- En caso de no encenderse las lámparas indicadoras revisar el fusible, que puede estar quemado, de estar dañado remplazarlo.
- Si todas las lámparas indicadoras y las luminarias de carga no se encienden luego de su revisión minuciosa, toca remplazar el equipo por otro similar.
- En caso de presentar alarma el inversor revisar el sistema.
- Verificar el correcto funcionamiento de los elementos de protección frente a los diferentes tiempos de actuación y defecto de aislamiento que se presente en el sistema.
- Comprobar las paradas y arranques en diferentes tiempos para observar el buen funcionamiento del equipo.
- Realizar diferentes tipos de pruebas eléctricas:
 - V_{in} , (tensión de entrada del convertidor de CC/CC),
 - I_{in} , (intensidad de entrada del convertidor de CC/CC),
 - I_{out} , (intensidad de salida).
 - V_{red} (tensión de red).
 - F_{red} (frecuencia de red).
 - Rendimiento (capacidad de la energía eléctrica procedente del módulo FV)
(Antolín del Valle, 2019)

4.1.6. Mantenimiento de conductores, elementos de protección, módulo solar FV.

- Comprobación de la acción mecánica y la conservación que presentan los conductores del sistema FV.
- Revisión del ajuste adecuado de elementos sueltos de los diferentes terminales de los conductores con el equipo.
- Inspección de los diferentes puntos de unión de la toma a tierra con el borne del electrodo.
- Verificación de la correcta instalación montaje de pletinas, ventiladores, uniones, transformadores, extractores entre otros.
- Aprobación de la limpieza de los conductores del sistema FV (libres de suciedad, polvo, musgo, humedad).

- Revisión de todos los conductores del módulo FV que estén sin corrosión o deterioro total o parcial.
- Análisis y prueba de continuidad de las diferentes conexiones de los conductores que intervienen en el sistema FV.
- Verificación del estado en que se encuentran los elementos de protección del módulo solar FV (breaker, fusibles).

En la Figura 4-11 se indica que los elementos de protección (Breaker o térmicos) estén bien sujetos en el riel din que se encuentra en la base de la caja de protección y revisar que los conductores se encuentren bien ajustados en los tornillos del breaker para que tengan un buen punto de reacción en el caso de requerirlo.

Verificando que los elementos de protección estén libres de humedad y corrosión.
Observando que los breakeres reacciones normalmente.



Figura 4-11: Verificación del paso de energía a través del breaker.

- Revisión del buen estado de los transformadores de intensidad del conjunto de protección.
- Supervisión interna de la caja protección del módulo del sistema FV.
- Control del trabajo que realizan los relés de protección en los módulos FV.
- Garantía del buen funcionamiento de los elementos de conexión/desconexión.
- Comprobación de las medidas de toma a tierra del módulo solar FV.

- Emplazamiento y lubricación de los diferentes accionamientos de recorrido mecánico del sistema FV.
- Revisión de pernos y tornillos para una buena sujeción del sistema solar FV.

En la Figura 4-12 se puede observar la verificación y ajuste de los pernos que sujetan el mástil con el panel solar FV utilizando las herramientas adecuadas para este fin.



Figura 4-12: Verificación del ajuste del mástil y el panel solar.

4.1.7. Mantenimiento Permanente (semanal)

- Realizar la limpieza del sistema solar especialmente en las primeras horas de la mañana o al final del día en la última hora de la tarde con la finalidad de evitar posibles desprendimientos de corriente y choques térmicos, siendo el momento ideal puesto que el nivel de radiación emitida por el sol es relativamente bajo y los paneles en ese momento poseen una temperatura inferior, prácticamente no están calientes.
- El depósito de polvo y suciedad especialmente en la parte frontal dan ocasión a la disminución de la potencia, limpiar los paneles constantemente, acatando a las diferentes circunstancias que puede ser con mayor frecuencia, use con un paño suave y seco dependiendo de la situación puede ser húmedo, no es recomendable utilizar el agua con alto contenido de minerales ya que puede rayar la superficie del cristal del panel FV.

En la figura 4-1 se advierte que el panel FV no debe estar caliente y revisar que no presente indicios de ruptura para proceder a dar mantenimiento preventivo de acuerdo con lo indicado por el presente manual.

Indicaciones del mantenimiento básico en el panel solar FV.



Figura 4-1: Aspectos básicos antes del mantenimiento en el panel FV.

- En caso de mostrar el panel roto o con signos de exposición de corto circuito no intentar dar mantenimiento porque puede presentar riesgo de descarga.
- En ninguna circunstancia dar mantenimiento con elementos o materiales abrasivos ya que puede dañar el panel.

4.1.8. Mantenimiento y revisión de aislamientos.

- Revisión de los diferentes puntos de unión (conectores, auto fundentes).
- Verificar que todos los elementos fijos y móviles del módulo solar tengan su respectivo aislamiento.
- Comprobación del buen funcionamiento del contador de energía.
- Verificación del consumo energético con respecto a la lectura del contador de energía.

En la Figura 4-13 se puede identificar el normal funcionamiento del contador de energía indicando la cantidad de carga consumida en la fundación.

Lectura normal del contador de energía del sistema FV de la fundación SKIS.



Figura 4-13: Verificación del estado y consumo del contador de energía.

4.1.9. Mantenimiento y revisión del soporte del sistema fotovoltaico.

- Revisión detallada de la estructura general del soporte de apoyo del módulo FV.
- Observación de la presencia del mal acople y de la oxidación al soporte del módulo.
- Comprobación de una buena base del anclaje del soporte de apoyo del panel solar fotovoltaico al terreno.
- Detección del buen estado de los pernos y tornillos que componen el sistema FV (Orbegozo, 2010)

En la Figura 4-14 se indica la revisión de las estructuras y bases que soportan al panel solar FV comprobando que no haya corrosión en los soportes pernos y anclajes.

Base de la estructura del panel sola FV de la fundación SKIS



Figura 4-14: Verificación del estado soportes y anclajes del panel FV.

4.1.10. Mantenimiento predictivo en paneles solares FV.

El mantenimiento predictivo que se ha realizado en el sistema solar FV de la fundación SKIS tiene como finalidad de anticiparse a los posibles fallos que puedan presentarse en los diferentes componentes del sistema solar FV, se debe evitar que estas averías se vuelvan realidad, para esto será necesario realizar actividades conjuntas con acciones preventivas que lleven un registro histórico, con pruebas de seguimiento y monitoreo de los distintos elementos que componen el módulo solar FV.

4.1.11. Mantenimiento correctivo en paneles solares FV.

Prácticamente son actividades no programadas que se realizan en el sistema solar FV de la fundación SKIS que luego de un evento o fallo tienen como función especial corregir dicha falla, aplicando directamente la operación donde no afecte la producción y el costo sea relativamente bajo si se lo compara con las actividades del mantenimiento preventivo.

En el mantenimiento correctivo se corre el riesgo de no tener los repuestos a disposición, acortándose el tiempo útil del panel solar FV además del costo que contiene la reparación, la falta de repuestos y sobre todo el tiempo que se demore en la reparación conduciendo a pérdidas en la producción del insumo energético. (Novoa Guamán, 2015)

4.2. Recomendaciones del Plan de Mantenimiento.

- No intervenga en el equipo, tener cuidado y precaución (sólo personal calificado).
- No retirar el inversor del módulo, la batería puede presentar anomalías.
- El inversor debe estar en un lugar seco, ventilado libre del agua.
- En ningún caso forcejee o abra el interior del equipo regulador.
- Precaución con el manejo del regulador ya que controla el funcionamiento del sistema.
- La batería debe tener buena carga para que funcione correctamente el regulador.

- Gran parte de las averías que se producen en el panel solar son por no conectar correctamente entre el regulador de carga y el panel solar, por esta razón se sugiere guiarse de las instrucciones del fabricante.

4.3. Seguridad industrial en el mantenimiento eléctrico de módulos solares.

En todo tipo de instalaciones y mantenimientos eléctricos es recomendable realizar diferentes tareas o actividades eléctricas de rutina como las inspecciones, mediciones, registros de datos entre otros que minimicen el riesgo eléctrico a lo cual es imprescindible la utilización del equipo de protección personal (EPP) dependiendo el tipo de trabajo, de igual manera se utilizará los ESE (elementos de seguridad eléctrica) con la finalidad de reducir los riesgos eléctricos al igual que pérdidas humanas, materiales con consecuencia a costos de terceros.

Utilizar normas para la seguridad eléctrica en los lugares de trabajo NFPA70E y el reglamento de seguridad del trabajo contra riesgos en instalaciones de energía eléctrica (Acuerdo No. 013) Ecuador.

En el Art. 8 del reglamento de seguridad de trabajo indica la utilidad del EPP en las diferentes características de instalación y mantenimientos eléctricos (nueva-iso-45001.com).

En el Art. 9 sobre Electricidad Estática se establece que, en las cargas susceptibles de generación o acumulación de cargas electrostáticas, se adoptarán alguna de las siguientes medidas:

- Humidificación o humedad al ambiente a niveles apropiados.
- Conexión eléctrica de los elementos conductores entre sí y a tierra.

En el Art. 14 sobre Intervención en instalaciones eléctricas energizadas se menciona:

- Se utilizarán herramientas, equipos de protección con aislamiento, técnicas de utilización y procedimiento de trabajo concordantes con el valor de la tensión de servicio de la instalación en la que se va a intervenir. (Bajaña, 2011)
- Utilice todo el tiempo su EPP y el ESE para evitar todo riesgo eléctrico.
- Es de vital importancia utilizar las herramientas adecuadas que tengan un buen aislamiento y que se encuentren libres de grasa, polvo, humedad entre otros.
- Evitar la manipulación innecesaria del panel o módulo solar.
- Tener cuidado con la superficie del panel FV, el vidrio y el marco protector pueden estar a temperaturas altas además de posibles descargas eléctricas.
- Igual que en una instalación eléctrica no realizar el montaje de módulo FV en condiciones de viento, neblina, nieve o lluvia.
- Si el módulo FV se encuentra totalmente mojado no realice trabajos es importante evitar posibles descargas eléctricas.
- Tener mucha precaución al momento del montaje, de no romper el vidrio frontal y protector del panel FV.
- Estar fuera del alcance de posibles gases contaminantes ambientales que pueden dañar el sistema solar FV.
- El conductor que sale del panel solar debe ir sujeto (firme) al marco o estructura con la finalidad de no golpear ni raspar al panel solar FV.
- Compruebe que todos los conectores y conexiones estén bien ejecutadas en el sistema FV.
- No manipular la caja de conexiones ni los finales de los conductores al momento del montaje, indistintamente que esté conectado o no el módulo FV.
- Cualquier carga que se ponga sobre el panel frontal puede ser causa de daños en la superficie y el marco del módulo.
- Golpear y torcer el panel pueden ser causa de ruptura de la superficie del panel FV.
- No realice orificios en la estructura o marco del panel para evitar la humedad, se puede dañar el panel.

4.4. Equipos y materiales.

En esta investigación se utilizará la técnica ocular, en la observación se tomará en cuenta que es una ventaja activa en la adquisición de conocimientos sobre el comportamiento no solo de las condiciones atmosféricas del sector sino también de las características de la radiación solar que llega a los paneles solares fotovoltaicos para la producción de energía.

4.4.1. Equipos.

En la Tabla 4-1 se muestran los diferentes equipos empleados en el desarrollo del plan de mantenimiento en la fundación SKIS. Cabe resaltar que estos equipos son fundamentales para la toma de datos del sistema de generación fotovoltaica y posteriormente obtener los respectivos resultados.

Tabla 4-1: Equipos utilizados en la investigación

EQUIPOS UTILIZADOS			
Nº-	Elemento	Función	Unidad de medida
1	Carta solar de la región	Ubicación geográfica	(Km / m ²)
2	Piranómetro solar	Radiación solar	(W/m ²)
3	Amperímetro	Medir intensidad	(A)
4	Voltímetro	Medir tensión	(V)

Figura 4-15 se indica el funcionamiento del piranómetro en la medición de la radiación solar en vatios sobre metros al cuadrado, de forma directa a la irradiación solar. El piranómetro debe estar libre de obstáculos para realizar la medición de radiación solar.



Figura 4-15: Piranómetro en medición de radiación solar (W/m²).

En la Figura 4-16 se indica el funcionamiento del amperímetro en la medición de la carga que tiene la fundación SKIS, reflejando el valor de consumo de los diferentes elementos eléctricos básicos que tiene la fundación.



Figura 4-16: Medición de carga con el amperímetro (A).

En la Figura 4-17 se observa el funcionamiento del multímetro en la función de voltaje en corriente continua, obteniendo este resultado a la salida del panel solar FV ya que tiene una capacidad máxima de voltaje de circuito abierto (Voc) 68.2 (V).



Figura 4-17: Medición de tensión en corriente continua CC.

4.4.2. Materiales.

En la Tabla 4-2 se detalla la utilidad y empleo de los diferentes materiales que se han usado en el mantenimiento preventivo del sistema fotovoltaico de la fundación SKIS.

Tabla 4-2: Materiales utilizados en el mantenimiento del sistema FV

MATERIALES EMPLEADOS		
N°-	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Paño húmedo	Limpieza de panel solar
2	Franela	Limpieza del sistema FV
3	Brocha	Limpieza del sistema FV
4	Agua limpia	Limpieza frontal del panel solar
5	Jabón líquido	Limpieza libre de abrasivos
6	Terminales de ojo de varias medidas.	Acoplar al conductor con el elemento
7	Cinta plástica de aislar	Evitar corrosión

4.4.3. Herramientas.

El empleo y utilidad básica de cada una de las herramientas debe ser la específica para determinado fin, así se evitarán daños a los diferentes elementos y acoples que intervienen en el sistema solar FV.

En la Tabla 4-3 se identifican las funciones de cada una de las herramientas empleadas, que se ha utilizado en el mantenimiento preventivo del sistema solar FV.

Tabla 4-3: Herramientas empleadas en el sistema solar FV

N°-	HERRAMIENTA	FUNCIÓN
1	Pinzas de electricista	
2	Pinzas mecánicas	Cortar, sujetar, doblar, jalar y enrollar cables y alambres.
3	Pinzas para terminales	
4	Pinzas de punta	

5	Llaves de boca mixtas	Aflojan o ajustan tornillos y tuercas cuadradas o hexagonales.
6	Desarmadores estrella	Herramienta manual que ajusta o afloja
7	Desarmadores planos	tornillos.

En la Figura 4-18 se indica las herramientas y equipos básicos utilizados en el mantenimiento preventivo del panel solar FV de la fundación SKIS.



Figura 4-18: Herramientas y equipos empleados en el mantenimiento preventivo.

4.5. Autonomía del sistema solar fotovoltaico

La autonomía en un sistema FV, tiene relación con las horas y días durante las cuales puede funcionar el sistema con un nivel de radiación solar bastante reducido (incluso nulo), tomando en cuenta que debe abastecer la demanda eléctrica establecida en todo momento gracias a la energía almacenada en la batería. Un correcto mantenimiento del sistema permitirá que este pueda funcionar de forma adecuada cumpliendo con su tiempo de vida útil.

Se debe tomar en consideración que la energía eléctrica generada viene delimitada por las diferentes características que se presenten en el sitio de la fundación SKIS, con condiciones indeterminadas por el clima (cantidad de radiación solar que se incida en el panel solar) y por la operatividad en el abastecimiento eléctrico, es decir de acuerdo al reparto de servicio que el sistema está prestando, llegando a tener una variación de dos a tres horas definidas de tiempo en su independencia energética.

Se ha tomado en cuenta que se debe revisar el sistema solar FV antes de su funcionamiento ya que su autonomía también depende de la capacidad que tiene el acumulador de energía y del consumo al mínimo, que puede ser para cargas de comunicación o iluminación.

La autonomía también es reflejada en la operatividad de los diferentes elementos de carga que presenta la fundación SKIS, tomando en cuenta que hay días nublados en donde se hace presente la autonomía energética del acumulador del sistema solar FV beneficiando a la fundación en no quedarse sin servicio energético, se ayudará en la autonomía energética cuando no exceda de la carga habitual y en las horas de uso diario de frecuencia es decir manteniéndole con una carga normalmente estable para que pueda soportar el potencial acumulado de la batería, como se indica en el literal siguiente el potencial que tiene el acumulador de energía luego de haber realizado un mantenimiento preventivo en el sistema solar FV.

4.6. Potencial generado por el sistema FV de la fundación SKIS.

Las mediciones obtenidas del potencial generado por el panel solar fotovoltaico de la fundación Suma Kawsay In Situ, ha identificado la importancia de realizar periódicamente un mantenimiento preventivo tomando en cuenta que por lo general en el Oriente se dispone de un clima nublado y lluvioso y al obtener una mayor cantidad de incidencia de radiación solar, es de vital relevancia que el sistema se encuentre en condiciones óptimas para abastecer la carga eléctrica establecida.

Como se indica en la Tabla 4-4 los datos se han tomado en referencia desde la mañana, es decir cada hora se han tomado lecturas iniciando desde las 11:00 hasta las 16:00. Antes de realizar el mantenimiento se tiene una radiación de $71.2 \text{ (W/m}^2\text{)}$ con una tensión de salida del panel de 59 (VCC) y en la batería presenta una acumulación de 24 (V) luego del mantenimiento y después de una hora se han realizado nuevamente mediciones de radiación solar, tensión de salida del panel al igual que en el acumulador presentando un aumento de tensión generada por el panel.

Al transcurso de las 13:00 se incrementó la incidencia solar por lo que se obtuvo una tensión mayor del panel y de la tensión acumulada en la batería Pb. Como se indica en la Tabla 4-4 se ha tomado en referencia las horas del mediodía ya que llevan mayor incidencia solar en el panel solar fotovoltaico favoreciendo la investigación planteada.

Se puede identificar que a medida que pasa el tiempo aumenta la acción radiactiva sobre el panel solar aumentando el potencial energético con una estabilidad parcial en el acumulador de energía partiendo desde los 24 (V) hasta un máximo de 25.4 (V) en un tiempo de cinco horas con una hora de intervalo entre medidas indicando así que luego de un mantenimiento si es posible obtener una mejor incidencia radioactiva en el panel FV optimizando el tiempo de acumulación energética y obtener una mejor autonomía energética en el sistema del panel solar FV.

Tabla 4-4: Potencial generado por el sistema FV de la fundación SKIS.

Potencial generado por el panel FV fundación SKIS					
04/07/2022					
	Orden	Hora	Radiación solar (W/m²)	Tensión salida panel Voc (V)	Tensión de del Acumulación (V)
Clima nublado lluvioso	1.-	11H00	71.2	59.00	24.0
	2.-	12H00	104.0	62.00	24.0
	3.-	13H00	174.5	62.70	25.0
12° (C)	4.-	14H00	209.1	63.94	25.0
	5.-	15H00	237.5	64.00	25.0
	6.-	16H00	885.4	64.70	25.4

4.6.1. Tensión (V) de salida del panel FV.

En la Figura 4-19 se observa que la tensión de salida aumenta a medida que va pasando el tiempo, se han realizado mediciones cada hora y con el transcurso del tiempo también fue aumentado la incidencia de radiación en el panel solar FV. Cabe indicar que el clima en

esta temporada es nublado con poca visibilidad y lluvioso notándose que en la última hora de medición hubo mayor cantidad de incidencia solar dando ocasión a un aumento de tensión de salida en el panel solar FV con una temperatura ambiente de 12 (°C).

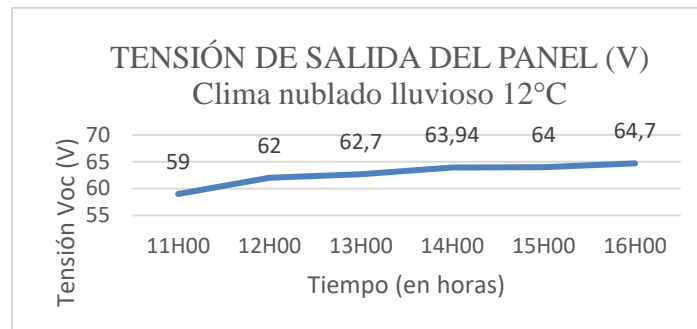


Figura 4-19: Curva característica de la tensión de salida del panel solar FV.

En la Figura 4-20 se muestra el proceso de medición realizado con un multímetro digital en la escala de (DC) ya que se está midiendo la tensión de salida (Voc) del panel solar, durante un tiempo de cinco horas con un lapso de una hora entre mediciones.



Figura 4-20: Medición de voltaje a la salida (Voc) del panel FV cada hora.

En la Tabla 4-5 se aprecia que antes del mantenimiento, el acumulador de energía marcaba 24 (V) luego de realizar el mantenimiento preventivo en el cristal del panel FV se observó una mejor captación de irradiancia solar por parte del panel FV de la fundación SKIS, tanto es así que aumento el potencial del acumulador, llegando a obtener un punto máximo 25.5 (V) esto da a notar que si tiene buena capacidad de acumulación la batería AGM LPS12-170FT de LEOCH, con una intensidad estable en (Ah) tomando en cuenta que se realizaron mediciones en una hora específica con intervalos de diez minutos, se observó que si tiene

mejor autonomía del potencial acumulado ya que el sistema puede abastecer la demanda en cualquier momento.

Tabla 4-5: Potencial del acumulador de energía del sistema FV

Potencial del acumulador de energía del sistema FV fundación SKIS					
04/07/2022 11:00 – 12:00					
	Orden	Hora / min	Intensidad acumulada (Ah)	Tensión acumulada batería (V)	Observación/ mantenimiento
Clima nublado lluvioso 12° C	1.-	11H00	(91.1 – 173)	24.0 (V)	Antes
	2.-	11H10	(91.1 – 173)	25.1 (V)	Durante
	3.-	11H20	(91.1 – 173)	25.0 (V)	Después
	4.-	11H30	(91.1 – 173)	25.0 (V)	Después
	5.-	11H40	(91.1 – 173)	25.0 (V)	Después
	6.-	11H50	(91.1 – 173)	25.5 (V)	Después
	7.-	12H00	(91.1 – 173)	25.0 (V)	Después

4.6.2. Energía acumulada en la batería Pb

En la Figura 4-21 se muestra la curva característica del tiempo con respecto al voltaje acumulado. Se observó que a las 11:00 de la mañana, al medir en los terminales de la batería o acumulador de energía se obtuvo un valor de medición de tensión de 24 (V) luego al medir a los diez minutos siguientes se notó que subió el valor del voltaje acumulado a 25.1 (V).

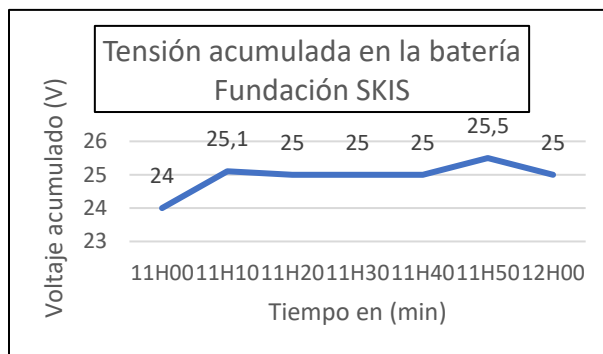


Figura 4-21: Curva característica del potencial acumulado en la batería del sistema FV.

A partir de las siguientes mediciones y en el transcurso de una hora se mantuvo un valor de tensión proporcional, manteniendo una carga constante en el transcurso del tiempo indicado, así queda demostrada la importancia del mantenimiento preventivo para mejorar la autonomía del panel solar FV de la fundación SKIS.

4.6.3. Potencial total del sistema FV – SKIS.

En la Tabla 4-6 se muestran las mediciones de la carga total consumida en la fundación SKIS a una temperatura ambiente de 12 (°C) con el funcionamiento de los diferentes elementos que son de 110 (V) corriente alterna, presentando un consumo de 2.98 (A) y con una potencia de 328 (W), lo cual está dentro de la escala de soporte de consumo del sistema solar FV y del panel solar que es de potencia nominal de 345 (W) (+5/-3%).

Tabla 4-6: Potencia generada por el sistema FV.

POTENCIAL TOTAL DEL SISTEMA FV - SKIS					
Fecha	Temperatura ambiente	Hora	Carga (A)	Tensión (VAC)	Potencia (W)
04/07/2022	12° (C)/ 52(°F)	16H20	0.02	110	2.2
04/07/2022	12° (C)/ 52(°F)	16H25	0.75	110	82.5
04/07/2022	12° (C)/ 52(°F)	16H30	2.98	110	328

En la Figura 4-22 se aprecia la curva característica del consumo total de la fundación SKIS en un tiempo determinado de 10 minutos en la que se indica como aumenta la intensidad en un tiempo determinado, llegando a obtener de 0.02 (A) a 2.98 (A) dándose a conocer que la capacidad del acumulador del recurso energético se encuentra dentro del rango adecuado (Ah).

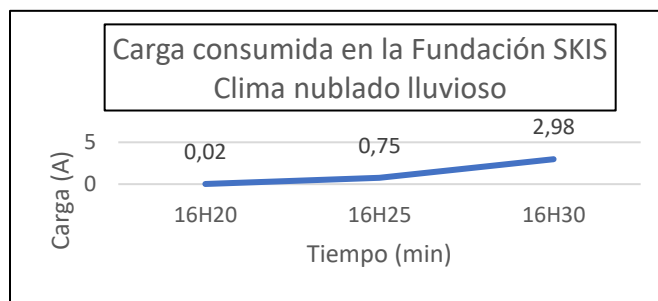


Figura 4-22: Curva característica del consumo de energía de la fundación SKIS.

En la Figura 4-23 se observa el valor de consumo o carga total expresada en amperios hora (Ah) que presenta la fundación SKIS en un tiempo determinado de carga, es importante indicar que este consumo se encuentra dentro de la escala de soporte del acumulador de energía que es de 91.1 – 173 (Ah).

Se ha procedido a medir intensidad con un amperímetro de pinza de la carga total de la fundación SKIS.

La pina amperimétrica mide líneas de forma individual.



Figura 4-23: Valor de consumo (A) en el circuito total de la fundación SKIS.

En la Figura 4-24 se observan los valores de potencia eléctrica consumida por la carga total conectada al sistema solar FV a lo largo del tiempo, obteniendo una potencia máxima de 328 (W), valor que puede ser abastecido sin ningún problema por el sistema fotovoltaico.

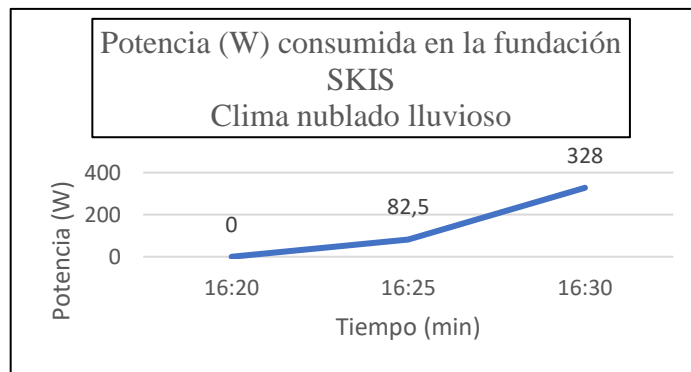


Figura 4-24: Consumo de potencia en la fundación SKIS.

Al comparar el potencial total que proporciona el panel FV que es de 345(W) y al realizar las mediciones respectivas se evidenció que al conectar todas las cargas de consumo se obtuvo un total de 328 (W) tomando en consideración que este tipo de energía siempre tendrá pérdidas como cualquier otro sistema, se recomienda utilizar con prudencia dicha energía para evitar inconvenientes de servicio.

4.7. Análisis estadístico de la investigación en el SPSS de la fundación SKIS.

La investigación tiene como objetivo recopilar información referente al conocimiento del mantenimiento en un sistema solar fotovoltaico y para ello se solicitó la colaboración de 25 participantes que llegaron indistintamente a la fundación Sumak Kawsay In Situ.

4.7.1. Respuesta a la encuesta realizada en utilidad de un plan de mantenimiento.

La Tabla 4-7 muestra la información útil referente al conocimiento del mantenimiento en un sistema solar fotovoltaico, se ha solicitado la colaboración directa de los integrantes de la fundación al igual que los voluntarios que llegan a la fundación por diferentes motivos de investigación contemplando un total o universo de 25 participantes.

Tabla 4-7: Respuesta de encuestas de plan de mantenimiento.

RESPUESTA DE LA ENCUESTA REALIZADA DE LA UTILIDAD DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN LA FUNDACIÓN SKIS

Con un universo de 25 participantes

No-	PREGUNTA	NÚMERO DE RESPUESTAS POSITIVAS	NÚMERO DE RESPUESTAS NEGATIVAS
1.	¿Ha escuchado acerca de los paneles fotovoltaicos o solares?	24	1
2.	¿Conoce usted qué es la energía solar fotovoltaica?	24	1
3.	¿Sabe para qué sirve la energía solar fotovoltaica?	24	1

4.	¿Sabe cómo funciona un panel solar fotovoltaico?	19	6
5.	¿Sabe usted con qué frecuencia de tiempo se realiza el mantenimiento a un panel solar fotovoltaico?	14	11
6.	¿Sabe usted para qué sirven los elementos que integran un sistema solar fotovoltaico?	13	12
7.	¿Sabe usted cómo realizar el mantenimiento a paneles solares?	13	12
8.	¿Sabe usted qué es un plan de mantenimiento para paneles solares?	11	14
9.	¿Sabe usted si los paneles solares contaminan el medio ambiente?	16	9
10.	¿Sabe usted qué es la corriente eléctrica de un panel solar?	19	6
11.	¿Sabe usted qué es la potencia eléctrica de un panel solar?	19	6
12.	¿Conoce usted la cantidad de artículos eléctricos que puede conectar a su sistema solar fotovoltaico?	17	8
13.	¿Sabe usted qué es un manual de mantenimiento?	20	5

De acuerdo a la investigación realizada en la fundación SKIS se ha procedido al análisis de las preguntas que constan en el cuestionario, con la finalidad de tener un mejor criterio y entendimiento de cada una de las preguntas en mención, por medio de la encuesta indicada de 13 preguntas dicotómicas de base cerradas en la que se ha evidenciado con un total de 25 participantes que equivale al 100% del universo encuestado siendo de respuestas breves, fáciles de comprender y expresando una información veraz y oportuna.

4.7.2. Análisis de fiabilidad del instrumento de medición.

En la Tabla 4-8 se observa que para medir la fiabilidad de la encuesta y con ello la precisión de la medición se utiliza el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual oscila entre el 0 y el 1. Cuanto más próximo esté a 1, más consistentes serán las preguntas entre sí.

Tabla 4-8: Consistencia de las preguntas de la encuesta entre sí.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.948	.945	13

La Tabla 4-9 presenta el resumen de 25 personas que participaron en la encuesta para informar sobre el conocimiento de un plan de mantenimiento para el sistema solar fotovoltaico FV de la fundación SKIS.

Tabla 4-9: Resumen de procesamiento de casos.

		NP	%
Casos	Válido	25	100.0
	Excluido ^a	0	.0
	Total	25	100.0

Se determina un Alfa de Cronbach de 0.948 (lo favorable es al menos 0.80), concluyendo que la encuesta con preguntas dicotómicas como instrumento de medición es válido y confiable para la entrega de información.

4.7.3. Anova con prueba de Friedman y prueba para no aditividad de Tukey.

En la Tabla 4-10 el análisis ANOVA con prueba de Friedman y prueba para no aditividad de Tukey refleja una relación “Entre elementos” de grado 90.266, una relación “De no aditividad” de grado 69.715 y una “Media global” de 1.28, lo cual indica que es favorable para continuar con la investigación planteada porque no presenta valores inflados que indiquen que hay un sesgo negativo en la prueba de homogeneidad de elementos.

Tabla 4-10: Análisis ANOVA, prueba Friedman y prueba para no aditividad de Tukey.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Chi- cuadrado de Friedman	Sig
Inter sujetos		34.726	24	1.447		
Intra	Entre elementos	9.397 ^a	12	.783	90.266	.000
sujetos	Residuo No aditividad	4.267 ^b	1	4.267	69.715	.000
	Balanza	17.567	287	.061		
	Total	21.834	288	.076		
	Total	31.231	300	.104		
Total		65.957	324	.204		

Media global = 1.28

a. Coeficiente de concordancia de W = .142.

b. La estimación de Tukey de potencia en la que se deben realizar observaciones para conseguir una aditividad = -1.645.

4.7.4. Pruebas de chi-cuadrado

En la Tabla 4-11 de acuerdo con las preguntas altamente correlacionadas, se realizó la prueba chi-cuadrado de Pearson, con las cuales, a través de los datos esperados y observados se obtuvo un grado de significancia asintótica bilateral de 0.00 concluyendo que efectivamente existe dependencia de las variables entre sí, confirmando de este modo los resultados anteriores, es un indicativo favorable del conjunto de datos que se considera como soluciones cercanas en el desarrollo de las preguntas de la investigación.

Tabla 4-11: Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)	Significación exacta (2 caras)	Significación exacta (1 cara)
Chi-cuadrado de Pearson	21.280 ^a	1	.000		
Corrección de continuidad ^b	17.722	1	.000		

Razón de verosimilitud	27.412	1	.000	
Prueba exacta de Fisher				.000 .000
Asociación lineal por lineal	20.429	1	.000	
N de casos válidos	25			
a. 0 casillas (0.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 5.28.				
b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2				

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.

5.1. Conclusiones

- Luego de un análisis y de investigaciones realizadas en el sistema solar FV de la fundación Sumak Kawsay In Situ se pudo observar que el mantenimiento más adecuado que se pueda realizar en la zona oriental del Ecuador, específicamente en la provincia de Pastaza cantón Mera (SKIS) es un mantenimiento preventivo que se lo realizaría cada tres meses, debido a que la constante lluvia, polvo, suciedad, hojas secas de los árboles, y sobre todo la presencia de musgo que se posa en la superficie del panel solar fotovoltaico disminuyendo la captación de la energía radioactiva del sol menorando la eficiencia y autonomía del potencial del acumulador de energía del sistema solar FV.

Para que el sistema solar fotovoltaico se encuentre en un correcto funcionamiento debe permanecer en condiciones óptimas de generación, es decir de energía de radiación solar a energía eléctrica, a lo cual el plan de mantenimiento preventivo aplicado, tuvo fundamental consecuencia ya que al seguir el procedimiento sugerido se ha llevado en orden secuencial de trabajo, obteniendo resultados esperados como el de alargar el tiempo de acumulación de energía en las baterías y prolongar así el tiempo de autonomía en la presencia de las cargas básicas de la fundación SKIS, demostrando de esta forma el cumplimiento del objetivo general planteado por la presente investigación.

- Al analizar la falta de solvencia energética en la fundación se ha procedido a diagnosticar que se debe aplicar un plan de mantenimiento preventivo en el sistema FV de la fundación SKIS, ya que al seguir las instrucciones indicadas mejoraría la forma de acumulación de energía proveniente de la incidencia de radiación solar sobre la parte frontal del panel FV, aumentando de esta forma la calidad de carga en los acumuladores de energía que serán utilizados con eficiencia y autonomía el momento que se requiera de este servicio energético.

La recolección de datos en la fundación SKIS es de gran mérito ya que, al realizar la medición de la radiación solar, tensión, intensidad, y la potencia del sistema de energía solar fotovoltaico autónomo se obtienen datos informativos en tiempo real en donde la medición y la recolección de dichos datos es un proceso sistemático que permite obtener respuestas claras, confiables, seguras y conseguir resultados favorables que aseguren la veracidad de la investigación planteada.

- Para desarrollar tareas de mantenimiento preventivo en el sistema solar FV de la fundación SKIS es fundamental guiarse por un plan de mantenimiento y al no existir este plan se ha procedido a realizar un plan de mantenimiento que abarque las necesidades y condiciones requeridas para aumentar el tiempo de vida útil del sistema solar FV, este proceso indica variedad de mantenimientos de acuerdo al tiempo de revisión tales como, mantenimiento permanente (semanal), mantenimiento frecuente (mensual), mantenimiento temporal de instalaciones (trimestral), mantenimiento ideal (semestral), mantenimiento general (anual).

Al aplicar el plan de mantenimiento preventivo el usuario o abonado, con sus debidas limitaciones, minimizará los accidentes o riesgos eléctricos que pueden presentarse en la ejecución de esta labor, sin contar con las posibles pérdidas de materiales, equipos y costos que puedan ocasionarse con terceros, a la vez es vital aumentar la confiabilidad de los diferentes procesos de la seguridad industrial eléctrica respaldadas en la norma internacional NFPA 70E, tomando en consideración que el ciudadano o abonado beneficiario de este recurso energético tiene sus limitaciones a lo cual debe intervenir personal calificado en el área, con estas consideraciones se debe realizar actividades seguras, y con el debido acompañamiento de un plan de mantenimiento preventivo para sistemas FV.

- Al validar la autonomía energética de un sistema solar fotovoltaico quiere decir que tiene mejor recepción de energía de radiación solar en los paneles fotovoltaicos que luego enviarán esta energía transformada al acumulador, el plan de mantenimiento preventivo sugirió aplicarlo siguiendo un proceso, para esto se realizó en un determinado día

mediciones de tensión, intensidad de carga, temperatura ambiente luego se realizó el mantenimiento preventivo, inmediatamente se volvió a medir y se detectó que había mejor calidad de recepción de energía solar y mejor calidad de acumulación de energía en las baterías dando un mayor tiempo de solvencia energética a las cargas de la fundación.

En el sistema solar fotovoltaico de la fundación SKIS se observó que mejoró la autonomía energética brindando mayor duración por parte del sistema de almacenamiento, además se observó un buen desempeño del servicio básico energético en todas las instalaciones de la fundación colaborando así a la conservación del medio ambiente ya que al ser una energía limpia no contamina el aire y favorece a la reducción del dióxido de carbono (CO₂).

- Al socializar el plan de mantenimiento preventivo a la comunidad de la fundación SKIS se pudo detectar el cambio de pensamiento, seguir el proceso lógico del plan de mantenimiento preventivo, en la conservación y protección al medio ambiente, respeto por la biodiversidad de la flora y fauna, como dar mantenimiento preventivo en el panel solar FV (con sus limitaciones), precaución en la seguridad industrial eléctrica, la utilidad de la energía eléctrica como servicio básico de la humanidad, la concientización del ahorro de energía.

Al difundir este plan de mantenimiento en la fundación SKIS se fortalece también un ahorro económico significativo en reparaciones, cambio de equipos, elementos y repuestos que por diferentes circunstancias pueden llegar a tener una avería o fallo, es ahí donde las acciones de mantenimiento sirven de guía al usuario y operador en la aplicación y seguimiento para mantener el correcto funcionamiento del sistema FV.

- Se debe recalcar la importancia en la toma de datos con el piranómetro serie SM206-SOLAR, como una fuente de información ya que la carta solar indica valores generalizados de la región oriental y al realizar la obtención de datos de la incidencia de la irradiancia solar in situ nos ha brindado valores exactos en tiempo real, obteniendo información precisa en torno a la radiación solar que llega al panel solar de la fundación SKIS. Este factor es muy importante para la transformación de la energía solar en energía

eléctrica destacando así, la importancia de la aplicación de un plan de mantenimiento constante en el sistema solar fotovoltaico en la región oriental de nuestro país que dispone de condiciones climáticas muy duras, evitando los desperfectos o paradas innecesarias.

-Se ha tomado en cuenta la importancia de realizar una encuesta cerrada con preguntas dicotómicas con la finalidad de obtener datos reales del grado de conocimiento sobre el mantenimiento a sistemas solares fotovoltaicos objeto del presente estudio la misma que proporciona una información segura y confiable con ideas claras con la finalidad de crear estrategias para cumplir el objetivo propuesto por esta investigación con soluciones basadas en los resultados en donde el voluntariado y personal que labora prestando sus servicios en la fundación SKIS han realizado esta actividad desinteresadamente en bien de la fundación.

- Con el análisis en conjunto de la asociación: Alfa de Cronbach, ANOVA de Friedman, Correlaciones y Análisis Chi Cuadrado han reflejado un mismo resultado en la obtención de niveles de asociación alta entre las variables es decir entre preguntas de la encuesta, por ello, se sugiere diseñar un plan de mantenimiento al sistema solar FV, para de esta forma mantener los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento.

5.2. Recomendaciones

- Luego de realizar la presente investigación se sugiere que este trabajo sirva de base para futuras investigaciones como fuente de información sobre mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos en la región amazónica ya que en este lugar se presentan condiciones climáticas duras, sobre todo en cuanto a humedad, por lo que se requiere la aplicación de un plan de mantenimiento de forma oportuna, segura y eficaz en todo momento del tiempo de vida útil del sistema solar FV.

- La tecnología mundial avanza a pasos acelerados de ahí la importancia de ver la utilidad de la aplicación de un software en el que gobierne electrónicamente un soporte lógico de un sistema informático en el que se haga posible la realización de varias tareas específicas

que integren en un conjunto de programas con la finalidad de realizar diferentes rutinas desde el control de una computadora, recalando que las decisiones que se tomen estarán siempre en función de los datos recogidos, de ahí que se tomará en cuenta el análisis de los datos en tiempo real y auténtico con la finalidad de obtener el resultado esperado.

-Para evitar inconvenientes en la toma de decisiones frente a las acciones derivadas del empleo del recurso energético, como por ejemplo el corte o mantenimiento del suministro eléctrico frente a las conexiones de diferentes procesos activos, con la automatización y ayuda tecnológica de software se minimizaría la acción de fallos que se puedan producir, ahorrando tiempo, dinero y recursos energéticos.

-El equipo técnico que realice trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo debe mantenerse siempre en estado competitivo de ahí que debe apoyarse de un software, cabe indicar que los recursos tecnológicos tienen un costo por rentabilidad o utilidad de estas licencias y en la fundación SKIS no tienen muchos recursos como para el empleo de estos tipos de información tecnológica ya que la fundación no es de representación lucrativa sino es de función investigativa por tal razón no se podría obtener este tipo de software en vista que no son de licencia gratuita ni abierta al público.

5.3. Bibliografía.

5.3.1. Referencias bibliográficas citadas.

- ABELLA, M. (2005). Sistema Fotovoltaicos. En *SAPT Publicaciones Tecnicas, SL*.
- Antolín del Valle, R. (2019). *UVA EC* . Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/37717/1/TFG-I-1204.pdf>
- Aparicio, d. (2020). Radiación solar y su aprovechamiento energético. . Marcombo.
- Atlas, S. G. (Octubre de 2022). *Globalsolaratlas*. Obtenido de <https://globalsolaratlas.info/map>
- Bajaña, J. C. (2011). Seguridad del personal trabajando en líneas de distribución eléctricas primarias.
- Bravo.O. (2017). Indicadores de gobernanza territorial de los objetivos del Plan Nacioal del Buen Vivir. En B. O, *CIVILIZAR CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS* (págs. 25-38). ECUADOR.
- DIAZ VELILLA, J. (2005). SISTEMA DE ENERGIA RENOVABLE. PARANINFOS S.A.
- Fernandez, E. (2017). Tipos de sistemas FV- Sistema FV aislados.
- GAIBOR NUÑEZ, M. (2014). Estudio y diseño de un Sistema dolar fotovoltaico, topo aislado para alimentar el bombeo directo de la Hacienda los Ceibos . ECUADOR.
- GDWUIFEGHKLE. (03 de 08 de 2023). *WEHERJKG*. Obtenido de FHEGEL.
- HUACUZ, J. Y. (1998). Mas alla de la red. En *Electrificacion fotovoltaica en zonas rurales de Mexico, Progreso en fotoviltaiica: Investigacion y Aplicacion* (págs. 376-395). mexico.
- MAE, G. C. (2015). *MAE*. Obtenido de Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1660012930001_DIAGNOSTICO%20PD%20yOT%20SHELL%202015_15-05-2015_15-0
- Moreno Almeida, R. (2013). Diseño, desarrollo e implementación piloto de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). QUITO.
- Novoa Guamán, E. G. (2015). Manual de operacion y mantenimiento preventivo y correctivo para parques fotovoltaicos en el Ecuador. ECUADOR/QUITO: (Bachelor's thesis, Quito, EPN, 2015.).
- Orbegozo, C. &. (2010). Energía solar fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones.
- SANTOS, D. B. (s.f.). *LA ENERGIA*. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf>
- VALDIVIEZO PAUL, E. (s.f.). *Repositorio tesis*. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5447/VALDIVIEZO_PAULO_DISE%c3%91O_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_ENERGIA_ELECTRICA_PUCP.pdf?sequence=1&isAllowed=y

5.3.2. Bibliografía General.

Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2020). Norma ecuatoriana de la construcción. Recuperado de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/NEC-HS-ER-Energ%C3%ADas-Renovables.pdf>

Planas, O. (2015, mayo 13). Potencia pico de un panel fotovoltaico, definición. Solar-energia.net. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/potencia-pico>

Lucio Fabricio Basurto Gustines. (2018). Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la comercialización, instalación y mantenimiento de paneles solares en el área rural del cantón Santa Lucía, provincia de Guayas. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8885/1/TESIS%20PANELES%20SOLAR%20V3.pdf>

Rafael Eduardo Ladino Peralta. (2020). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/jsessionid=86820F32C3A5BC7A6F3B6596DA6C7AFB?sequence=1>

Grupo Consultor. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1660012930001_DIAGNOSTICO%20PD%20yOT%20SHELL%202015_15-05-2015_15-07-49.pdf

Omar Antonio Cangui Navas. (2015). Diseño e implementación de un sistema de iluminación ornamental de la estructura metálica antisísmica principal del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante el uso de tecnología led y energías alternativas como fuente de alimentación en el periodo académico 2013. Recuperado de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2973/1/T-UTC-3926.pdf>

Luis Gerardo Macancela Zhumi. (2012). Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto Yantsa ;; ETSARI. Recuperado de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/689/1/te321.pdf>

- Nuevo, D. (2022, enero 31). Mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas. Es energía. <https://esenergia.es/mantenimiento-preventivo-modulos-fotovoltaicos/>
- Energía solar fotovoltaica (manual técnico para instalaciones domiciliarias).(2015, mayo 20). Issuu. https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ__a_solar_fotovoltaica__manual
- De la Cruz, H. (2018, marzo 15). Blog. Nueva ISO 45001. <https://www.nueva-iso-45001.com/blog/>
- Romero, S. (2021, junio 1). ¿Cuál es la autonomía de las baterías solares? El sol dentro de una caja. BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/cual-es-la-autonomia-de-las-baterias-solares-el-sol-dentro-de-una-caja/>
- Díaz Velilla, J. P. (2005). Sistemas de energías renovables. Ediciones Paraninfo, SA.
- Escuela Politécnica Nacional. (s. f.). Escuela Politécnica Nacional. Edu.ec. Recuperado 19 de octubre de 2022, de <https://www.epn.edu.ec/wp->
- Solargis. (s. f.). Global Solar Atlas. Globalsolaratlas.Info. Recuperado 19 de octubre de 2022, de <https://globalsolaratlas.info/map>
- Técnicas y beneficios de recolección de datos digitales. (s. f.). Kionetworks.com. Recuperado 19 de octubre de 2022, de <https://www.kionetworks.com/blog/aplicaciones/tecnicas-y-beneficios-de-recoleccion-de-datos-digitales>
- Barberá Santos, D. (2014). Introducción a la energía fotovoltaica. Recuperado de <http://bibing.a.nosotros.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCIÓN+A+LA+ENERGÍA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducción+a+la+Energía+Fotovoltaica.pdf>
- Bravo, O. (2018). Indicadores de gobernanza territorial de los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV 2013-2017), Ecuador. Civilizar Ciencias Sociales y Humanas, 18(35), 25-38.
- Gaibor Núñez, M. B. (2014). Estudio y diseño de un sistema solar fotovoltaico tipo aislado, para alimentar un sistema de bombeo directo en la Hacienda Los Ceibos.

- Moreno Almeida, R. E. (2013). Diseño, desarrollo e implementación piloto de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2013).
- Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias.
- Aparicio, diputado (2020). Radiación solar y su aprovechamiento energético. Marcombo.
- Mayancha, V., & Yolanda, X. (2015). Plan de Desarrollo turístico en la Parroquia Shell, Cantón Mera, Provincia de Pastaza (Bachelor's thesis).
- Huacuz, JM y Agredano, J. (1998). Más allá de la red: electrificación fotovoltaica en zonas rurales de México. Progreso en fotovoltaica: investigación y aplicaciones, 6 (5), 379-395.
- Abella, M. A. (2005). Sistemas fotovoltaicos. SAPT Publicaciones Técnicas, SL.
- Muñoz, S. M. (2010). UNA MIRADA GENERAL AL PROYECTO “DISEÑO Y EVALUACION DE UN SEDIMENTADOR SEDHELCON Y REACTOR BIOLÓGICO AEROBICO FLOCAIRRFPP EN PLANTA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA QUEBRADA MI PADRE JESUS”. Boletín Semillas Ambientales, 4(1).
- Harper, GE (2005). El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales. Editorial Limusa.
- Cubillos Ramírez, J. E., & Amaya Castiblanco, A. F. (2016). Diseño y construcción de un prototipo de generación de energía eléctrica móvil basado en energía solar con integración de iluminación led a prueba de intemperie.
- Fernandez, E. C. (2017). FV7? Tipos de sistemas FV-Sistemas FV aislados.
- Orbegozo, C., & Arivilca, R. (2010). Energía solar fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones.
- Novoa Guamán, E. G. (2015). Manual de operacion y mantenimiento preventivo y correctivo para parques fotovoltaicos en el Ecuador (Bachelor's thesis, Quito, EPN, 2015.).
- Bajaña, J., Caminos, J., & Gallo, J. (2011). Seguridad del personal trabajando en líneas de distribución eléctricas primarias.

5.4. Anexos

5.4.1. Anexo 1: Diseño de la encuesta aplicada en la fundación SKIS.

En la Figura 5.1 se observa la encuesta dirigida al personal que labora y visita a la fundación Sumak Kawsay In Situ con la finalidad de recoger datos sobre el conocimiento y aplicación de un plan de mantenimiento a paneles solares fotovoltaicos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
MAESTRÍA DE ENERGÍAS RENOVABLES CENTRO DE POSGRADO

ENCUESTA DIRIGIDA A LOS INTEGRANTES DE LA FUNDACIÓN SUMAK KAWSAY IN SITU

Objetivo: Recabar información referente al conocimiento de los sistemas solares fotovoltaicos

INSTRUCCIONES:
A continuación, se presentan preguntas de opción cerrada. Marque con una X una sola respuesta

PREGUNTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Marque con una X de acuerdo a su conocimiento

1.- ¿Ha escuchado acerca de los paneles fotovoltaicos o solares?	SI	NO
2.- ¿Conoce usted qué es la energía solar fotovoltaica?	SI	NO
3.- ¿Sabe para qué sirve la energía solar fotovoltaica?	SI	NO
4.- ¿Sabe cómo funciona un panel solar fotovoltaico?	SI	NO
5.- ¿Sabe usted con qué frecuencia de tiempo se realiza el mantenimiento a un panel solar fotovoltaico?	SI	NO
6.- ¿Sabe usted para qué sirven los elementos que integran un sistema solar fotovoltaico?	SI	NO
7.- ¿Sabe usted cómo realizar el mantenimiento a paneles solares?	SI	NO
8.- ¿Sabe usted qué es un plan de mantenimiento para paneles solares?	SI	NO
9.- ¿Sabe usted si los paneles solares contaminan el medio ambiente?	SI	NO
10.- ¿Sabe usted qué es la corriente eléctrica de un panel solar?	SI	NO
11.- ¿Sabe usted qué es la potencia eléctrica de un panel solar?	SI	NO
12.- ¿Conoce usted la cantidad de artículos eléctricos que puede conectar a su sistema solar fotovoltaico?	SI	NO
13.- ¿Sabe usted qué es un manual de mantenimiento?	SI	NO

Figura 5-1: Encuesta aplicada de preguntas dicotómicas.

5.4.2. Anexo 2: Medición de radiación solar con un piranómetro in situ.

En la Figura 5-2 se observa la medición de radiación solar in situ en la fundación SKIS con un piranómetro (instrumento de medida de radiación solar) la potencia de la radiación

electromagnética del sol en una unidad de área (W/m^2).



Figura 5-2: Medición de irradiancia solar, dirección al sol.

En la Figura 5-3 se observa la casa donde se encuentra la sala de presentaciones y exposiciones de la fundación SKIS que se encuentra junto al panel solar FV.



Figura 5-3: Medición de radiación solar con el piranómetro digital.

En la Figura 5-4 se observa la medición de radiación solar, ubicando directamente el sensor del piranómetro en dirección al sol y en la escala de (W/m^2) para obtener una buena lectura segura y confiable.

Medición de radiación solar con el piranómetro digital.



Figura 5-4: Instrumento de medida de radiación solar, piranómetro SM206-SOLAR.

En la Figura 5-5 se puede apreciar el piranómetro SM206-SOLAR con sus características técnicas del medidor de energía solar digital, también conocido como probador de medición de energía solar.

Sonda de detección automática.

Resultados de medición automáticos, rápidos, efectivos y verdaderos utilizando tecnología de micro procesamiento.

Compartimiento de la batería, tapa trasera de la batería a presión, batería de (9V).

Piranómetro con diseño aerodinámico, antideslizante más conveniente y cómodo de usar.



Figura 5-5: Características técnicas del piranómetro digital SM206-SOLAR.

En la Figura 5-6 se puede distinguir las características técnicas del instrumento de medida de carga como es la pinza amperimétrica digital EM201.

La pinza amperimétrica digital EM 201 es un equipo que mide, voltaje, resistencia, y la corriente eléctrica por medio de inducción magnética, esto se puede realizar sin necesidad de interrumpir la energía en el conductor que se requiere probar.

Características técnicas de la Pinza Amperimétrica digital 201

DC voltage - 200mV/2V/20V/200V/600V \pm (0.8% +1)
AC voltage - 2V/20V/200V/600V \pm (1.2% +5)
AC current - 2A/20A/200A/400A \pm (1.5% +5)
Resistance - 200W/2kW/20kW/200kW/2MW/20MW \pm (1% +2)
Full Icon Display
Diode test
Continuity Buzzer
Low battery tips
Voltage measurement input impedance - 10MW
Data Hold
Maximum hold
Maximum display - 1999
Display Size - 35.6 ~ 18mm
Automatic shutdown

Figura 5-6: Características técnicas de la pinza amperimétrica EM201.

En la Figura 5-7 se puede distinguir las diferentes características técnicas del voltímetro, instrumento de medida de voltaje de rango automático, portátil, de sencilla interpretación en la lectura digital en AC y DC.

Además, este multímetro tiene la facultad de medir otros factores como, medidor de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), intensidad de sonido (dB), lux (lm/m^2), resistencia eléctrica (Ω), continuidad, frecuencia (Hz).

Características especiales del multímetro digital.

ESPECIFICACIONES EM5510
Voltaje DC: 0.4 / 4 / 40 / 400 / 600V.
Voltaje CA: 4 / 40/ 400/ 600V.
DC actual: 400 μ / 4000 μ / 40m / 400m / 10A.
Corriente CA: 400 μ / 4000 μ / 40m / 400m / 10A.
Resistencia: 400 / 4K / 40K / 400K / 4M / 40M Ω .
Capacitancia: 4n / 40n / 400n / 4 μ / 40 μ / 100 μ F.
Frecuencia: 10 / 100 / 1k / 10k / 100k / 200kHz.
Ciclo de trabajo: 0.1% ~ 99.9%.
Temperatura: -20 - 1000°C.
Humedad: 30% - 95%.
Lux: 4000Lux / 40000Lux.
Nivel de sonido: 35 – 100dB.
Continuidad: SI.
Control de diodos: SI.
Alimentación: batería de 9V (6F22).

Figura 5-7: Características técnicas del voltímetro y multímetro.

5.4.3. Anexo 3: Socialización de la importancia del plan de mantenimiento.

En la Figura 5-8 se indica la socialización y la importancia que tiene la aplicación del plan de mantenimiento para el sistema solar FV de la fundación SKIS.



Figura 5-8: Divulgación de un plan de mantenimiento en la fundación SKIS.

En la Figura 5-9 se indica la importancia de la utilidad de un plan de mantenimiento en paneles solares FV especialmente en la zona oriental.



Figura 5-9: Concientización de un plan de mantenimiento en la fundación SKIS.

En la Figura 5-10 se indica la aceptación y la concientización de poner en práctica un plan de mantenimiento para sistemas solares fotovoltaicos con miras al mejoramiento de la autonomía energética con la colaboración efectiva de todos los integrantes, visitantes y voluntarios de todo el mundo en la conservación del medio ambiente.



Figura 5-10: Socialización del plan de mantenimiento preventivo.

En la Figura 5-11 se presenta el manual de mantenimiento preventivo como una guía que será útil al momento de dar mantenimiento en el panel FV de la fundación SKIS.

5.4.4. Anexo 4: Portada del manual o plan de mantenimiento para sistema FV.



Figura 5-11: pan de mantenimiento preventivo para panel solar FV.

En la Figura 5-12 se presenta el desarrollo del manual de mantenimiento preventivo como una guía en mejorar el tiempo de autonomía energética (con limitaciones del usuario). Manual que será utilizado por los usuarios de la fundación (con sus debidas limitaciones de operación).

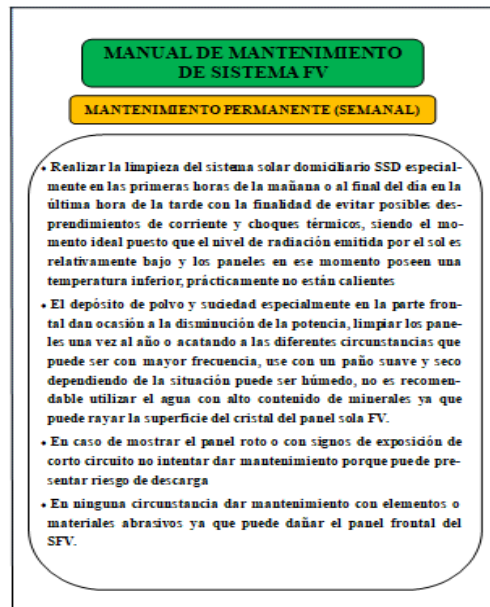


Figura 5-12: Documento, plan de mantenimiento preventivo para panel FV.