



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 2KW

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electromecánica

Autores

Achote Yasig Alex Fernando

Rodríguez Vera Gregory Steven

Tutor Académico:

Ing. M.Sc. Cruz Panchi Luis Rolando

LATACUNGA – ECUADOR

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Achote Yasig Alex Fernando y Rodriguez Vera Gregory Steven, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 2 KW”, siendo Ing. M.Sc. Luis Rolando Cruz Panchi tutor del presente Trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Achote Yasig Alex Fernando

CI: 050438159-1

.....
Rodriguez Vera Gregory Steven

CI: 095654477-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 2 KW, de los postulantes: Achote Yasig Alex Fernando y Rodriguez Vera Gregory Steven, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requisitos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto 2023

Tutor

.....
Ing. M.Sc. Luis Rolando Cruz Panchi

C.I: 050259517-6



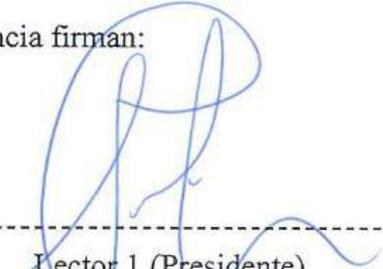
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Achote Yasig Alex Fernando y Rodriguez Vera Gregory Steven con el título de Proyecto de titulación: **Diseño e implementación del sistema de protecciones eléctricas de una instalación fotovoltaica de 2 kW**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2023

Para constancia firman:



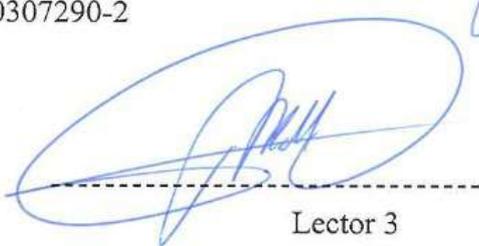
Lector 1 (Presidente)

Ing. Pacheco M. Carlos Francisco
C.I. 050307290-2



Lector 2

Ing. Porras Reyes Jefferson
C.I. 070440044-9



Lector 3

Ing. Moreano M. Edwin Homero
C.I. 050260750-0

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir cumplir esta meta, a mi madre por darme la vida y ser el motor que impulsa mis sueños, quien a estado en todo momento a mi lado para apoyarme, guiarme y seguir firme en el camino de la vida.

A mi padrastro agradezco infinitamente por la motivación de todos los días y consejos que me ha brindado, a toda mi familia por siempre estar pendiente y darme palabras de aliento.

A todos mis amigos por compartir varias horas de trabajo en el trascurso de nuestra formación, no que más que agradecerles por los consejos y apoyo brindado.

A los docentes por formar parte de mi profesional en especial a mi tutor Ing. M.Sc. Luis Rolando Cruz Panchi ya que con sus conocimientos, virtudes y paciencia se logo culminar este proyecto.

Alex Achote

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres por ser parte importante de mi vida brindándome sabiduría para poder enfrentar las dificultades en el trayecto de mi vida.

A las personas que han estado día a día conmigo brindándome su apoyo y dándome fuerzas para seguir adelante.

A los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme impartido todos sus conocimientos y experiencias necesarias para el bien de mi formación profesional.

Gregory Rodriguez

DEDICATORIA

A mi madre quien me alentó e inspiró a cumplir esta meta, su ejemplo y fortaleza me motivo a seguir en cada momento. Siendo un pilar fundamental en mi vida.

Alex Achote

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres por ser parte importante de mi vida brindándome sabiduría para poder enfrentar las dificultades en el trayecto de mi vida.

Gregory Rodriguez

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INFORMACIÓN GENERAL	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. EL PROBLEMA	10
1.1.1. Planteamiento del problema	10
1.1.2. Formulación del problema.....	11
1.2. BENEFICIARIOS	11
1.2.1. Beneficiarios directos	11
1.2.2. Beneficiarios indirectos	11
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.4. HIPÓTESIS	12
1.5. OBJETIVOS.....	12
1.5.1. General.....	12
1.5.2. Específicos.....	12
1.6. Descripción de actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	12
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
2.1. ANTECEDENTES	13
2.2. MARCO REFERENCIAL	16
2.2.1. Energía Fotovoltaica.....	16
2.2.2. Sistema fotovoltaico en Ecuador	16
2.2.3. Sistema Fotovoltaico	17

2.2.4.	Levantamiento de información teórica	18
2.2.5.	Sistema fotovoltaico conectado a la red.	21
2.2.6.	Protecciones eléctricas.....	22
2.2.7.	Formas de conexión de un sistema fotovoltaico.....	24
2.2.8.	Conductores eléctricos para paneles fotovoltaicos.....	25
2.2.9.	Conectores MC4.....	26
2.2.10.	Software ETAP versión estudiantil	27
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	28
3.1.	METODOLOGÍA.....	28
3.1.1.	Método bibliográfico	28
3.1.2.	Método experimental.....	28
3.1.3.	Método técnico	28
3.1.4.	Instrumentos	29
3.1.5.	Método cualitativo.....	29
3.1.6.	Método cuantitativo.....	29
3.1.7.	Técnica de elaboración del proyecto de tesis.	29
3.1.8.	Levantamiento de equipos disponibles.....	30
3.1.9.	Cálculo de corriente de los paneles solares	31
3.1.10.	Cálculo de la tensión de los paneles solares	31
3.1.11.	Cálculo de la potencia de los paneles solares	32
3.1.12.	Cálculo de la corriente del regulador de carga	32
3.1.13.	Cálculo de corrientes en el inversor	33
3.1.14.	Cálculo de los fusibles e interruptores para los paneles solares	34
3.1.15.	Protecciones eléctricas contra sobrecarga y cortocircuito en el sistema	34
3.1.16.	Parámetros calculados	34
3.2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
3.2.1.	Análisis de la caída de tensión y coordinación de protecciones.....	39
3.2.2.	Diagrama unifilar en el software ETAP	39
3.2.3.	Simulación del diagrama en el software ETAP	40
3.3.	COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN SOFTWARE ETAP	42
3.4.	UBICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	48
3.5.	IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIONES	49
3.5.1.	Protecciones seleccionadas.....	52
3.5.2.	Análisis de costos de protecciones	53

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
4.1.	CONCLUSIONES.....	54
4.2.	RECOMENDACIONES	55
5.	BIBLIOGRAFIA.....	56
	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de Ishikawa	11
Figura 2.1: Sistema Fotovoltaico autónomo	17
Figura 2.2: Estructura de un panel solar.....	18
Figura 2.3: Panel solar monocristalino.....	19
Figura 2.4: Panel solar policristalino	19
Figura 2.5: Regulador de carga MPPT.....	20
Figura 2.6: Sistema fotovoltaico conectado a la red	22
Figura 2.7: Fusible MC4	23
Figura 2.8: Interruptores automáticos DC.....	23
Figura 2.9: Supresores de sobretensión eléctricas.....	24
Figura 2.10: Conexiones en serie de paneles solares	24
Figura 2.11: Conexión en paralelo de paneles solares	25
Figura 2.12: Conexión mixta de paneles solares.....	25
Figura 2.13: Conductor de cobre estañado.....	26
Figura 2.14: Conector Mc4	27
Figura 2.15: Software ETAP 19.0.1	28
Figura 3.1: Flujograma del proyecto	30
Figura 3.2: Diagrama esquemático de equipos disponibles con un arreglo de 3x3	31
Figura 3.3: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.....	39
Figura 3.4: Diagrama unifilar de la instalación fotovoltaica.....	40
Figura 3.5: Simulación de flujo de corriente.....	41
Figura 3.6: Caída de tensión de las barras.....	42
Figura 3.7: Coordinación de protecciones general	43

Figura 3.8: Coordinación de protecciones en los paneles solares	44
Figura 3.9: Coordinación de protección de los paneles al regulador de carga.....	45
Figura 3.10: Coordinación de protección en la parte de baterías	46
Figura 3.11 Coordinación de protección en la parte del regulador al inversor	47
Figura 3.12: Coordinación de protección de corriente alterna	48
Figura 3.13: Ubicación del lugar de implementación	49
Figura 3.14: Implementación de los conectores Mc4	49
Figura 3.15: Armado del Gabinete.....	50
Figura 3.16: Implementación de los fusibles	50
Figura 3.17: Implementación de las protecciones eléctricas.....	51
Figura 3.18: Implementación de protecciones salida del regulador de carga	51
Figura 3.19: Implementación de las protecciones salida del inversor.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Sistema de actividades y tareas con relación a los objetivos	12
Tabla 3.1: Equipos disponibles	30
Tabla 3.2: Cálculos de potencia, voltaje y corriente de los 3 paneles solares en serie.....	35
Tabla 3.3: Cálculos de potencia, voltaje y corriente del arreglo fotovoltaico de 3x3	35
Tabla 3.4: Cálculo de la corriente y tensión del regulador de carga	36
Tabla 3.5: Cálculo de la corriente de entrada y salida del inversor DC/AC	36
Tabla 3.6: Cable dimensionado	36
Tabla 3.7: Resultado con el factor de corrección	37
Tabla 3.8: Capacidades estándar para protecciones eléctricas en amperios.....	38
Tabla 3.9: Protecciones seleccionadas para el sistema fotovoltaico	52
Tabla 3.10: Costo de herramientas y materiales.....	53
Tabla 3.11: Costo de gastos indirectos	54
Tabla 3.12: Monto total del proyecto	54

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 2KW

Autores:

Achote Yasig Alex Fernando

Rodriguez Vera Gregory Steven

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo implementar un sistema de protecciones eléctricas en un sistema fotovoltaico de 2 kW para salvaguardar a las personas y a las instalaciones de posibles fallas, sobrecarga y cortocircuito, este sistema se encuentra en la terraza del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga. En el proceso se realizó el levantamiento de información de la capacidad de los equipos que conforma el sistema fotovoltaico, estas características se pudieron visualizar en la placa de datos que proporcionan los fabricantes de cada uno de los equipos. Con los valores obtenidos y aplicando la norma mexicana vigente NOM 001 SEDE 2018 se procedió a dimensionar las protecciones eléctricas, posteriormente se realizó la simulación del sistema en el software ETAP, lo que permitió visualizar la caída de tensión de 3,3 % validando el dimensionando de los conductores. A continuación, se realizó el estudio de la coordinación de protecciones del sistema en el cual se observó que el fusible 1 con una corriente de falla de 50 A actúa en 0,11 segundos, al igual que el disyuntor principal actúa en 10 segundos con una corriente de falla de 100 A. Finalmente se realizó la compra de las protecciones eléctricas que se encontraron disponibles en el mercado que fueron implementadas en el gabinete, con esto se realizaron pruebas en el sistema fotovoltaico obteniendo en la medición del arreglo un voltaje de 61,6 V. Esta implementación de protecciones eléctricas en la instalación fotovoltaico de 2 kW usando la normativa vigente garantiza la seguridad de cada uno de los dispositivos eléctricos protegiendo de posibles fallas de sobrecarga y cortocircuito.

Palabras clave: sobrecarga, cortocircuito, fotovoltaico, tensión.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE ELECTRICAL PROTECTIONS
SYSTEM OF A 2KW PHOTOVOLTAIC INSTALLATION

Authors:

Achote Yasig Alex Fernando

Rodriguez Vera Gregory Steven

ABSTRACT

This project aims to implement a system of electrical protections in a 2 kW photovoltaic system to safeguard people and facilities from possible failures, overload and short circuit, this system is located on the roof top of Block B of the Technical University of Cotopaxi in the city of Latacunga. In the process, information was collected on the capacity of the equipment that makes up the photovoltaic system, these characteristics could be visualized on the data plate provided by the manufacturers of the equipment. With the values obtained and applying the current Mexican standard NOM 001 SEDE 2018, the electrical protections were sized, then the system simulation was performed in the ETAP software, which allowed verifying the voltage drop of 3.3%, validating the sizing of the conductors. Subsequently, the system protection coordination study was carried out, in which it was observed that fuse 1 with a fault current of 50 A acts in 0.11 seconds, as well as the main circuit breaker acts in 10 seconds with a fault current of 100 A. Finally, the electrical protections that were available in the market were purchased and implemented in the cabinet, with this, tests were carried out in the photovoltaic system, obtaining a voltage of 61.6 V in the measurement of the array. This implementation of electrical protections in the 2 kW photovoltaic installation using the current regulations guarantees the safety of the electrical devices protecting against possible overload and short-circuit failures.

Keywords: overload, short circuit, photovoltaic, voltage.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma de Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 2KW”** presentado por: **Achote Yasig Alex Fernando y Rodriguez Vera Gregory Steven**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 18 de Agosto del 2023

Atentamente,



.....
Mg. María Fernanda Aguaiza

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

050345849-9



**CENTRO
DE IDIOMAS**

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño e implementación de un sistema de protecciones eléctricas para una instalación fotovoltaica de 2kW.

Fecha de inicio: Abril 2023

Fecha de finalización: Agosto 2023

Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi, terraza del bloque B.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: No vinculado

Equipo de trabajo:

Tutor:

Ing. M.Sc. Luis Rolando Cruz Panchi

C.I: 050259517-6

Correo electrónico:

Ponentes:

Achote Yasig Alex Fernando

C.I. 050438159-1

Correo electrónico:

alex.achote1591@utc.edu.ec

Ponentes:

Rodriguez Vera Gregory Steven

C.I. 0956544779

Correo electrónico:

gregory.rodriguez4779@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Área: (07) Ingeniería, Industria y Construcción

Subárea: (071) Ingeniería y Profesiones Afines

Líneas de investigación: De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 3. Energías alternativas y renovables, eficiencia energética protección ambiental. Desarrollo tecnológico e innovación.

Sublínea de investigación: Energética en sistemas electromecánico y uso de fuentes renovables de energía.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL PROBLEMA

1.1.1. Planteamiento del problema

Es importante destacar que la falta de protecciones eléctricas en un sistema fotovoltaico puede causar lesiones e incidentes a las personas, también afectar a los equipos en su funcionamiento. Por esta razón, es crucial la instalación de protecciones eléctricas en el sistema fotovoltaico de 2 kW en la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que no las posee.

Por medio del diagrama de Ishikawa se identificó el problema.

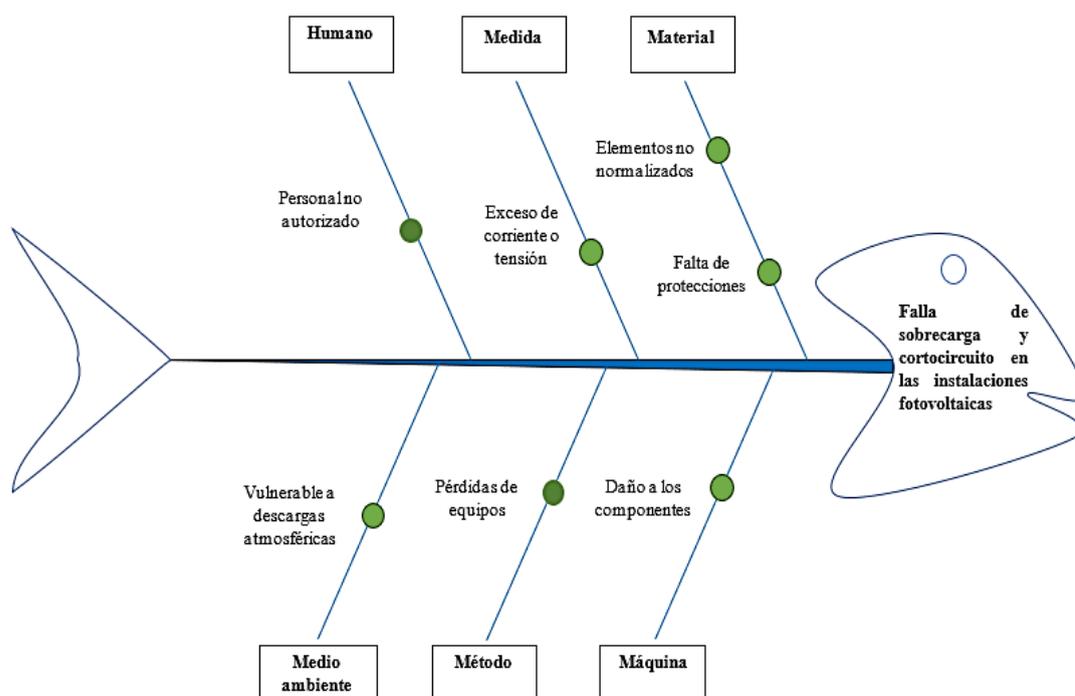


Figura 1.1: Diagrama de Ishikawa

1.1.2. Formulación del problema

Falla de sobrecarga y cortocircuito en las instalaciones fotovoltaicas.

1.2. BENEFICIARIOS

1.2.1. Beneficiarios directos

Estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica.

1.2.2. Beneficiarios indirectos

Comunidad científica de la ciudad de Latacunga.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a que los sistemas fotovoltaicos se han ido expandiendo y actualizándose, llegando a ser importante para la generación de energía eléctrica, por lo que, este sistema debe ser eficiente y seguro tanto en transporte como en mantenimiento, cumpliendo las normas eléctricas vigentes. Un sistema fotovoltaico está expuesto a diversos factores ambientales y condiciones operativas cambiantes en situaciones inusuales, como picos de carga o variaciones climáticas extremas, puede producirse una corriente anormal que ponga en riesgo la integridad de los componentes que estén dentro del laboratorio de energías renovables ubicado en la terraza del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

La institución ya mencionada cuenta con instalaciones fotovoltaicas, la cual no disponen con un sistema de protección eléctrica que ayude a prevenir sobrecargas y cortocircuitos. Mediante este caso de estudio nos permitirá diseñar e implementar componentes de protección eléctrica que nos ayudará a evitar fallas de cortocircuito y sobretensión, mejorando la seguridad y fiabilidad del sistema fotovoltaico. Por esta razón es fundamental considerar que las protecciones para los sistemas fotovoltaicos están sujetos a condiciones climáticas adversas como vientos, granizos, lluvia o nieve y caída de objetos pueden afectar el funcionamiento de la instalación.

Es importante que estos sistemas garanticen la seguridad. Los dispositivos de protección que se implementarán permitirán mitigar los riesgos, protegiendo así los componentes y prolongando la vida útil del sistema. Además, mejorará la confiabilidad del sistema al cumplir con las normas y regulaciones vigentes.

1.4. HIPÓTESIS

Con la implementación de un sistema de protecciones eléctricas para la instalación fotovoltaica, permitirá proteger al sistema de sobrecarga y cortocircuito.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. General

Implementar un sistema de protecciones eléctricas para evitar incidentes de sobrecarga y cortocircuito mediante la norma mexicana NOM 001 SEDE 2018.

1.5.2. Específicos

- Realizar un análisis bibliográfico referente a las protecciones eléctricas en sistemas fotovoltaico aplicando la norma mexicana NOM 001 SEDE 2018.
- Dimensionar los dispositivos de protección necesarios para el sistema fotovoltaico aplicando la norma mexicana NOM 001 SEDE 2018.
- Simular el funcionamiento de los dispositivos de protecciones eléctricas mediante el software ETAP 19.0.1.
- Pruebas de funcionamiento de la implementación de protecciones eléctricas en la instalación fotovoltaica.

1.6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 1.1: Sistema de actividades y tareas con relación a los objetivos

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
Objetivo 1	Revisión en artículos, sitios web sobre el diseño y dimensionamiento para protecciones de un sistema fotovoltaico. Revisión de la norma vigente. Recopilación de las características de cada uno de los equipos que se encuentran disponibles en las instalaciones.	Información sobre el diseño y cálculo de protecciones eléctricas en un sistema fotovoltaico. Parámetros establecidos para los elementos de protección eléctrica. Datos de las placas de cada equipo de la instalación fotovoltaica.	Investigación bibliográfica y de campo.
Objetivo 2	Dimensionamiento de las protecciones considerando la norma vigente. Direccionamiento del conductor considerando la norma vigente.	Dimensionamiento de las protecciones eléctricas y del conductor. Selección de las protecciones eléctricas con equilibrio entre calidad y económico.	Investigación de campo y experimental. Análisis matemáticos
Objetivo 3	Simulación de la caída de tensión. Simulación de la coordinación de protecciones.	Análisis del comportamiento mediante el software.	Uso del software. Validación de resultados.
Objetivo 4	Implementación de protecciones en el gabinete eléctrico. Comprobación el funcionamiento del sistema fotovoltaico.	Ubicación de las protecciones en el gabinete. Verificación del funcionamiento.	Investigación de campo y experimental.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

La implementación de un sistema de protección eléctrica para una instalación fotovoltaica garantiza el funcionamiento seguro, mediante la planificación, configuración y medidas de seguridad. El objetivo principal de las protecciones eléctricas es prevenir daños a los equipos y mejorar la seguridad de las personas. Por lo tanto, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal diseñar e implementar un sistema de protecciones eléctricas para una instalación fotovoltaica dentro de la Universidad Técnica Cotopaxi. Para profundizar la temática se realizaron varias investigaciones que exponen la importancia del uso de las protecciones y el comportamiento que tienen sobre equipos que componen el sistema eléctrico. A continuación, se muestran varios estudios internacionales, nacionales y locales relacionados con el problema de investigación.

El trabajo indagado análisis del impacto sobre las protecciones eléctricas al instalar sistemas solares fotovoltaicos en una red de distribución con nivel de tensión 13.2 kv, fue realizado(ejecutado) por Díaz Urbina del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación de la Universidad Nacional de Colombia. Una de las problemáticas que se analiza en la presente investigación es sobre la conexión de generación distribuida, que plantea desafíos significativos en la coordinación de protecciones, debido a la naturaleza unidireccional del flujo de corriente en las redes de distribución y los esquemas de protección diseñados para sistemas radiales. En la presente tesis se muestran las redes de distribución en condiciones normales, los flujos de carga y corriente de cortocircuito en máxima y mínima [1].

De igual manera, el ajuste de protección es fundamental para garantizar la seguridad y el funcionamiento adecuado de los equipos e instalaciones. Los fusibles son dispositivos de protección que se diseñan para fundirse cuando la corriente eléctrica supera el valor preestablecido, por ende, ayuda a proteger equipos y cables a posibles sobrecargas o cortocircuitos. El presente autor menciona que es importante asegurarse de que las capacidades nominales de los fusibles sean adecuadas. Finalmente, concluye que es esencial que el operador de red solicite al diseñador un estudio completo de coordinación de protecciones ante una conexión de sistemas fotovoltaicos [1].

De acuerdo a la investigación que realizó Ladrón de Guevara Jorge de ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, con la temática de diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada. Ahí destacan que la protección de elementos que trabajan en corriente continua, como los sistemas fotovoltaicos, frente a sobrecargas o cortocircuito, mediante el uso de fusible que actúan como dispositivos de seguridad que abren el circuito en el momento de la corriente, supera un valor establecido. Menciona que existen distintos tipos de fusibles para

aplicaciones fotovoltaicas, las más utilizadas son de cuchillas conocidas como NH. La importancia de respuesta resalta que para una mejor protección es recomendable elegir fusibles con percutor, ya que ofrece una respuesta rápida, concluye que la elección adecuada de fusibles con percutor es crucial para una protección rápida y efectiva en caso cortocircuito [2].

Como expresa Castillo Miguel de la Carrera de Ingeniería Eléctrico Mecánica en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil con el tema de Diseño de un sistema fotovoltaico para la finca Macondo, ubicada en el cantón Daule, Provincia del Guayas. En sus estudios manifiesta que hay dos tipos de protección denominados termo magnético y fusibles, cumple como función prevenir cortocircuitos, sobreintensidades, sobretensiones o sobrecargas. La tesis presentada destaca la importancia de la energía renovable como una opción amigable con el medio ambiente para la producción de energía eléctrica, como ya se sabe que estos son recursos naturales como el viento, el agua y la radiación solar [3].

En definitiva, el autor proporciona una visión positiva y bien fundamentada sobre la relevancia de las energías renovables, en particular la energía solar fotovoltaica, como una solución sostenible y respetuosa con el medio ambiente para abordar los desafíos energéticos y medioambientales actuales [3].

El presente documento llevó a cabo la investigación con la temática de “Implementación del sistema de protecciones eléctricas para una estación fotovoltaica de autoconsumo de 500 w”, dentro de las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la cual tiene como objetivo “Implementar el sistema de protecciones eléctricas para disminuir el riesgo eléctrico mediante la normativa vigente ARCONEL”. En sus estudios dice que “existen una variedad en cuanto a elementos de protección para sistemas fotovoltaicos, teniendo en cuenta que son los protectores contra sobretensiones, cortocircuito y descargar atmosféricas” [4].

Los resultados muestran que la presente investigación describe el diseño, simulación e implementación en sistema fotovoltaico. Las protecciones están correctamente dimensionadas donde se han realizado simulaciones para evaluar el flujo de carga y el comportamiento en caso de cortocircuito. A demás, se muestra la coordinación de las protecciones tanto en la parte fija como en parte móvil del sistema. En donde armaron un tablero de control con el cableado correspondiente. Se destaca la conexión de un dispositivo eléctrico para medir la corriente de los paneles solares y la conexión del regular de carga con las protecciones adecuadas contra sobrecargas. La cual el autor concluye, que utilizo un software especializado para modelar y verificar el comportamiento del sistema, asegurando que las protecciones estén dimensionadas

correctamente [4].

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. Energía Fotovoltaica

Este tipo de energía fue creada en la época de los 50 para proporcionar de energía eléctrica a los satélites, desde ese momento se fue desarrollando, logrando construir formidables plantas fotovoltaicas en el suelo, incluso paneles para terrazas [5].

La energía fotovoltaica es la conversión de los rayos del sol (radiación solar) en energía eléctrica a través de elementos llamados paneles fotovoltaicos, formando una fuente de energía eléctrica inagotable y no contaminante, es decir, que no emite sustancias tóxicas en el aire. Este tipo de energía se puede obtener en cualquier parte del mundo y la transformación comienza por medio de los paneles fotovoltaicos cuando la radiación solar estimula a los electrones de un elemento semiconductor formando una diminuta diferencia de potencial [6].

2.2.2. Sistema fotovoltaico en Ecuador

En el Ecuador los sistemas fotovoltaicos van siendo reconocidos y ocupando un espacio importante, comenzado a generar energía limpia principalmente en los sectores industriales y agrícolas [7].

Un claro ejemplo es la exportadora de vegetales Provefrut que se localiza en la provincia de Cotopaxi posee su propio sistema fotovoltaico que está constituido con más de 2.000 paneles solares y un centro de transformación, generando aproximadamente más del ocho por ciento de energía eléctrica que consume la industria. Llegando a disminuir el valor de la planilla eléctrica y a un ahorro económico de \$175.505, así como esta empresa existen otras en el país que no tuvieron miedo al cambio y optan por implementar energía limpia. Cabe descartar que para aumentar estos proyectos e incentivar a las industrias es necesario el mejoramiento de las regulaciones, ya que actualmente tiene limitaciones que son para uso corporativo una potencia máxima de 1MW y en residencias de 100KW cuando las industrias requieren más que eso [8].

Es una buena opción implementar un sistema fotovoltaico en el Ecuador por su ubicación

geográfica.

2.2.3. Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico tiene como función transformar inmediatamente la radiación solar en energía eléctrica, una de las características que le hace distinta de otras fuentes de energía renovable, es que exclusivamente genera electricidad al momento de recibir irradiación solar, además la cantidad de generación eléctrica es proporcional a la irradiación solar que recibe los paneles fotovoltaicos. En este sistema es forzoso incluir un elemento de almacenamiento o acumulador de energía como es las baterías solares [9].

En sí un sistema fotovoltaico es la unión de varios equipos para generar electricidad. Este sistema se puede clasificar en dos: sistema fotovoltaico autónomo es aquel que no está conectado a la red eléctrica y el sistema fotovoltaico conectado a la red. Todo esto va a depender de las necesidades del cliente, a partir de eso se podrá dimensionar y seleccionar los elementos del sistema fotovoltaico [10].

En general está constituido por un generador fotovoltaico, batería de acumulación, regulador de carga, inversor y consumo, como se puede observar en la figura 2.1.

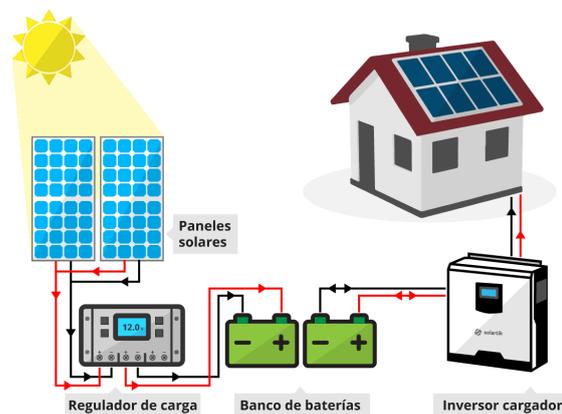


Figura 2.1: Sistema Fotovoltaico autónomo [11]

La generación de electricidad depende del número de módulos fotovoltaicos conectados ya sea en serie, paralelo o mixto, también influye mucho la dirección, ángulo, potencia nominal y calidad de instalación, entre otros factores.

2.2.4. Levantamiento de información teórica

2.2.4.1. Características y Componentes

Los componentes generales de cualquier sistema fotovoltaico suelen ser:

- Paneles fotovoltaicos.
- Cables solares.
- Regulador de carga.
- Baterías.
- Inversor.
- Protecciones eléctricas DC-AC.

2.2.4.2. Paneles solares

Es un dispositivo fundamental para la instalación de un sistema fotovoltaico, el cual tiene el lugar de generador de corriente continua. Este elemento está constituido por varias celdas de silicio, generalmente 36 celdas, formando un rectángulo llamado panel solar que se encuentra recubierto con un plástico denominado EVA, como se puede observar en la figura 2.2 permitiendo recibir tanto la radiación directa como difusa logrando generar electricidad inclusive en los días nublados [12].

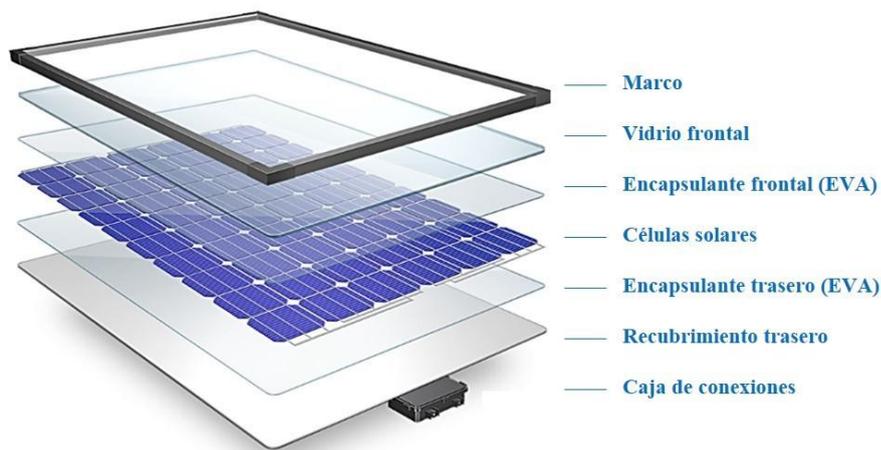


Figura 2.2: Estructura de un panel solar [13]

Existen dos tipos de paneles, solares estos son:

Monocristalinos: Este tipo de celdas se fabrican con bloques de silicio con aspecto de un cilindro nombrados lingotes, se cortan los lados del bloque para hacer láminas de silicio y con esto tener mayor rendimiento y reducción de los costos, su color y aspecto es como se puede

observar en la figura 2.3 [14].

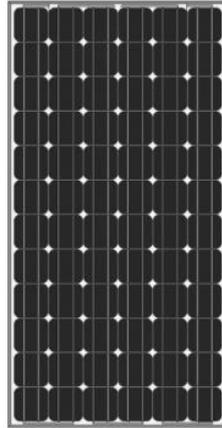


Figura 2.3: Panel solar monocristalino [15]

Policristalino: La fabricación es muy distinta, ya que a este bloque de silicio se le derrite en bruto sin retirar impurezas y se lo derrama en una horma cuadrada. El proceso es menos exhaustivo, tienen una buena relación calidad-precio y tiene un color y aspecto como se observa en figura 2.4 [14].

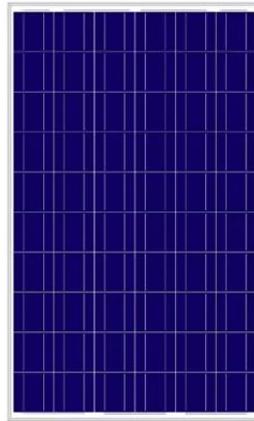


Figura 2.4: Panel solar policristalino [15]

2.2.4.3. Cables

Los cables o también llamados conductor están conformados por un conjunto de hilos que por lo general son de cobre y aluminio debido a su excelente conductividad por donde fluye la corriente eléctrica y a su vez tan protegidos por un recubrimiento llamado aislante [16].

2.2.4.4. Regulador de carga

El regulador de carga es un dispositivo electrónico el cual tiene como objetivo resguardar la vida las baterías en escenarios de sobrecarga, mejorando la energía atraída por los paneles solares y también proteger de la descarga de la batería no sea descomunal. Con el surgimiento de los microprocesadores y microcontroladores accedió a la evolución del regulador de carga incorporando algoritmos que controlen la regulación de la energía eléctrica [17].

2.2.4.5. Regulador de carga MPPT

La característica fundamental de este dispositivo es aprovechar al máximo la potencia que proporciona el panel solar. Sin seccionar lo que podría perder hasta llegar a la batería, en la figura 2.5 se puede observar cómo es el aspecto.

Interiormente, el regulado de carga ajusta el voltaje, que siempre es superior al que requiere la batería, estos reguladores son más caros de los PWM por el simple hecho que aprovechar al máximo la energía y amplitud [17].



Figura 2.5: Regulador de carga MPPT [18]

2.2.4.6. Baterías

Las baterías o anuladores para un sistema fotovoltaico son los encargados del almacenamiento energético, para poder suministrar energías eléctricas cuando sea necesario o también en días nublados, lluviosos y en la noche.

Estas baterías son diseñadas solo para utilizarlas en un sistema fotovoltaico, son necesarias y

no se debe colocar en cualquier lugar sino sobre una base de madera y un lugar protegido, ventilado donde no alcance la luz del sol. Existen diferentes tipos de baterías, pero para ese sistema se usan generalmente las de plomo-ácido. Es importante destacar que no se debe cargar a una corriente por encima de un diez por ciento de su capacidad estipulada [19].

2.2.4.6.1 Baterías de ciclo profundo.

Estas tienen la capacidad para descargarse es su totalidad, y perder entre 80% y luego cargarse del mismo modo, pero los fabricantes recomiendan no descargar por debajo del 45% para extender la vida de la batería.

Se caracterizan por tener una vida útil más larga y mayor capacidad de respuesta, su uso es distinto a las baterías de ciclo normal. Este tipo de baterías tiene cuatro etapas: Descarga en su totalidad, descarga a un nivel de tensión determinada, carga rápida y carga lenta [19].

2.2.4.7. Inversor

Los inversores son un componente claves en los sistemas fotovoltaicos porque convierten la energía eléctrica continua (DC) creada por los paneles solares en energía eléctrica alterna (AC) que se utiliza en los equipos eléctricos del hogar, industrias y la red eléctrica [20].

Inversores conectados a la red eléctrica: Son aquellos que se utiliza para introducir energía eléctrica a la red eléctrica. Es necesario detectar la tensión y frecuencia de la red eléctrica para comenzar su funcionamiento. Estos inversores suelen ser más eficientes y confiables que otra clase de inversores. La diferencia entre el inversor aisló vs el conectado a la red es que el primero forma una tensión que no precisamente es una senoidal pura, mientras que el conectado a la red forma una corriente de salida en fase con la tensión de la red [20].

Es sustancial elegir el tamaño adecuado de inversor para un sistema fotovoltaico, esto va a depender bastante del requerimiento del cliente que se requiere generar. Además, se debe tener en cuenta la eficiencia del inversor para reducir las pérdidas de energía en el proceso de conversión. Los inversores de mayor calidad suelen tener un precio más alto, pero llegan a ser una inversión a largo plazo, y de una duración de muchos años [21].

2.2.5. Sistema fotovoltaico conectado a la red.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica principal como se muestra en la figura 2.6. Permite que la energía eléctrica generada por los paneles solares sea introducida a la red.

Estos sistemas son populares para el uso residencial y comercial, ya que ayudan al ahorro de dinero y contribuyen al medio ambiente [22].

Para un sistema fotovoltaico conectado en la red contara con componentes principales como son los paneles solares, inversores, medidor bidireccional y un sistema de conexión a la red. Los paneles solares generan energía eléctrica en corriente continua DC, la cual se dirige al inversor para transfórmala en corriente alterna AC, el medidor bidireccional mide la energía que se está produciendo y consumiendo [22].

Para emplear un sistema fotovoltaico conectado a red se diseñará de acuerdo a las cargas que se tiene, ya sea en las viviendas o industrias y las condiciones climáticas del lugar donde se vaya a emplear. Además, se deben guiar por las regulaciones y normas que ya existen para la instalación de estos sistemas, esto se lo realiza para garantizar la seguridad, la vida de los equipos electrónicos y electromecánicos de una vivienda [21].



Figura 2.6: Sistema fotovoltaico conectado a la red [23]

2.2.6. Protecciones eléctricas

Las protecciones eléctricas son dispositivos que nos ayudan a salvaguardar los elementos de una instalación eléctrica de daños causados por sobretensión y cortocircuito.

- **Fusibles:** Son dispositivos electrónicos que colocan en serie con circuito eléctrico, los cuales se funden cuando existe exceso de corriente, de esta manera interrumpe el flujo en la instalación, protegiendo a los dispositivos que conforman el sistema. En la siguiente figura 2.7 se puede observar un fusible para sistemas fotovoltaicos [24].



Figura 2.7: Fusible MC4 [25]

- **Interruptores automáticos:** Son dispositivos electromecánicos que se utilizan para la protección contra sobretensiones y cortocircuitos, activándose al momento que pasan corrientes excesivas y abren el circuito para evitar que la energía siga fluyendo por la instalación eléctrica de esta manera proteger los elementos y equipos. En la siguiente figura 2.8 se puede observar un interruptor automático para corriente continua [24].



Figura 2.8: Interruptores automáticos DC [25]

- **Supresores de sobretensión:** Estos dispositivos se utilizan para resguardar a los equipos de una instalación eléctrica contra sobretensión ocasionadas por descargas atmosféricas. En la siguiente figura 2.9 se puede observar un descargador de sobretensión de corriente continua [24].



Figura 2.9: Supresores de sobretensión eléctricas [25]

2.2.7. Formas de conexión de un sistema fotovoltaico

Las formas de conexión para un sistema fotovoltaico son:

- Serie
- Paralelo
- Mixta (serie-paralelo)

2.2.7.1. Conexiones en serie

Los paneles solares se conectan en serie para aumentar la tensión total del sistema, como se muestra en la figura 2.10. Esto es útil para sistemas de baja potencia o cuando se necesita una tensión específica para cargar baterías de almacenamiento de energía [26].

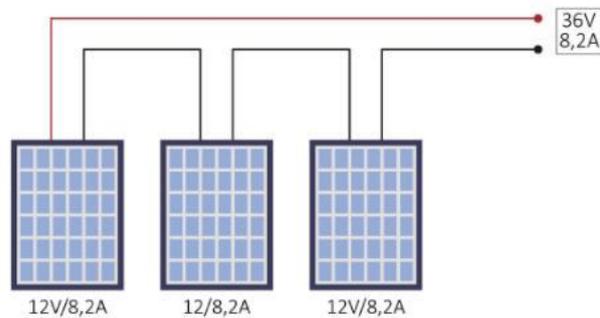


Figura 2.10: Conexiones en serie de paneles solares [27]

2.2.7.2. Conexiones en paralelo

Los paneles solares se conectan en paralelo para aumentar la corriente total del sistema, como se muestra en la figura 2.11. Esto es útil para sistemas de alta potencia o cuando se necesita una corriente específica para cargar baterías de almacenamiento de energía [26].

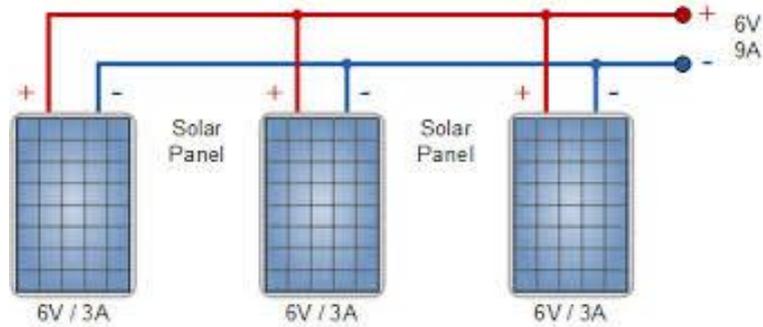


Figura 2.11: Conexión en paralelo de paneles solares [27]

2.2.7.3. Conexión mixta serie-paralelo.

Los paneles solares se conectan tanto en serie como en paralelo, como se muestra en la figura 2.12. Esto se utiliza a menudo para equilibrar la corriente y la tensión en sistemas más grandes [26].

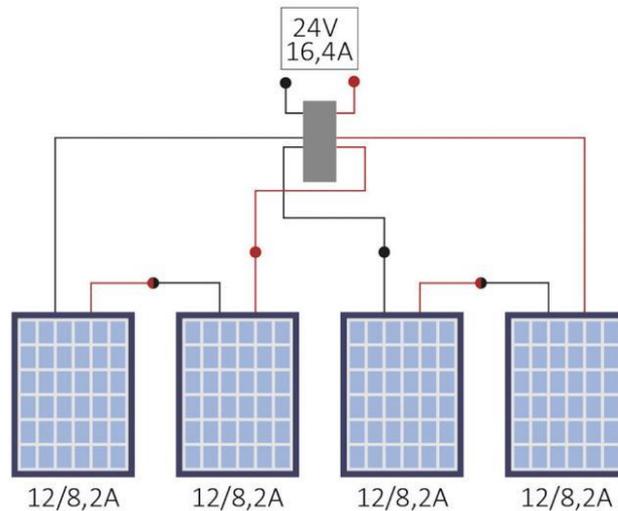


Figura 2.12: Conexión mixta de paneles solares [27]

2.2.8. Conductores eléctricos para paneles fotovoltaicos.

Para los paneles fotovoltaicos, se utilizan cables adecuados para soportar la corriente y tensión eléctrica generada por los paneles y que deben ser cables resistentes a la intemperie, ya que

estarán expuestos a los elementos cambiantes de la naturaleza.

Se recomienda que los cables utilizados en sistemas fotovoltaicos sean de cobre estañado, por el hecho de que esto mejora su resistencia a la corrosión y reduce la pérdida de energía.

Además, los cables deben tener una sección transversal adecuada que permita el paso de la corriente sin sufrir sobrecalentamiento. Otros aspectos esenciales a tomar en cuenta es la distancia entre los paneles, inversor y regulador de carga, se recomienda que sean lo más corto posible para minimizar las pérdidas por resistencia y mejorar la eficiencia del sistema [28].

2.2.8.1. Conductor de cobre estañado

El conductor de cobre estañado se encuentra revestido con una delgada capa de estaño, la cual protege al cobre de la oxidación y corrosión. Suele utilizarse donde el conductor está expuesto a la lluvia o sol evitando. En la figura 2.13 se puede observar un conductor de cobre estañado para sistemas fotovoltaicos [28].



Figura 2.13: Conductor de cobre estañado [29]

2.2.9. Conectores MC4

Conectores MC4 son elementos pequeños de conexión, cómo se puede observar en la figura 2.14, usados en sistemas fotovoltaicos para conectar los paneles solares de modo seguro o utilizados para unir con otros equipos como inversor, controlador de carga o batería.

Poseen una IP que resisten a condiciones variantes del ambiente como lluvia, sol o polvo, brindando una interconexión segura, eficiente y duradera. También cuentan con un sistema de bloqueo resistente a las vibraciones, con un diseño de lengüeta fácil de conectar y desconectar.

El diseño del conector MC4 consiste de dos partes: un conector macho (positivo) y un conector

hembra (negativo) que generan una conexión segura y confiables, una de las ventajas de estos conectores es que son compatibles con una amplia variedad de paneles solares y equipos de un sistema fotovoltaico [30].

Es importante utilizar 2 herramientas que son indispensables para una correcta instalación de los conectores MC4. La primera herramienta es una ponchadora de MC4, que se usa para fijar los pines. Usar la mano o una pinza cualquiera para fijar los pines se corre el riesgo de estos queden flojos y formen arcos eléctricos. La segunda herramienta son llaves inglesas de MC4, que sirven para conectar y desconectar las terminales del conector [30].



Figura 2.14: Conector MC4 [30]

2.2.10. Software ETAP versión estudiantil

Electrical Transient Analyzer Program por sus siglas ETAP es un software que fue desarrollado en California, Estado Unidos, por la compañía del mismo nombre. Ofrece una experiencia única con una interfaz intuitiva fácil de usar para cualquier grado de experiencia de ingeniería, con una capacidad de realizar configuraciones en el sistema simultáneamente. ETAP incluye herramientas de cálculo de carga, flujo de potencia, protecciones eléctricas, coordinación de protecciones, entre otras herramientas indispensables para el usuario, garantizando el aumento productivo. Por todo lo que ofrece este software es muy utilizado en industrias y universidades para el diseño de sistemas de control y automatización, destacando que también se puede utilizar con sistemas eléctricos de energía renovable [32].

Este software fue diseñado para realizar análisis y diseños eléctricos complicados que solicitan bastante precisión en los cálculos.



Figura 2.15: Software ETAP 19.0.1 [32]

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Método bibliográfico

Previo a la implementación de los dispositivos de protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos se indagaron antecedentes, sistemas de protecciones y normas. Ya que los mismos nos guiaran para determinar e implementar las protecciones necesarias del sistema fotovoltaico.

3.1.2. Método experimental

Por medio de este método, se compilaron datos de las placas proporcionados por los fabricantes para el dimensionamiento de protecciones eléctricas y se determinó la ubicación de cada uno de los elementos de protección que se adaptan al sistema fotovoltaico, la cual facilitara la implementación.

3.1.3. Método técnico

Medición y observación de las placas proporcionadas por los fabricantes de los equipos electrónicos y electromecánicos, también la simulación mediante el software ETAP 19.0.1.

3.1.4. Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la medición de tensión e intensidad fue el multímetro. Para simulación se empleó el software ETAP 19.0.1.

3.1.5. Método cualitativo

Para el desarrollo de este proyecto de titulación utilizaremos el método cualitativo, debido a que se recopilará, analizará y comprobará las características de la protección eléctrica en un sistema fotovoltaico.

3.1.6. Método cuantitativo

Este método es uno de los más importantes, por lo que se realizó la elección correcta de los diferentes dispositivos electromecánicos mediante los datos que se obtuvo en el dimensionamiento y de esta manera elegimos la mejor alternativa para los elementos que conforman el sistema fotovoltaico.

Posteriormente, se muestra la metodología general que se aplicó para el diseño e implementación de un sistema de protecciones para una instalación fotovoltaica de 2kW.

3.1.7. Técnica de elaboración del proyecto de tesis.

Para elaboración de este proyecto de tesis se recopiló datos y especificaciones de los equipos que se encuentran disponibles en la instalación fotovoltaica, al momento del levantamiento de información se pudo observar que el sistema está expuesto a fallas de sobrecarga y cortocircuito, ya que no cuenta con protecciones eléctricas, por lo que se comenzó a realizar una revisión bibliográfica en la que se encontró la normativa NOM 001 SEDE 2018 en el art. capítulo 690, el cual se utilizó como guía para la realización de los cálculos y de esta manera se comenzó a dimensionar, y se realizó el diseño de la instalación fotovoltaica ya con las protecciones calculadas.

Una vez que se realizó el diseño del sistema fotovoltaico, se seleccionó y estableció los parámetros con los cuales las protecciones deben tener para el correcto funcionamiento, lo cual se verificó simulando en el software ETAP el cual ayudara a tener una mayor perspectiva sobre el funcionamiento de las protecciones como el flujo de la corriente que se tiene en el sistema, pruebas de cortocircuito y la coordinación de las protecciones esta se realizó para poder ver el

tiempo de reacción al momento de proteger a los equipos y dispositivos eléctricos.

En la figura 3.1 se puede observar el flujograma del proyecto.

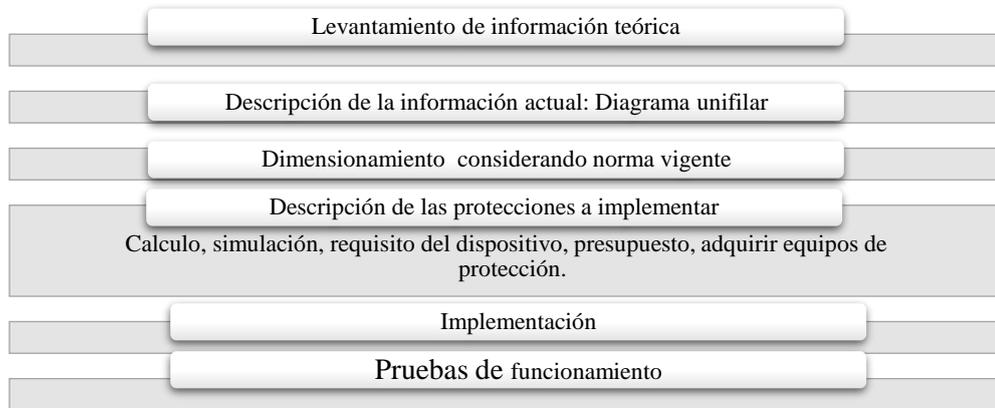


Figura 3.1: Flujograma del proyecto

3.1.8. Levantamiento de equipos disponibles.

3.1.8.1. Equipos disponibles

En el levantamiento de los equipos que tenemos disponible en el laboratorio de energías renovables ubicado en la terraza de la Universidad Técnica de Cotopaxi para la instalación del sistema de protección. Todos los equipos disponibles lo podemos observar en la siguiente tabla. Los datasheet de todos los equipos se puede observar en el ANEXO II al VI.

Tabla 3.1: Equipos disponibles

EQUIPOS DISPONIBLES		
EQUIPOS	MARCA	CANTIDAD
Paneles solares	SIMAX SP636-140	10
Paneles solares	SIMAX SM636-150	3
Regulador de carga	TriStar TS-60	1
Batería	Gel 6-CNJ-120	4
Inversor	PowerStar W7	1

3.1.8.2. Diagrama esquemático de los equipos disponibles

En la figura 3.2 podemos observar el diagrama esquemático de la configuración del sistema fotovoltaico. El que se encontró en la Universidad Técnica Cotopaxi.

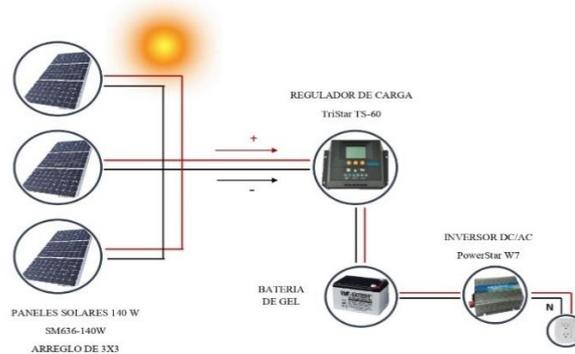


Figura 3.2: Diagrama esquemático de equipos disponibles con un arreglo de 3x3

3.1.9. Cálculo de corriente de los paneles solares

Para determinar la corriente de los paneles se debe tomar el valor de los paneles en corto circuito, este dato se encuentra en la placa, no se puede tomar lectura de la medición ya que los paneles deben estar a su máxima carga, por lo que se usa los datos proporcionados por el fabricante.

Con la siguiente ecuación, se podrá calcular la corriente de los paneles.

$$I_p = (N_{pp} \times I_{sc}) \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

I_p : Corriente de paneles, (A)

N_{pp} : Número de paneles en paralelo

I_{sc} : Corriente de cortocircuito, (A)

3.1.10. Cálculo de la tensión de los paneles solares

La tensión de los paneles se debe tomar lectura, cuando los paneles solares estén sometidos a circuito abierto, también se puede calcular con los datos de la placa proporcionada por el fabricante.

Con la siguiente ecuación se podrá calcular el voltaje de los paneles.

$$V_p = (N_{ps} \times V_{oc}) \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde:

V_p : Tensión de paneles, (V)

N_{ps} : Número de paneles en serie

V_{oc} : Tensión de circuito abierto, (V)

3.1.11. Cálculo de la potencia de los paneles solares

Se debe determinar la potencia de los paneles tomando en cuenta los arreglos realizados que pueden estar en serie, paralelo o mixto.

Aplicando la siguiente ecuación se podrá calcular la potencia de los paneles solares.

$$P = I_t \times V_t \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

P : Potencia, (W o VA)

I_t : Corriente total de los paneles, (A)

V_t : Tensión total de los paneles, (V)

Mediante la ecuación 3.3 se podrá calcular la potencia total del arreglo de paneles solares.

$$P_m = N \times P \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde:

P_m : Potencia máxima, (W o VA)

N : número de paneles solares

P : Tensión máxima del arreglo, (W o VA)

3.1.12. Cálculo de la corriente del regulador de carga

El regulador de carga es un dispositivo que regula el flujo de energía entre los paneles solares

y las baterías, por lo que es importante su implementación.

Por medio de la siguiente ecuación se podrá calcular la corriente de salida del regulador de carga.

$$Irc = \left(\frac{Pm}{Vb} \right) \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

Irc: corriente regulador de carga, (A)

Pm: potencia máxima del arreglo de paneles, (W o VA)

Vb: voltaje baterías, (V)

3.1.13. Cálculo de corrientes en el inversor

Mediante la siguiente ecuación se podrá calcular la corriente de entrada y salida del inversor DC/AC.

Por medio de la siguiente ecuación se podrá calcular la corriente de entrada del inversor.

$$Ime = \left(\frac{Pmi}{Vb} \right) \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde:

Ime: Corriente máxima de entrada del inversor, (A)

Pmi: Potencia máxima del inversor, (W o VA)

V: Tensión de la batería, (V)

Y con la siguiente ecuación se podrá calcular la corriente de salida del inversor.

$$ImS = \left(\frac{PmS}{Vsi} \right) \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

ImS: Corriente máxima de salida del inversor, (A)

PmS: Potencia máxima del inversor, (W o VA)

Vsi: Tensión de servicio del inversor, (V)

3.1.14. Cálculo de los fusibles e interruptores para los paneles solares

Para determinar la ampacidad de los fusibles se debe ocupar la ecuación 3.1 multiplicado por 1,56, ya que en la normativa oficial mexicana NOM-001-SEDE-2018, artículo 690-8 (a) menciona “Cuando se aplican los requisitos de (a)(1) y (b)(1), el factor de multiplicación resultante es del 156 por ciento” [33].

Por lo que, la siguiente ecuación determina la ampacidad de los fusibles.

$$I_p = (N_{pp} \times I_{sc}) \times 1,56 \quad \text{Ec. (3.8)}$$

3.1.15. Protecciones eléctricas contra sobrecarga y cortocircuito en el sistema

Para el cálculo de las protecciones se debe realizar conforme al Art. 690-8 (a) de la norma NOM-001-SEDE-2018, que establece, para el sistema fotovoltaico de corriente continua se debe aplicar un factor de corrección de 1,56 adicional al valor de corriente calculado [33].

Para la salida del inversor que transporta corriente alterna debe aplicar un factor de corrección de 1,25 más de la potencial nominal del inversor, para las protecciones de sobretensión se debe aplicar un factor de corrección de 1,25 adicional a la tensión calculada [34].

Se debe tomar en cuenta la tabla de capacidades estándar de fusibles e interruptores del Art. 240-6 (a) de la norma NOM-001-SEDE-2018.

Posterior analizar aspectos tales como disponibilidad en el mercado, calidad y costos.

3.1.16. Parámetros calculados

La Universidad técnica de Cotopaxi tiene 13 paneles solares, de los cuales 10 son de la marca Simax (Suzhou) Green New Energy y cada uno posee una potencia de 140 W, que trabajan a un voltaje de circuito abierto (V_{cc}) de 21,8 V y a una corriente en corto circuito (I_{sc}) de 7,87, los 3 paneles solares restantes son de 150 W.

Los 3 paneles de 150 W no se los va a utilizar, es cierto que se puede realizar arreglos con paneles de diferente potencia, pero no es recomendable porque puede ocasionar daños y enfrentarse a dos problemas que son el efecto miss-match y el efecto del máximo MPPT relativo.

Por esta razón se consideró implementar un arreglo de 3x3, es decir, 3 paneles en serie y 3 en

paralelo, dando un total de 9 paneles a emplear.

En la siguiente tabla 3.2 se puede visualizar los resultados obtenidos de la potencia, voltaje y corriente que genera los 3 paneles en serie.

Tabla 3.2: Cálculos de potencia, voltaje y corriente de los 3 paneles solares en serie

DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RESULTADOS
Potencia máxima	(3.4)	420 W
Voltaje máximo	(3.2)	53,4 V
Voltaje circuito abierto	(3.2)	65,4 V
Corriente de cortocircuito	(3.1)	8,56 A
Corriente máxima	(3.1)	7,87 A

El desarrollo de la tabla anterior se puede observar en el Anexo I.

La tabla 3.3 muestra los resultados obtenidos de potencia, voltaje y corriente que genera el sistema fotovoltaico del arreglo de 3x3.

Tabla 3.3: Cálculos de potencia, voltaje y corriente del arreglo fotovoltaico de 3x3

DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RESULTADOS
Potencia máxima	(3.4)	1.260 W
Voltaje máximo	(3.2)	53,4 V
Voltaje circuito abierto	(3.2)	65,4 V
Corriente de cortocircuito	(3.1)	25,68A
Corriente máxima	(3.1)	23,61 A

El desarrollo de tabla anterior se puede observar en el Anexo I.

3.1.16.1. Cálculo de la corriente del regulador de carga

En la tabla 3.4 se puede visualizar el resultado de los cálculos del regulador de carga, se conoce que el regulador de carga TriStar trabaja en corriente nominal o en dedicación con intensidad de 60 A y un voltaje del sistema de 12-48V.

Tabla 3.4: Cálculo de la corriente y tensión del regulador de carga

DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RESULTADOS
Corriente	(3.5)	26,25 A
Voltaje		48 V

El desarrollo de tabla anterior se puede observar en el Anexo I.

3.1.16.2. Cálculo de corriente del inversor

En la tabla 3.5 se puede visualizar el resultado de los cálculos de entrada y salida del inversor DC/AC, sabiendo que el inversor Power Star W7 tiene una potencia de 2000w, INPUT DC 48V.

Tabla 3.5: Cálculo de la corriente de entrada y salida del inversor DC/AC

DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RESULTADOS
Corriente de entrada del inversor	(2.6)	41,67 A
Corriente de salida del inversor	(2.7)	18,18 V

El desarrollo de tabla anterior se puede observar en el Anexo I.

3.1.16.3. Cálculo del conductor para el sistema fotovoltaico

En la tabla 3.6 se puede observar el resultado del cálculo del conductor para el sistema fotovoltaico.

Tabla 3.6: Cable dimensionado

DESCRIPCI	ECUACIÓ	RESULTAD	CALIBR
-----------	---------	----------	--------

ÓN	N	OS	E
Conductor Sistema fotovoltaico	(3.8)	26,75 A	10 AWG
Conductor regulador de carga, inversor y batería	(3.8)	65 A	4 AWG

El desarrollo de tabla anterior se puede observar en el Anexo I.

3.1.16.4. Cálculo de las protecciones del sistema fotovoltaico

En la siguiente tabla 3.7 se puede visualizar el resultado de las protecciones, aplicado el factor de correcto mencionados en los literales 3.1.15 a 3.1.16 y los resultados de las tablas 3.2 a 3.6.

Tabla 3.7: Resultado con el factor de corrección

Protecciones	Ubicaciones	Resultado
Fusibles en arreglo de 3 en serie	Paneles solares- Regulador de carga	13,35 A
Disyuntor DC N°1	Paneles solares- Regulador de carga	40 A
Disyuntor DC N°2	Regulador de carga- baterías	40,95 A
Disyuntor DC N°3	Baterías – Inversor	65 A
Disyuntor AC N°4	Inversor salida	22,73 A
Descargador de sobre tensión DC N° 1	Paneles solares- Regulador de carga	81,75 V

Descargador de sobre tensión AC N° 2	Inversor salida	137,50 V
---	-----------------	----------

El desarrollo de tabla anterior se puede observar en el Anexo I.

3.1.16.5. Tabla de estandarización de protecciones eléctricas

En la siguiente tabla 3.8 se puede observar capacidades estándar para fusibles e interruptores en amperios para protecciones eléctricas fotovoltaicas de la tabla 240-6(a) de la normativa NOM-001-SEDE-2018 [33].

Tabla 3.8: Capacidades estándar para protecciones eléctricas en amperios [33]

Clasificaciones de amperes estándar				
15	20	25	30	35
40	45	50	60	70
80	90	100	110	125
150	175	200	225	250
300	350	400	450	500
600	700	800	1000	1200
1600	2000	2500	3000	4000
5000	6000	—	—	—

3.1.16.6. Diagrama unifilar de las protecciones eléctricas fotovoltaicas.

En la figura 3.2 se puede visualizar el diagrama unifilar que será implementado en la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el anexo VII puede ver el arreglo del sistema fotovoltaico, conexiones y protecciones.

Se puede observar en el anexo VIII el diagrama de conexiones de todo el sistema fotovoltaico de 2kW.

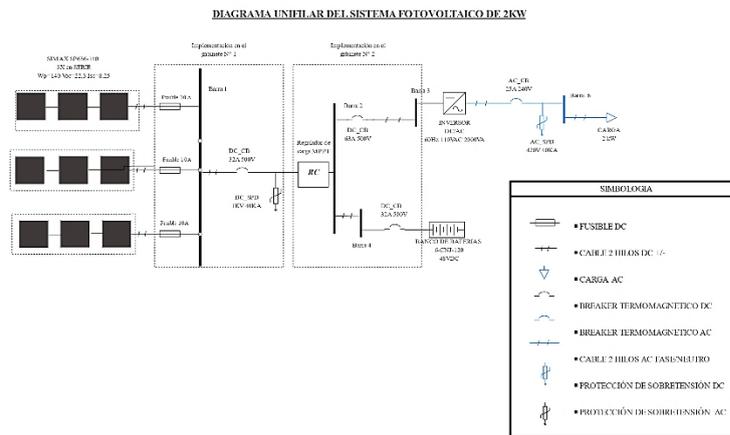


Figura 3.3: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico

3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.2.1. Análisis de la caída de tensión y coordinación de protecciones

Una vez que se obtuvo los datos de los equipos disponibles se realizó el dimensionamiento, se procedió al análisis de la caída de tensión del sistema fotovoltaico y la coordinación de protecciones.

De esta manera obtuvimos la caída de tensión de todo el sistema fotovoltaico y la gráfica con el tiempo de disparo de cada protección implementada.

3.2.2. Diagrama unifilar en el software ETAP

La figura 3.4, muestra el diagrama de la instalación fotovoltaica con el sistema de protecciones eléctricas ya implementada.

La simulación se realizó con la finalidad de observar el funcionamiento, caída de tensión del sistema y la coordinación de protecciones también para la ubicación de cada uno de los dispositivos que conforma la instalación.

En el diagrama se puede visualizar los valores de cada protección eléctrica, dispositivos y condición de las barras.

Se tiene tres cadenas de paneles solares con una potencia 140 W, V_{mp} 17.8 V, I_{mp} 7.87 A, fusibles DC de 10A, cable solar de 10 AWG cobre que conecta los paneles al disyuntor 1, disyuntor 1 DC de dos polos de 32A, cable solar 1/C cobre 4 AWG del disyuntor 1 al BUS 05_DC, disyuntor que protege la batería de dos polos 32 A, cable solar 1/C cobre 4 AWG que

se encuentra entre el disyunto y la batería, batería de gel.

En las instalaciones fotovoltaicas de 100 A, disyuntor 3 de 32 A que protege al cable solar 1/C cobre 4 AWG y al inversor que ingresa una corriente de 48 V DC y tiene una salida de 120 V AC, por último, se tiene un disyuntor de corriente AC de 25 A que protege a la carga de 2 kW.

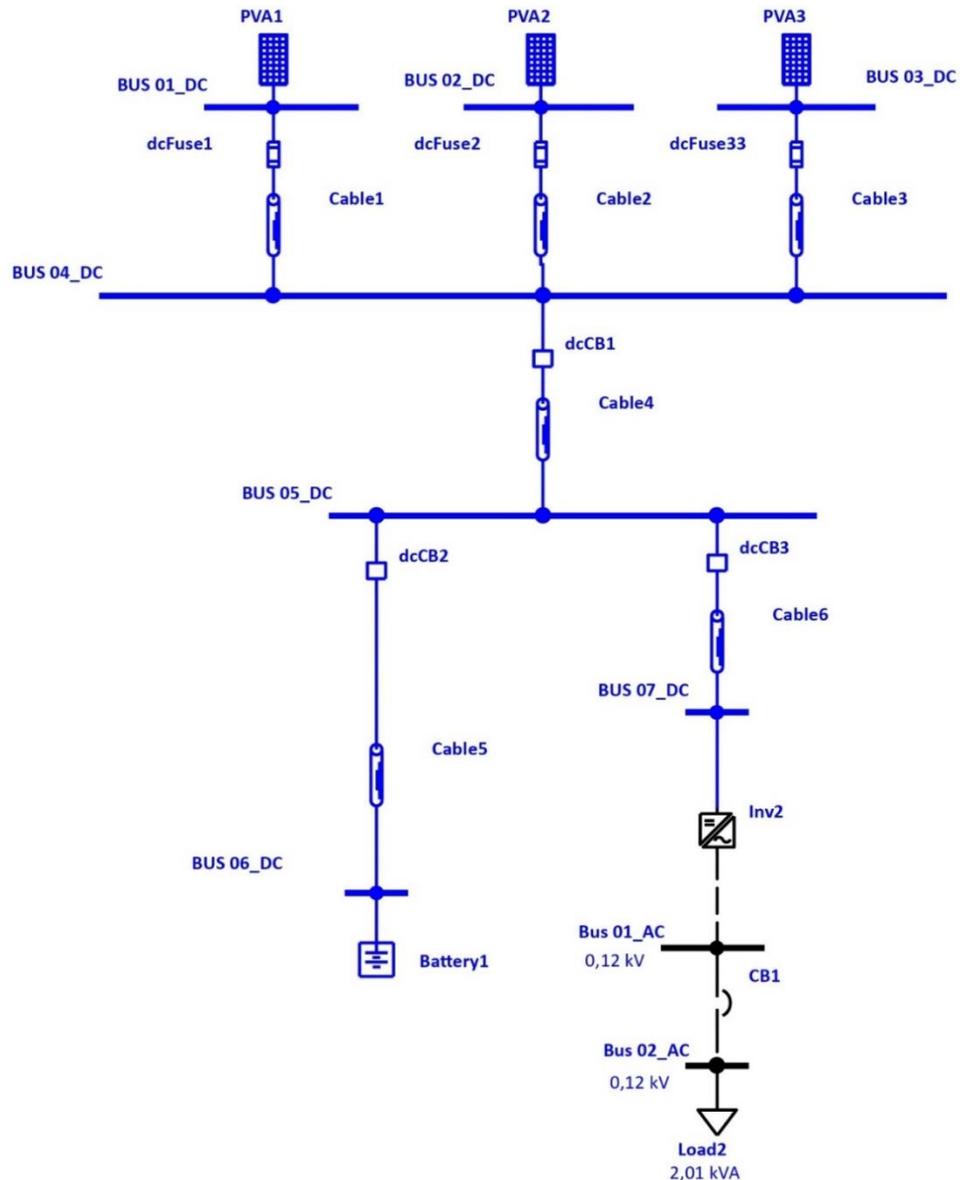


Figura 3.4: Diagrama unifilar de la instalación fotovoltaica

3.2.3. Simulación del diagrama en el software ETAP

La siguiente figura 3.5 muestra el flujo de corriente que sale de los paneles de 8 A y en la barra que une los paneles tiene una corriente de 25 A, ya que es la suma de corriente de todos los

paneles.

Se puede observar el valor de 25 A en todas las barras porque es la suma de todos los amperios que salen del arreglo de los paneles.

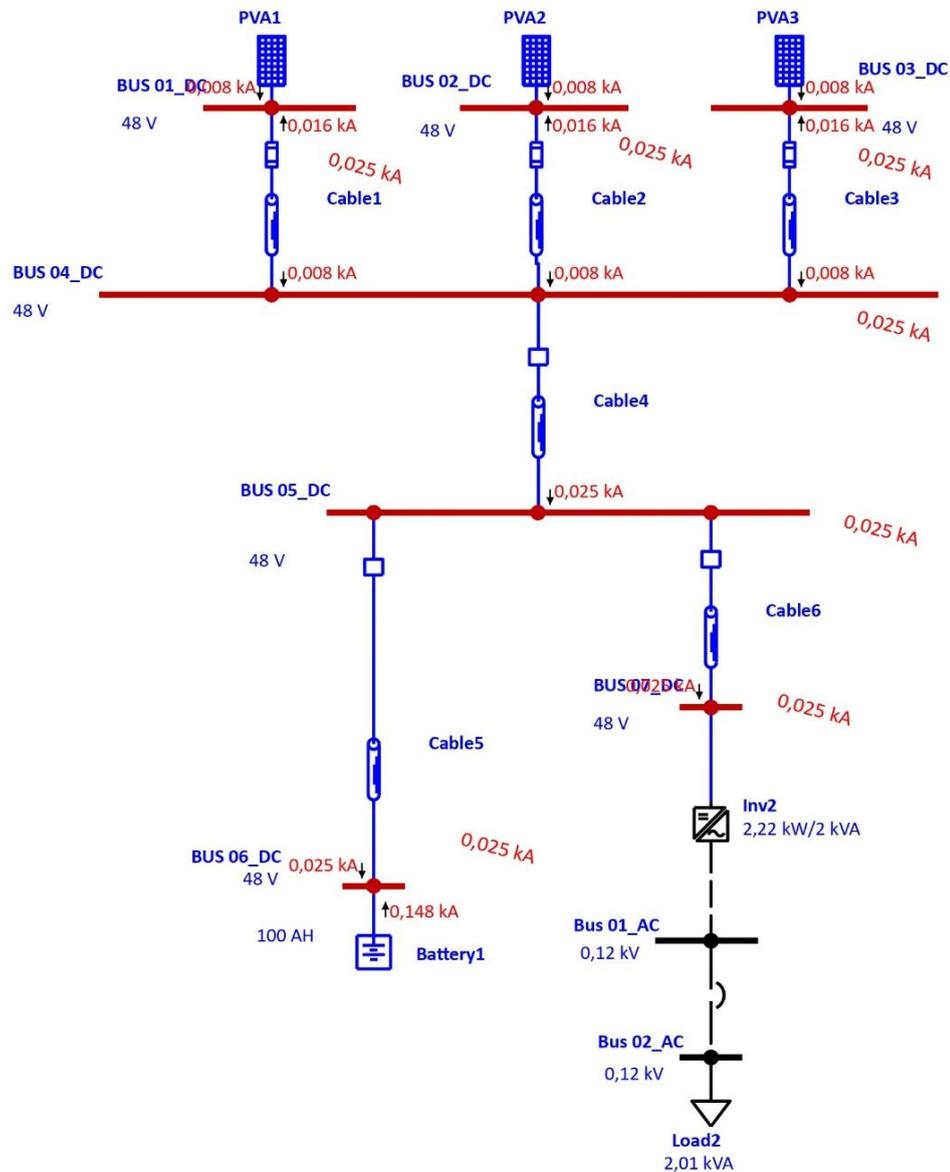


Figura 3.5: Simulación de flujo de corriente

En la figura 3.6, se puede observar la caída de tensión que existen en cada una de las barras, como se visualiza en las barras que están conectados los paneles, tenemos que la caída de tensión, entre la barra 1 y la barra principal 4 es de 0,2 V, barra 2-4 es de 0,3 V, barra 3-4 es de 0,4 V, barra 4-5 es de 0,5 V, barra 5-7 es de 0,3 V.

La caída de tensión se debe a la resistencia que tienen los conductores al momento de

transportar la energía eléctrica.

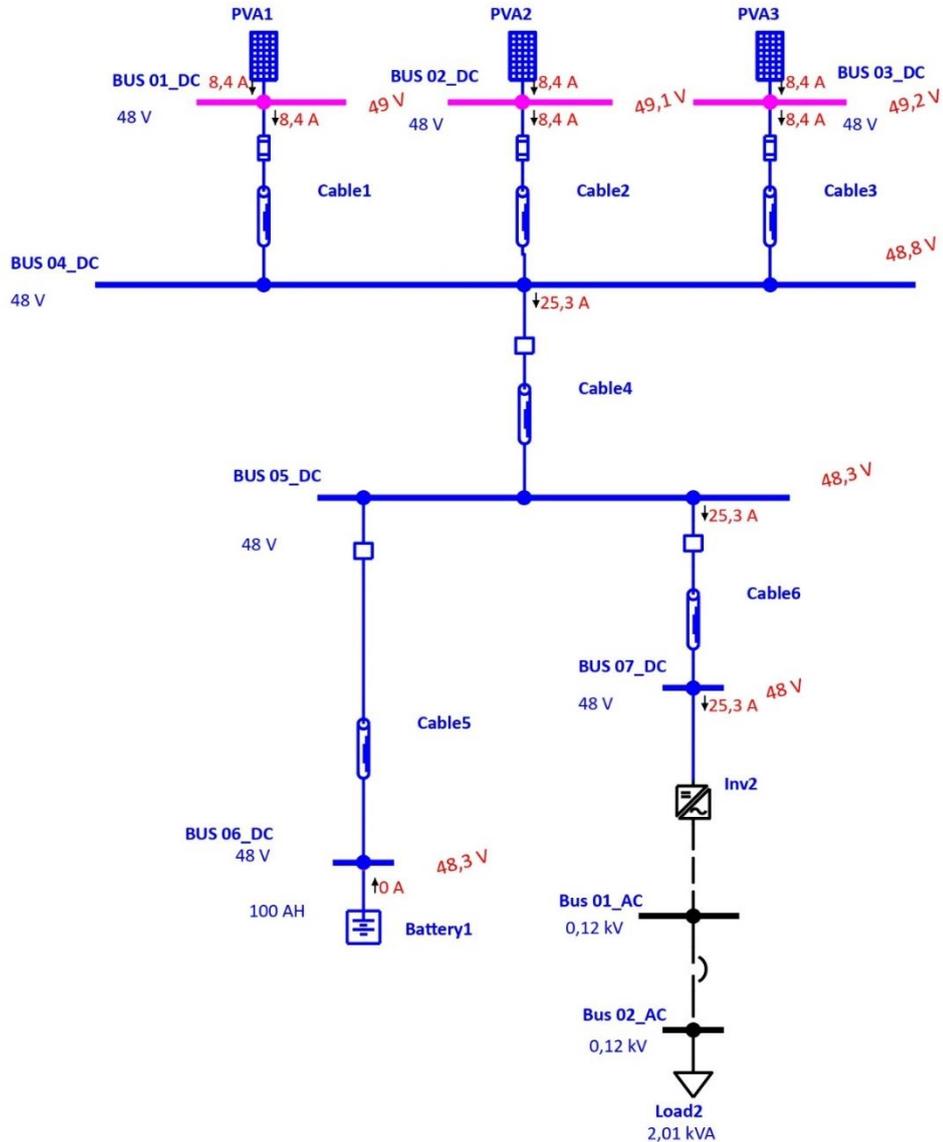


Figura 3.6: Caída de tensión de las barras

3.3. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN SOFTWARE ETAP

En la siguiente figura 3.7 se puede observar la coordinación de las protecciones del sistema fotovoltaico y el tiempo que actuarán cada una de ellas.

En la figura 3.7 se visualiza la coordinación de protecciones del sistema fotovoltaico en el cual los fusibles de 10 A actuarán primeros, ya que son elementos electrónicos y su respuesta es rápida.

En la gráfica se visualiza un disyuntor de dos polos DC de 32 A que está ubicado entre los paneles-regulador de carga, un disyuntor de dos polos DC de 32 A que se encuentra entre el regulador de carga-baterías, un disyuntor de dos polos DC de 32A que está entre el regulador de carga-inversor y por último se tiene un disyuntor de L/N AC de 25A que está ubicado entre el inversor y la carga de 2 kW. Los cuales protegen a los cables y a los dispositivos que conforman el sistema fotovoltaico.

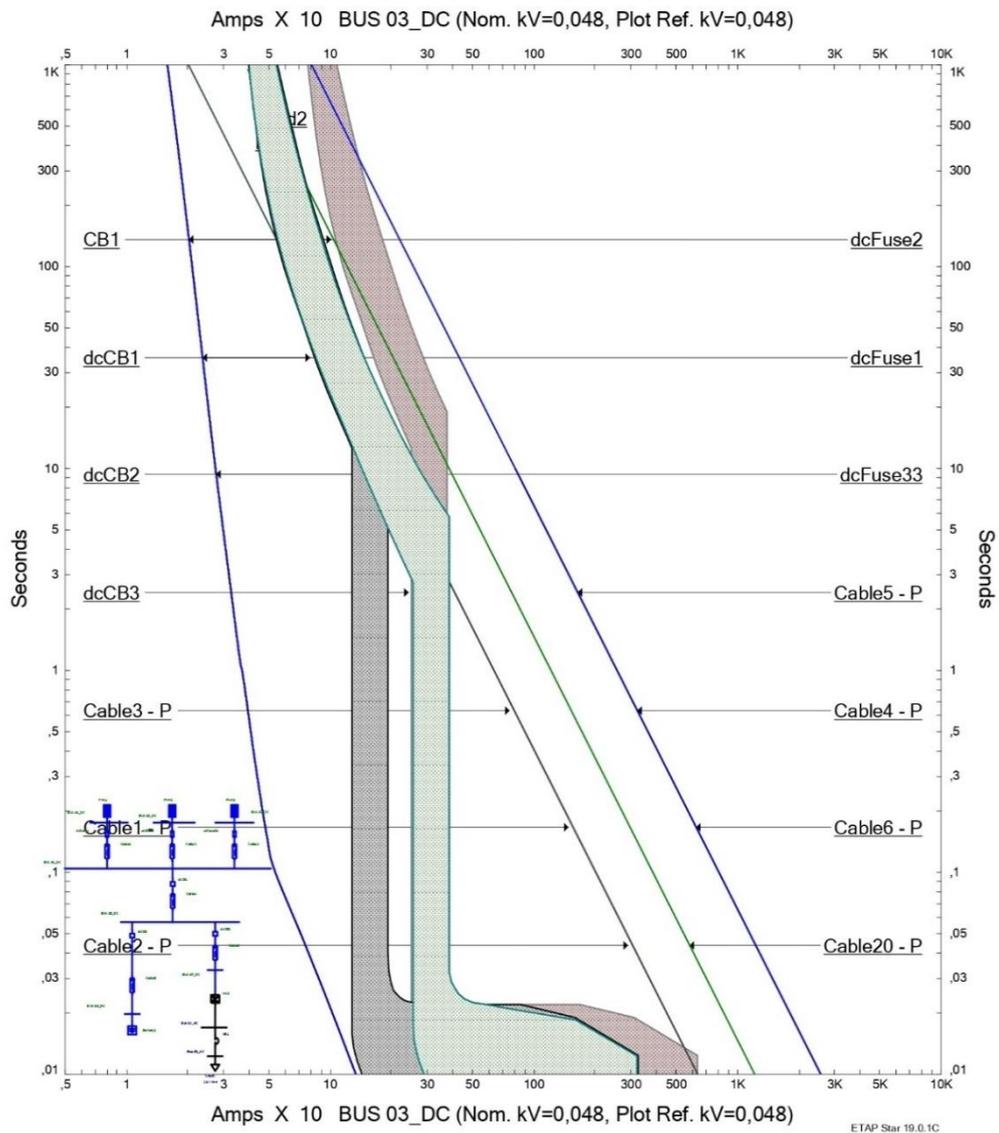


Figura 3.7: Coordinación de protecciones general

En la siguiente figura 3.8, se observa la coordinación de protección en la parte de los paneles solares, los fusibles actúan primero en caso de falla protegiendo al cable y los dispositivos conectados, se puede visualizar que el fusible se acciona al momento que llegue a los 10 A el

tiempo de reacción es de 0 segundos esto quiere decir que es inmediata su activación.

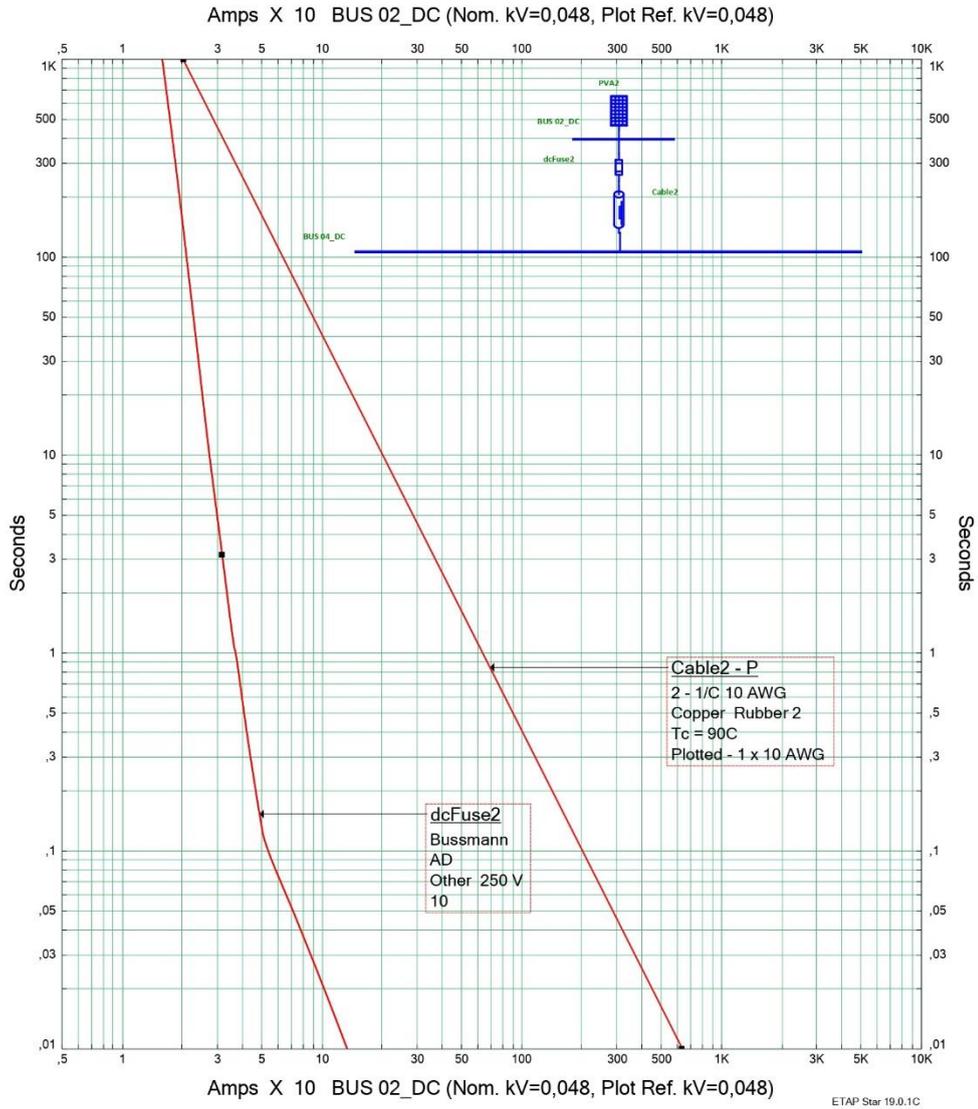


Figura 3.8: Coordinación de protecciones en los paneles solares

En la siguiente figura 3.9, se observa la coordinación de protección en la parte de los paneles hasta el regulador de carga que se acciona, en este caso el disyuntor de 32 A y protegiendo al cable solar y regulador.

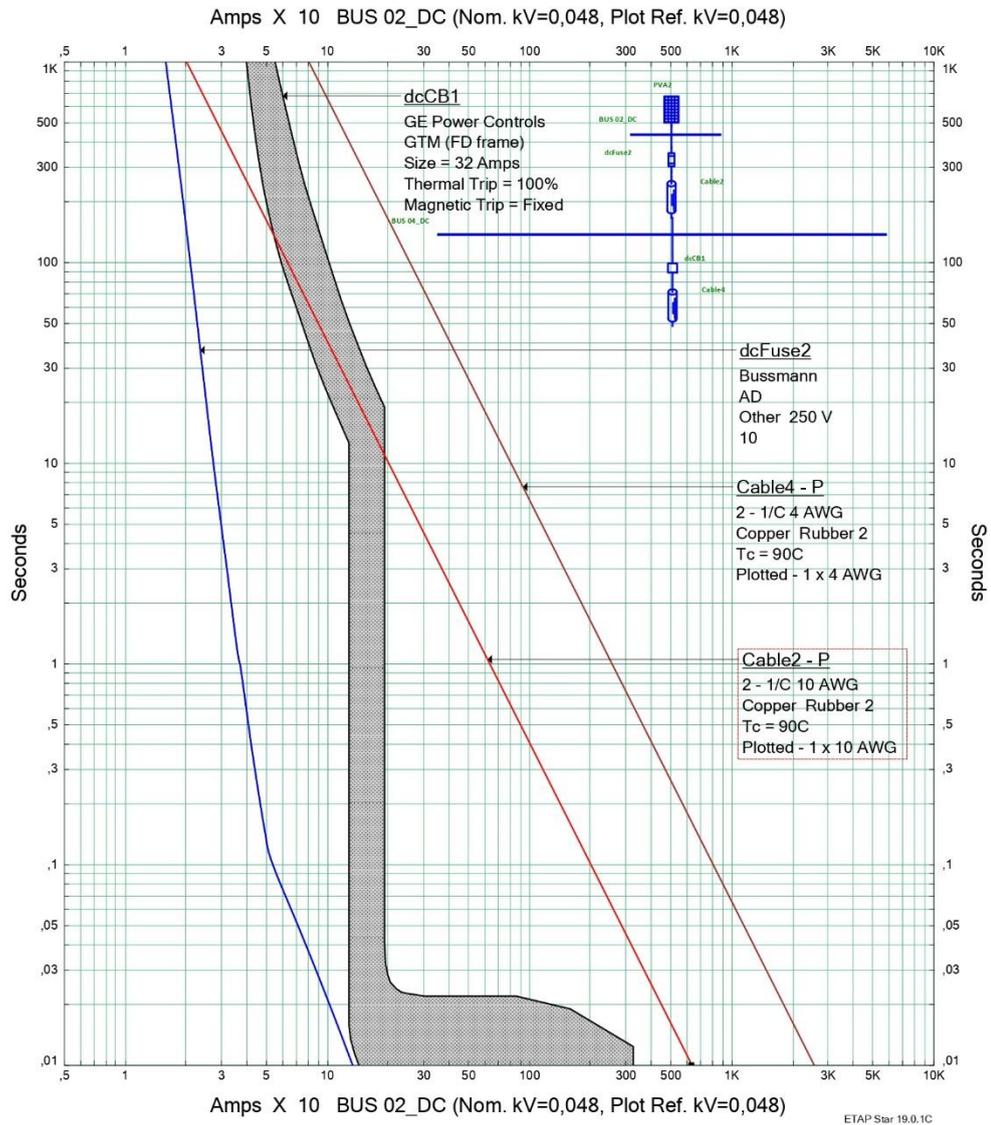


Figura 3.9: Coordinación de protección de los paneles al regulador de carga

Se puede observar en la figura 3.10, la coordinación en la parte de las baterías, en este caso tenemos un disyuntor de 32A que está protegiendo a la batería con una intensidad de 100A y el cable solar de 4 AWG, se puede visualizar que la protección cumple con su objetivo de proteger a los elementos que se encuentra conectados.

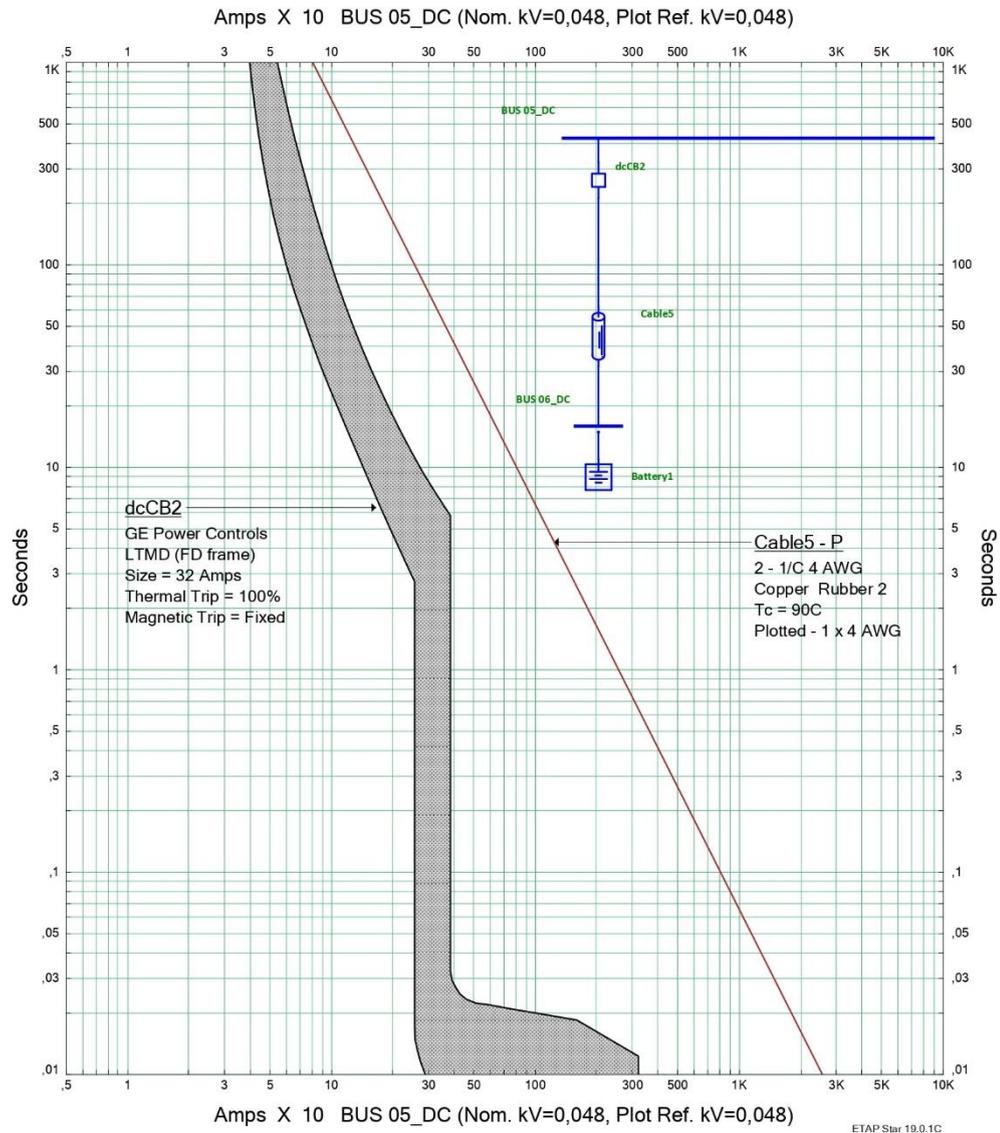


Figura 3.10: Coordinación de protección en la parte de baterías

Como se puede visualizar en la figura 3.11 la coordinación de protección del regulador, inversor que actúan el disyuntor de 32 A protegiendo la entrada del inversor y al cable solar 4 AWG, también se observa los tiempos de reacción que va a tener la protección.

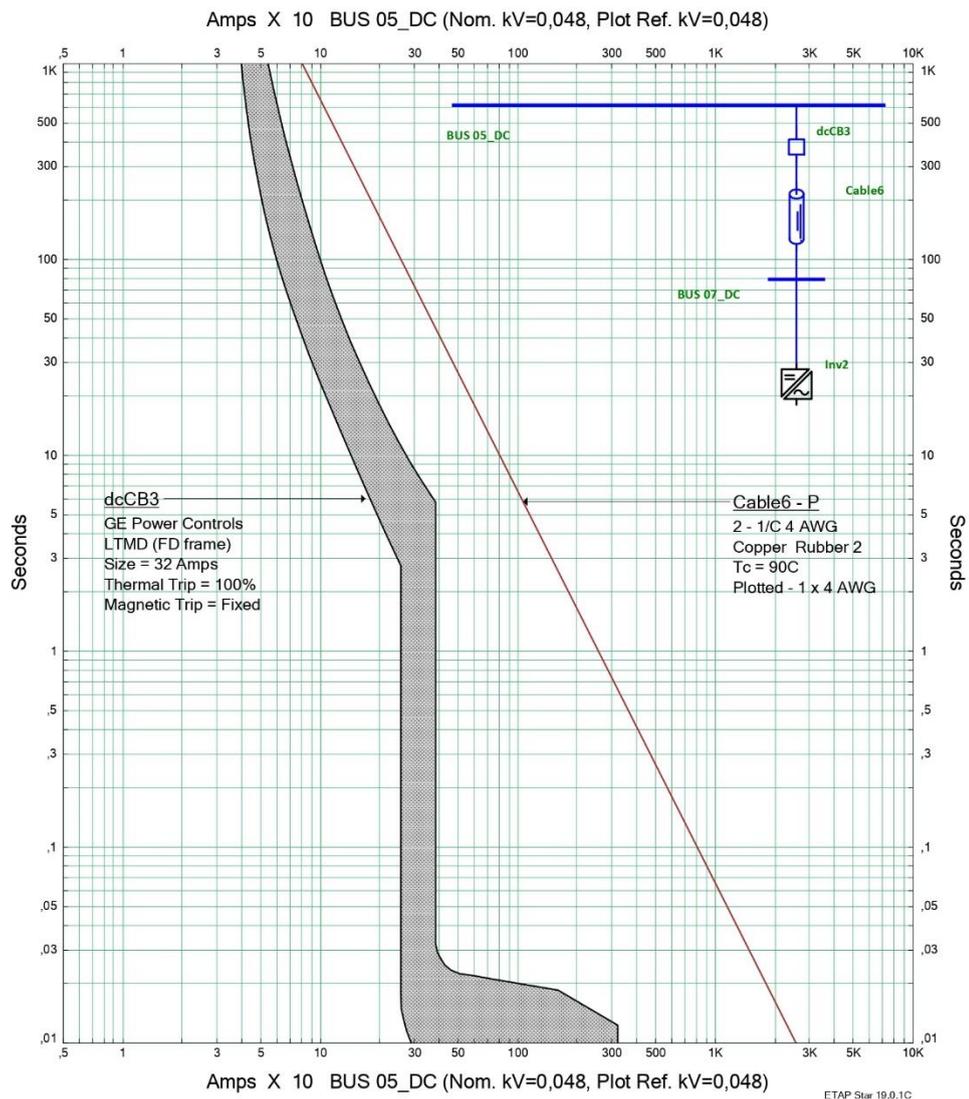


Figura 3.11 Coordinación de protección en la parte del regulador al inversor

En la figura 3.12, se visualiza la coordinación de protección en la parte de corriente alterna tiene un breaker de 25 A que está protegiendo la carga de 2kW y al cable de 8 AWG.

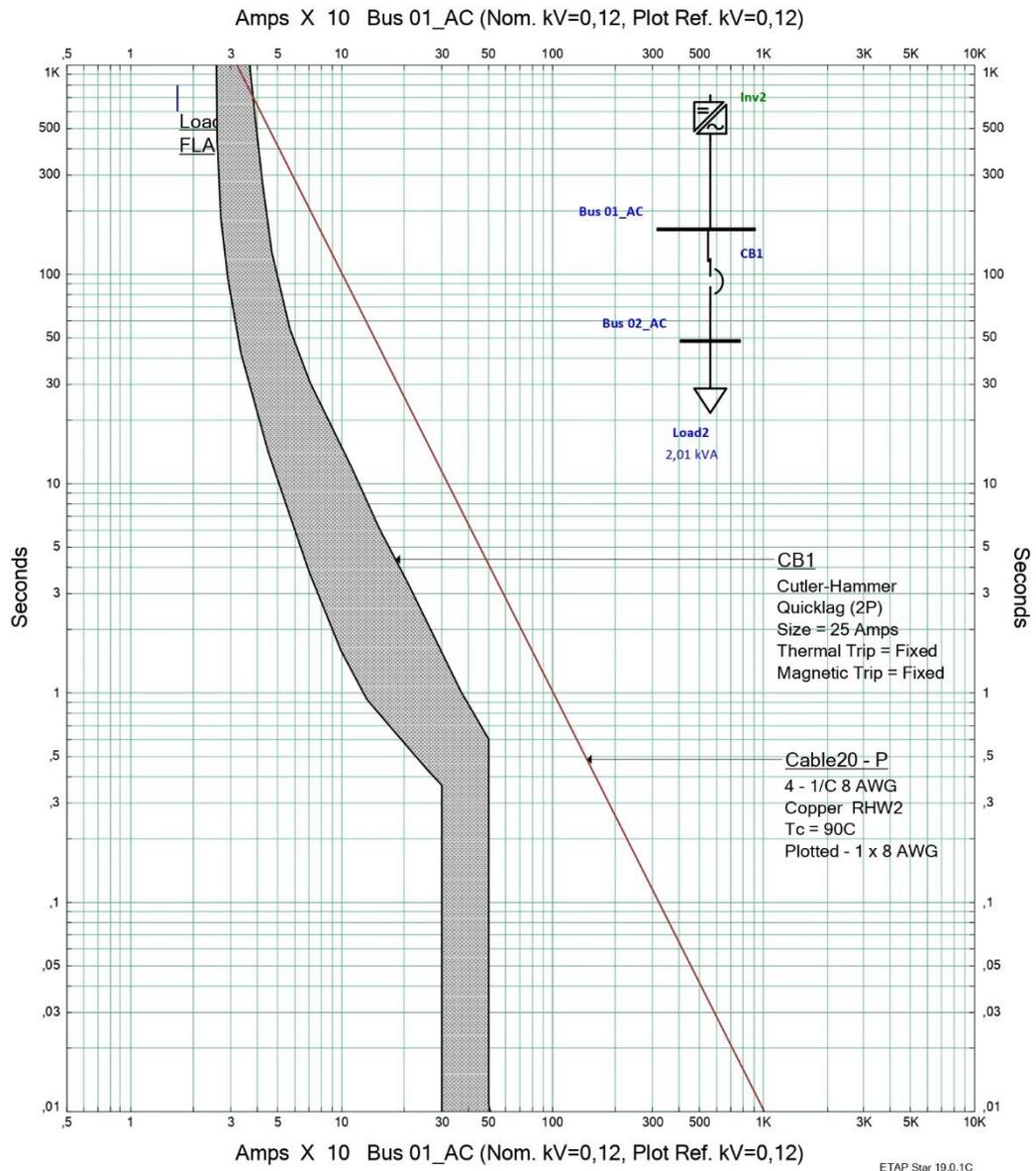


Figura 3.12: Coordinación de protección de corriente alterna

3.4. UBICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación se realizó en la terraza del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga como se muestra en la figura 3.13.

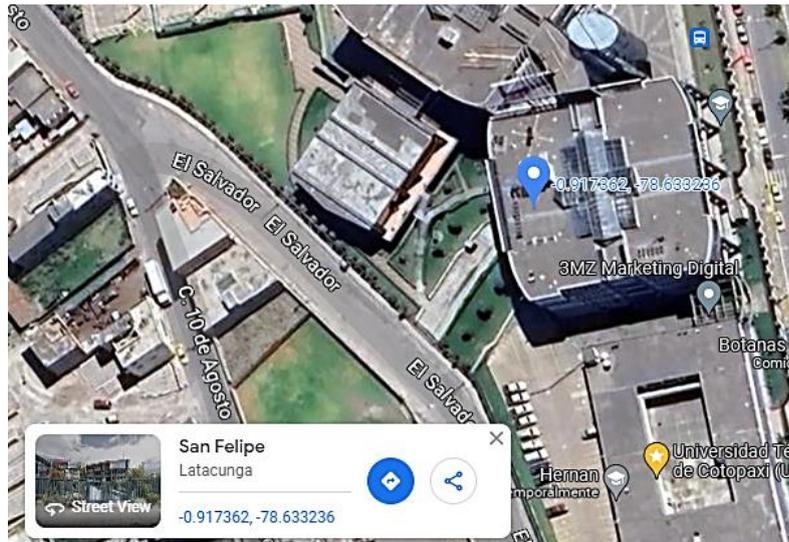


Figura 3.13: Ubicación del lugar de implementación

3.5. IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIONES

En la figura 3.14 se puede observar la implementación de los conectores Mc4 macho y hembra a los 9 paneles fotovoltaicos.



Figura 3.14: Implementación de los conectores Mc4

En la siguiente figura 3.15 se puede observar el armado del gabinete eléctrico respetando las medidas del riel y la canaleta ranurada de 40x60 mm.

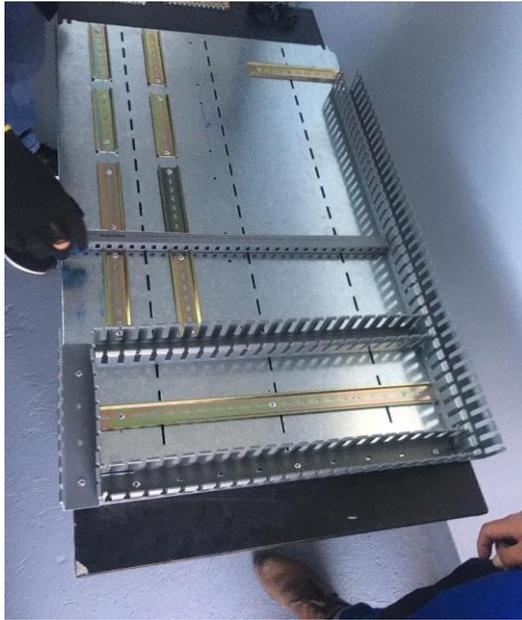


Figura 3.15: Armado del Gabinete

En la figura 3.16 se puede observar la implementación de los portafusibles con su respectivo fusile.

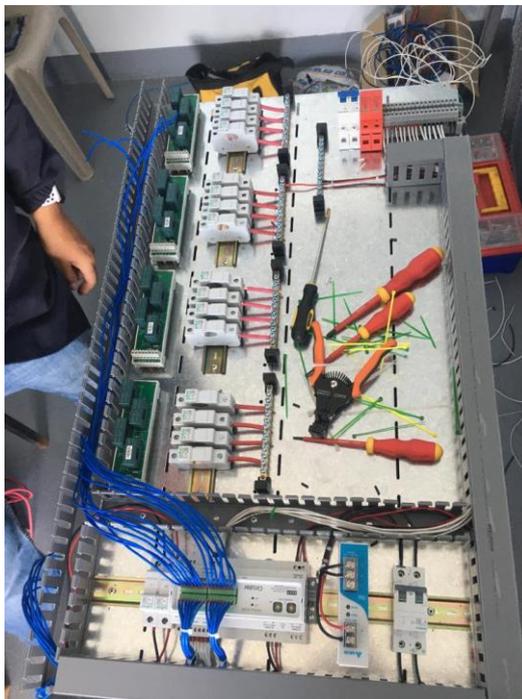


Figura 3.16: Implementación de los fusibles

En la figura 3.17 se puede observar la implementación de las protecciones eléctricas de los paneles solares en el gabinete.

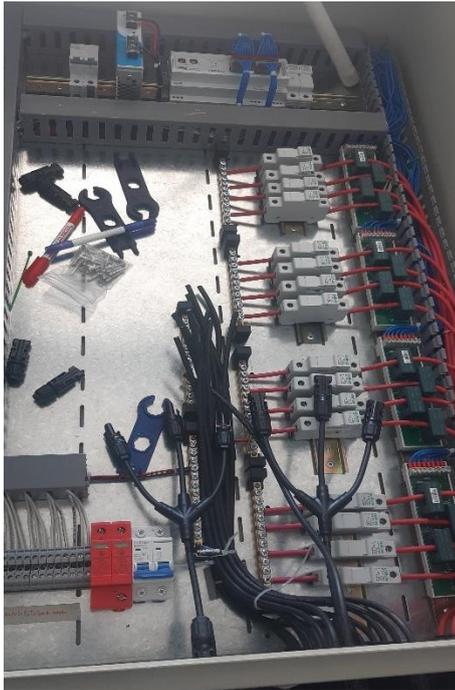


Figura 3.17: Implementación de las protecciones eléctricas

En la figura 3.18 se muestran la implementación de las protecciones de la salida del regulador de carga hacia el inversor y batería.



Figura 3.18: Implementación de protecciones salida del regulador de carga

En la figura 3.19 se puede observar la implementación de las protecciones de la salida del inversor.



Figura 3.19: Implementación de las protecciones salida del inversor

3.5.1. Protecciones seleccionadas

En la tabla 3.9 se puede observar un listado de las protecciones eléctricas seleccionadas para la implementación en el sistema fotovoltaico, todos estos elementos se importaron de otro país.

Tabla 3.9: Protecciones seleccionadas para el sistema fotovoltaico

Protecciones	Características		Cantidad
	Amperios	Voltios	
Fusibles	10 A	1k V	6
Disyuntor DC de 2 polos	32 A	500 V	2
Disyuntor DC de 2 polos	63 A	500 V	1
Disyuntor AC de 2 polos	25 A	120/240 V	1
Protección de sobretensión DC 2 polos	40k A	1k V	1
Protección de sobretensión AC 1P+N	40k A	420 V	1

3.5.2. Análisis de costos de protecciones

Para la implementación de las protecciones al sistema fotovoltaico se adquirieron herramientas y materiales que se puede visualizar en la siguiente tabla 3.10. Con esto se puede comprobar y verificar la inversión que se realizó para este proyecto.

Tabla 3.10: Costo de herramientas y materiales

Material	Cantidad	Costo
Cable solar Nexans 10 AWG 1X6MM2 1KV 120°C Negro, 100 M.	1	150
Gabinete Metálico Ip 64	1	255,80
Disyuntores DC, AC	5	103,50
Sobretensión DC, AC	2	44,83
Conectores de panel solar IP67, macho/hembra	100	46,99
Soportes de fusibles solares y fusibles 15 A	6	41,99
Juego de herramientas de crimpado de 5 piezas	1	86,99
Batería de gel	1	200
Crimpadora hidráulica de cable TH0005 V2.0	1	280
TOTAL		\$ 1.123,28

En la tabla anterior, se puede observar el costo total de \$ 1.123,28 que son de todas las herramientas y materiales adquiridos para la instalación fotovoltaica.

En la siguiente tabla 3.11 se muestra el gasto indirecto (Mano de obra).

Tabla 3.11: Costo de gastos indirectos

Descripción	Costo
Levantamiento de información Dimensionamiento de protecciones Diagrama de conexiones	400
Mano de obra	200
TOTAL	\$ 600

En la tabla anterior, se puede observar el gasto indirecto total de \$ 600 realizado en el proyecto.

En la siguiente tabla se puede visualizar el monto total del proyecto.

Tabla 3.12: Monto total del proyecto

Descripción	Costo
Materiales y herramientas	1.123,28
Gastos indirectos	600
TOTAL	1.723,28

En la tabla 3.12, se puede observar el presupuesto económico del proyecto.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Como resultado de la búsqueda bibliográfica se pudo obtener ecuaciones para calcular la corriente, voltaje y potencia de cada elemento del sistema fotovoltaico, para los cálculos realizados se consideró los datos de la placa que proporcionan los fabricantes. Los equipos disponibles en Universidad Técnica de Cotopaxi son 9 paneles SIMAX SP636, cada uno de ellos posee una potencia de 140 W, regulador de carga TriStar TS de 60 A, inversor DC/AC PowerStar W7 con un voltaje de entrada de 48 V y voltaje de salida de 110 V y una batería aokly de 12 V, 100 A. Todos estos equipos se encuentran disponibles y

operativos.

- Con los valores obtenidos por medio de los cálculos matemáticos de las ecuaciones de corriente, voltaje y tensión se aplicó el factor de corrección de 1,56 a las protecciones de DC del sistema fotovoltaico y a la salida del inversor AC un factor de corrección de 1,25 a cada uno de los dispositivos de protección eléctrica del sistema fotovoltaico en base a la normativa vigente NOM 001 SEDE 2018 Artículo 690, teniendo en cuenta que el factor de corrección es diferente para los dispositivos en corriente continua y alterna, obteniendo protecciones eléctricas aptas para la implementación.
- La simulación se realizó con los valores de las placas de los equipos y del dimensionamiento de protecciones eléctricas obteniendo la caída de tensión del 5% por barra, debido a la resistividad que tienen los conductores y la distancia que se va a transportar la corriente, de la misma manera en la coordinación de protecciones se visualizó que para una corriente de falla de 50 A el fusible 1 actúa en 0,011 segundos; y para la protección principal del disyuntor una falla de 100 A actúa a los 10 segundos tuvo una respuesta rápida al momento de activarse y proteger al conductor solar y los dispositivos que se encuentran en la instalación fotovoltaica.
- Al implementar se utilizó un gabinete de 100x60x30 cm, el cual aloja las protecciones eléctricas DC de cada uno de los arreglos. Finalmente, se verificó el funcionamiento por medio de un multímetro, obteniendo un voltaje de 20,40 V por cada panel solar y un voltaje de arreglo de 61,6 V en el sistema fotovoltaico.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere el estudio y dimensionamiento de un sistema de puesta a tierra para la instalación fotovoltaica, ya que en el proyecto no se encuentra implementado.
- Analizar toda la instalación fotovoltaica para implementar un sistema ON GRID esto ayudaría a reducir los costos de consumo de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Se recomienda utilizar paneles con características semejantes, ya que esto puede afectar al funcionamiento, porque puede ocasionar que el panel con mayor corriente delimita la corriente máxima del panel que tiene una menor potencia.
- Implementar en los paneles un seguidor solar para mejorar la orientación y lograr una mayor captación de la radiación solar.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] C. Janeth y D. Urbina, «Análisis del impacto sobre las protecciones eléctricas al instalar sistemas solares fotovoltaicos en una red de distribución con nivel de tensión 13.2 kv», 2015, Accedido: 3 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57305>
- [2] J. Alvarado Ladrón de Guevara, «Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada», 2018.
- [3] S. De Guayaquil, F. De Educación, T. Para, y E. L. Desarrollo, «Diseño de un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicada en el cantón Daule, provincia del Guayas.», mar. 2020, Accedido: 3 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14295>
- [4] C. Chilingua, J. Alexander, H. Gordón, J. Javier, M. I. Moreano, y M. E. Homero, «Implementación del sistema de protecciones eléctricas para una estación fotovoltaica de autoconsumo de 500 w», 2022, Accedido: 3 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9569>
- [5] Ecofener, «¿Cómo se convierte la energía solar en energía eléctrica? - Blog Ecofener», 2018. <https://ecofener.com/blog/kw-se-convierte-la-energia-solar-energia-electrica/> (accedido 4 de agosto de 2023).
- [6] «Energía solar fotovoltaica y su contribución | ACCIONA | Business as unusual». https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?_adin=02021864894 (accedido 3 de agosto de 2023).
- [7] C. Velasco, «La inversión en energía fotovoltaica se cuadruplicará en Ecuador hasta 2023 – Diario La Hora», 2020. Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.lahora.com.ec/pais/solar-fotovoltaica-inversion-ecuador/>
- [8] S. Armijos Medrano, «La energía fotovoltaica gana espacio en Ecuador», 2023. Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.vistazo.com/enfoque/la-energia-fotovoltaica-gana-espacio-en-ecuador-AX5437763#google_vignette
- [9] «Conoce qué son los sistemas fotovoltaicos y su función».

- <https://solarama.mx/blog/que-son-los-sistemas-fotovoltaicos/> (accedido 4 de agosto de 2023).
- [10] C.-M. A. Abella y M. A. Abella, «Sistemas fotovoltaicos Sistemas Fotovoltaicos Sistemas fotovoltaicos Contenido».
- [11] «¿Que es un sistema solar OFF GRID? - Solartik ☀ Energía Solar Renovable». <https://solartik.ar/que-es-un-sistema-solar-off-grid/> (accedido 4 de agosto de 2023).
- [12] A. ESCOBAR MEJIA Ingeniero Electricista, M. Sc Profesor Asistente, M. HOLGUÍN LONDOÑO Ing Electricista, y J. R. CARLOS OSORIO Estudiante Ing Electricista, «Diseño e implementación de un seguidor solar para la optimización de un sistema fotovoltaico», *Scientia et Technica*, ISSN 0122-1701, Vol. 1, N°. 44, 2010, págs. 245-250, vol. 1, n.º 44, pp. 245-250, 2010, Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4566789&info=resumen&idioma=SPA>
- [13] «¿Qué es el EVA? - Eco Green Energy». <https://www.ecogreenenergy.com/es/que-es-el-eva/> (accedido 4 de agosto de 2023).
- [14] T. De, G. Facultad, C. Pardo, L. Angela, S. Pérez, y L. Fernanda, «MACROPROCESO DE APOYO CÓDIGO: AAAr113 PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO VERSIÓN: 3», Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: www.ucundinamarca.edu.co
- [15] «Panel solar monocristalino (negro) VS panel solar policristalino (azul): ¿Cuál es mejor? - Sonnenblume Solar». <https://1stsunflower.com/es/Panel-solar-monocristalino-negro-VS-panel-solar-policristalino-azul-%C2%BFCu%C3%A1-es-mejor-id3112492.html> (accedido 4 de agosto de 2023).
- [16] A. Garate Soto, «Metodología para el cumplimiento del Código Nacional de Electricidad para la seguridad de las instalaciones eléctricas - caso industriales», *Universidad Católica de Santa María*, ene. 2021, Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10480>

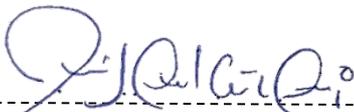
- [17] R. F. Farfán y D. Hoyos, «Comportamiento del plano de control de reguladores de carga difusos para sistema fotovoltaico implementando uno y dos núcleos de inferencia», *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 13, 2009, Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/97205>
- [18] «Regulador Solar SmartSolar MPPT 75/15 -12/24V-15A para autocaravanas y furgonetas camper | MasQueCamper». <https://www.masquecamper.com/producto/regulador-solar-smartsolar-mppt-75-15-12-24v-15a/> (accedido 4 de agosto de 2023).
- [19] J. Miguel y C. Flórez, «Ciclo profundo 48V 100AH 5kw de Iones Litio LiFePO 4 batería almacenamiento para Scooter EletriceCOAGULANTES POLIMERIZADOS: CASO DEL HIDROXICLORURO DE ALUMINIO», *Dyna (Medellin)*, vol. 78, n.º 165, pp. 18-27, 2011, Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532011000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [20] I. Horikoshi, «Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red», 2009, Accedido: 5 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/6901>
- [21] P. J. Alfredo, «Estados Unidos 2528 MW, Italia 3484 MW, Japón 3600 MW, España 3800MW. Alemania 17200 MW. Sin embargo en 2015, 1025 MW», vol. 2, n.º 511, 2016, Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: www.ecorfan.org/spain
- [22] R. D. Santos, M. Castro Fernández, B. Herrera, y A. Esigelec, «" SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA, SU DISEÑO "», 2012, Accedido: 5 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/317098488>
- [23] «Sistemas conectados a red de UTE». <https://www.mburuguay.com.uy/sistemas-conectados-a-red/> (accedido 5 de agosto de 2023).
- [24] J. D. Gomez Abril, «Desarrollo de un instructivo para la selección de

- protecciones eléctricas aplicadas en sistemas de generación fotovoltaica ON GRID y OFF GRID Modalidad: Desarrollo tecnológico», mar. 2023, Accedido: 5 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/12085>
- [25] «Protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos - Solartik Argentina». <https://solartik.com/ar/protecciones-electricas-para-sistemas-fotovoltaicos/> (accedido 5 de agosto de 2023).
- [26] F. De Informática, Y. Electrónica, A. Público, y E. N. La, «Control y monitoreo de un sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares para el alumbrado público en la Facultad de Informática y Electrónica.», 2016, Accedido: 4 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/6127>
- [27] «Paneles Solares para casas | Placas Fotovoltaicas». <https://www.generatupropiaenergia.es/tienda/paneles-solares/> (accedido 5 de agosto de 2023).
- [28] A. DE Uso Y Publicación A Favor De La Universidad y E. E. El Edificio De La Carrera De, «Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica en el edificio de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica del Norte», ene. 2020, Accedido: 5 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10103>
- [29] «Cableado solar cable fotovoltaico cable para paneles solares cable 10 cable solar 6mm | B2USA». <https://es.b2usa.com/hotsite/newsunpv/cableado-solar-cable-fotovoltaico-cable-> (accedido 5 de agosto de 2023).
- [30] G. Galván, «Lo que debes saber sobre los conectores MC4 - CCEEA», 2019. <https://ccee.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/lo-que-debes-saber-sobre-los-conectores-mc4> (accedido 5 de agosto de 2023).
- [31] «EdrawMax - Excelente herramienta de diagramas de flujo y diagramación». <https://www.edrawsoft.com/es/edraw-max/> (accedido 5 de agosto de 2023).
- [32] «ETAP | Software de Modelado, Análisis y Optimización de Sistemas de Potencia». <https://etap.com/es> (accedido 5 de agosto de 2023).

- [33] CCNNE, «Norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2018, Instalaciones eléctricas (Utilización)», *Diario Oficial de la Federación*, 2018, Accedido: 5 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cimenl.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/Anteproyecto-de-Norma-Oficial-Mexicana-NOM-001-SEDE-2018.pdf>
- [34] A. Sanchez, D. Martínez, R. de la Luz Santos, J. Ortega, y P. Sánchez, «Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial», *Instituto de Energías Renovables*, vol. 1, p. 316, 2017, Accedido: 5 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1314>

ANEXOS

INFORME ANTI PLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Electromecánica
Nombre del docente evaluador que emite en informe:	M.Sc. Cruz Panchi Luis Rolando
Documento evaluado:	Propuesta Tecnológica presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.
Autores del documento:	Achote Yasig Alex Fernando Rodriguez Vera Gregory Steven
Programa de similitud según el programa utilizado:	Sistema COMPILATIO
Observaciones: Calificación de originalidad atendidos a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones. 	2%
Fecha de realización del informe	16/08/2023
Captura de pantalla del documento analizado	
 <p>CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister</p> <p>Tesis diseño e implemetacion de protecciones a al S.F.V. 100 %_plagio</p> <p>2% Similitudes 1% Texto entre comillas 0% similitudes entre comillas < 1% Idioma no reconocido</p> <p>Nombre del documento: Tesis diseño e implemetacion de protecciones a al S.F.V. 100 %_plagio.docx ID del documento: 2220230b65ffde3f3303e5ade844483be0aec8d1 Tamaño del documento original: 3,64 MB</p> <p>Depositante: LUIS ROLANDO CRUZ PANCHI Fecha de depósito: 16/8/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 16/8/2023</p> <p>Número de palabras: 8024 Número de caracteres: 51.741</p> <p>Ubicación de las similitudes en el documento:</p>	
 ----- Ing. M.Sc. Luis Rolando Cruz Panchi C.I: 050259517-6	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Cálculos generales

1/2

Cálculo de los 3 paneles en serie:

$$P_m = 3 \times 140 \text{ W} = 420 \text{ W}$$

$$V_p = (3 \times 17,8 \text{ V}) = 53,4 \text{ V}$$

$$V_{oc} = (3 \times 21,8 \text{ V}) = 65,4 \text{ V}$$

$$I_{sc} = (1 \times 8,56 \text{ A}) = 8,56 \text{ A}$$

$$I_p = (1 \times 7,87 \text{ A}) = 7,87 \text{ A}$$

Cálculo del arreglo fotovoltaico

$$P_m = 6 \times 140 \text{ W} = 1.260 \text{ W}$$

$$V_p = (3 \times 17,8 \text{ V}) = 53,4 \text{ V}$$

$$V_{oc} = (3 \times 21,8 \text{ V}) = 65,4 \text{ V}$$

$$I_{sc} = (2 \times 8,56 \text{ A}) = 25,68 \text{ A}$$

$$I_p = (2 \times 7,87 \text{ A}) = 23,61 \text{ A}$$

Cálculo de la corriente del regulador de carga

$$I_{rc} = \left(\frac{840 \text{ W}}{48 \text{ V}} \right) = 26,25 \text{ A}$$

Cálculo de la corriente de entrada y salida del Inversor

$$I_{me} = \left(\frac{2000 \text{ W}}{48 \text{ V}} \right) = 41,67 \text{ A}$$

Salida

$$I_{ms} = \left(\frac{2000 \text{ W}}{110 \text{ V}} \right) = 18,18 \text{ A}$$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO I

Cálculos generales

2/2

Cálculo del conductor

Todo el sistema

$$I_c = 17,12 \times 1,56 = 26,70 \text{ A}$$

Regulador de carga inversor

$$I_c = 41,67 \times 1,56 = 65 \text{ A}$$

Cálculo con el factor de corrección

Fusibles en arreglo de 3 en serie

$$I_{sc} = 8,56 \text{ A} \times 1,56 = 13,35 \text{ A}$$

Disyuntor DC N°1

$$I_{sc} = 25,56 \text{ A} \times 1,56 = 40 \text{ A}$$

Disyuntor DC N°2

$$I_{rc} = 26,25 \text{ A} \times 1,56 = 40,95 \text{ A}$$

Disyuntor DC N°3

$$I_{me} = 41,67 \text{ A} \times 1,56 = 65 \text{ A}$$

Disyuntor AC N°4

$$I_{ms} = 18,18 \text{ A} \times 1,25 = 22,73$$

Descargador de sobre tensión DC N° 1

$$V_{oc} = 65,4 \text{ V} \times 1,25 = 81,74 \text{ V}$$

Descargador de sobre tensión AC N° 2

$$V_s = 110 \text{ V} \times 1,25 = 137,50$$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

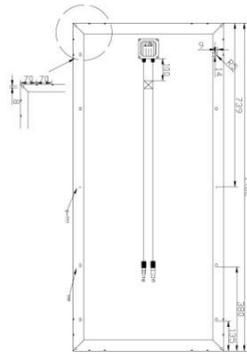
ANEXO II

Datasheet de los paneles solares

1/1



SIMAX 156 Polycrystalline Solar Module (SP636-125W-145W)



Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon solar cell 156x156(mm)
No. of Cells	36(4x9)
Dimensions	1482x676x50(mm)
Weight	14kg
Front Glass	3.2mm(0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

Output

Cable Type	Φ=4mm ²
Lengths	L=900mm
Junction Box	PV-GZX0601 MC3 or MC4

Temperature Coefficients

Nominal operating cell temperature(NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.035%/°C

Electrical Specifications

Parameters	SP636-125	SP636-130	SP636-135	SP636-140	SP636-145
Peak power Pm(W)	125±3%	130±3%	135±3%	140±3%	145±3%
Open circuit voltage Voc(V)	21.7	21.7	22.3	22.3	22.9
Max. power voltage Vmp(V)	17.7	17.5	18	18	18.5
Max. power current Imp(A)	7.14	7.43	7.5	7.78	7.84
Short circuit current Isc(A)	7.57	7.87	7.95	8.25	8.31
Dimensions(L*W*H)	1482*676*50				
Weight(kg)	14				
Max. over-current (A)	14				
Max. system voltage (V)	1000V DC				
Application Class	Class A				
Mono crystalline silicon solar cell	156x156*0.19mm				
No. of cells and connections	36 series				
No. of bypass diodes	6				
Bypass diode rating (A)	10				
Bypass diode max. junction temperature(°C)	200				
Bypass diode thermal resistance(°C/W)	3.0				
STC	Irradiance:1000W/m ² , Cell temperature:25°C, AM:1.5				
Maximum No. of series connection	43				
Maximum No. of parallel connection	2				

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO III

Datasheet del regulador de carga

1/1

11.0 Technical Specifications

ELECTRICAL

- System voltage ratings 12, 24, 48 Vdc
- Current ratings — Battery Charge Control
 - TS-45: 45 A
 - TS-60: 60 A
- Current ratings — Load Control
 - TS-45: 45 A
 - TS-60: 60 A
- Current ratings — Diversion Charge Control
 - TS-45: 45 A diversion load
 - TS-60: 60 A diversion load
- Accuracy
 - 12/24V: ≤ 0.1 % ± 50 mV
 - 48V: ≤ 0.1 % ± 100 mV
- Min. voltage to operate 9 V
- Max. solar array Voc 125 V
- Max. operating voltage 68 V
- Self-consumption less than 20 mA
- High temp shutdown 95°C disconnect solar
 90°C disconnect load / diversion load
 70°C reconnect solar / load / diversion load
- Solar high voltage disconnect highest equalization + 0.2V
 HVD reconnect 13.0V
- Transient surge protection:
 pulse power rating 4500 watts
 response < 5 nanosec

BATTERY CHARGING / RTS

- Charge algorithm: PWM, constant voltage
- Temp comp. coefficient -5mV/°C/cell (25°C ref)
- Temp comp. range: -30°C to +80°C
- Temp comp. setpoints PWM, float, equalize, HVD (with RTS option)

BATTERY CHARGING STATUS LED's

- G 13.3 to PWM
- G/Y 13.0 to 13.3 V
- Y 12.65 to 13.0 V
- Y/R 12.0 to 12.65 V
- R 0 to 12.0 V

Note: Multiply x 2 for 24V systems, x 4 for 48V systems

Note: The LED indications are for charging a battery. When discharging, the LED's will typically be Y/R or R.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO IV

Datasheet del inversor

1/1

General specification

Input Wave form: Sine wave (utility or generator)
Nominal voltage: 120VAC 230VAC
Low voltage trip: 85v ± 4% 184v/154v ± 4%
High voltage re engage: 95v ± 4% 194v/164v ± 4%
High voltage re engage: 135v ± 4% 263v ± 4%
High voltage re engage: 127v ± 4% 253v ± 4%
Max input AC voltage: 150VAC 270VAC
Nominal input frequency: 50Hz or 60Hz (auto detect)
Low freq trip: 47 Hz for 50 Hz, 57Hz for 60Hz
High freq trip: 55 Hz for 50 Hz, 65Hz for 60Hz
Output wave form: (Bypass mode) same as input
Overload protection: Circuit breaker
Short circuit protection: Circuit breaker
Transfer switch rating: 30 amp or 40 amp
Efficiency on line transfer mode: 95%+
Line transfer time: 10 ms typical
Bypass without battery connected: Yes
Max bypass current: 30 amp or 40 amp
Bypass over load current: 35 amp or 45 amp: alarm
Inverter Specification / output
Output wave form: Pure sine wave or quasi sine wave
Output continuous power watts: 1000 2000 3000 4000 5000 6000
Output continuous power VA: 1000 2000 3000 4000 5000 6000
Power factor: 0.9-1.0
Nominal output voltage rms: 120Vac(L-N), 230Vac(L-N), 120Vac(N-H)/ 230Vac(H-H)
Output voltage regulation: +/- 10% rms
Output frequency: 50Hz ± 0.3Hz or 60Hz ± 0.3Hz
Nominal efficiency: >88%
Surge ratings: 3000 6000 9000 12000 15000 18000
Short circuit protection: Yes, fault after 10 secs
Inverter specification / input
Nominal input voltage: 12v 24v 48v
Minimum start voltage: 10v 20v 40v
Low battery alarm: 10.5v 21v 42v
Low battery trip: 10v 20v 40v
High voltage alarm: 15v 32v 64v
Power saver: Below 25 watts when enabled
Power saver: Same switched on/off on remote

Charger mode specification
Input voltage range: 95-127VAC 194-253VAC / 164-253VAC(W)
Output voltage: Dependent on battery type
Charge current: 35A / 70A
Battery initial voltage for start up: 0-15.7v for 12v(*2 for 24v, *4 for 48v)
Over charge protection shutdown: 15.7v for 12v(*2 for 24v, *4 for 48v)
Charger curves (4 stage constant current)battery types
4 step digital controlled progressive charge
Battery type: (*2 for 24v; * 4 for 48v)

1-6 bat. type selector for ups mode			7-9 bat. trip selectors for solar inv. mode		
Position	Fast V	Float V	Low Battery Trip	High Battery Trip	
0: Not used			7: 11V	14V	
1: Gel U.S.A	14.0	13.7	8: 10.5V	13.5V	
2: A.G.M.1	14.1	13.4	9: 10V	13V	
3: A.G.M.2	14.6	13.7			
4: Sealed lead acid	14.4	13.6			
5: Gel european	14.4	13.8			
6: Open lead acid	14.8	13.8			

Remote control / RS232 / USB
 Size: in mm

Weight:
 Yes, Optional
 1000 Model: 443*222*179mm
 2000/3000 Model: 507*258*179mm
 4000 Model: 540*348*196mm
 5000/6000 Model: 595*348*196mm
 1000 2000 3000 4000 5000 6000
 13kg 17kg 26kg 31kg 36kg 38kg

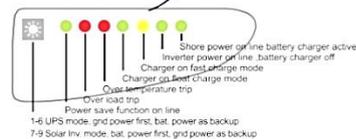
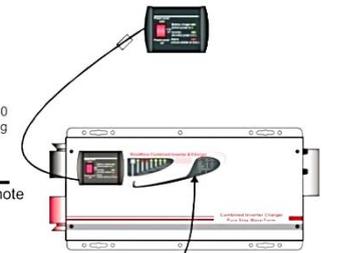
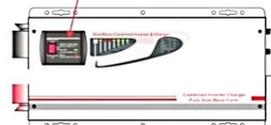
Ordering Information

Typical part number ▶ PSW7 -S -20 -12 -E 00

- Basic Series
PSW7 = Combined Inverter & Charger
- Waveform
S = Pure Sinewave Q = Quasi Sinewave
- Power Rating
10 = 1000W 20 = 2000W 30 = 3000W
40 = 4000W 50 = 5000W 60 = 6000W
- Battery Voltage
12 = 12VDC 24 = 24VDC 48 = 48VDC
- AC Voltage
E = 230VAC NC = 120VAC
- Suffixe
00 = Standard model 01 = Customer model

Remote control installation

remove 4 screws holding this panel and disconnect the cable behind it



Indication & fault finding chart

Status	Function	L.E.D.s on main unit	audible alarm	L.E.D.s on remote
Charge function	Constant current charge	on	on	on
	Constant voltage charge	flash	on	on
	Float	on	on	on
Inverter mode	Standby		on	on
	Inverter on		on	on
Alarms	Power saver on	on		on
	Battery low voltage		on	on
	Battery high voltage		on	on
	Over load (inverter mode)	on	on	on
	Over temp (inverter mode)	on	on	on
	Over temp (line mode)	on	on	on
Fault mode	Over charge	on	on	on
	Fan lock		on	on
	Battery high v		on	on
	Inverter mode overload	on		on
	Over temperature	on		flash
	Back voltage		flash	flash

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V

Datasheet de la batería

1/2



YINGDE AOKLY POWER CO., LTD

6GFM100G (12V/100Ah)

GENERAL FEATURES

- Longer cycle life: special paste formula, over dimensioned negative plate, optimized manufacturing process, additives for deep discharge.
- Special separators boost up the battery internal performance.
- Using oxygen recombination technology, maintenance-free and little water losing.
- ABS material: enhanced strength of the battery container. (Flame-retardant ABS is optional).
- Designed to have a lifespan of 15 years for float charging at 25°C



APPLICATIONS

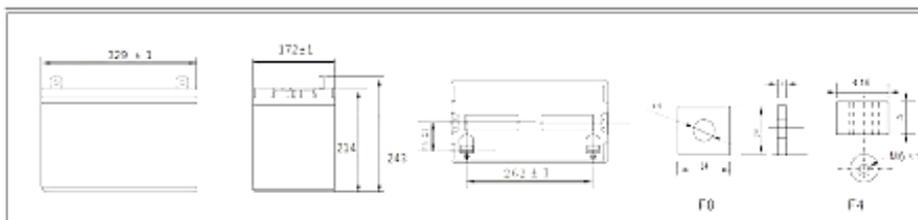
- Electric tools
- Vehicle in place of walking
- Lawn mowers
- Golf trolleys and golf cart
- Power system of special network or local area network
- Electric toys
- Railway and marine systems
- Fire alarms
- Solar and wind power system
- Electric wheelchairs
- Medical equipment



SPECIFICATIONS

Model	Nominal Voltage	12V		
	Rated Capacity (10Hr rate)	100Ah		
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	329mm	172mm	214mm	243mm
Weight	Approx. 31.3kgs (+/- 3%)			
Capacity @25°C (77°F)	10 Hour (10A, 10.8V)	5 Hour (17A, 10.8V)	3 Hour (25A, 10.5V)	1 Hour (55A, 9.6V)
	100Ah	85Ah	75Ah	55Ah
Internal Resistance	Fully charged at 25°C, approx. 4.2mΩ			
Max. Discharge current	1000A (5 Sec.)			
Capacity Affected by Temp. (20Hr)	40°C (104°F)	25°C (77°F)	0°C (32°F)	-15°C (5°F)
	112%	100%	80%	68%
Self Discharge Rate @25°C (77°F)	After 3 months Storage	After 6 months Storage	After 12 months Storage	
	91%	82%	64%	
Charge Method	Cycle Use		Float Charging	
	14.1-14.4V (Initial current less than 30A) @25°C (77°F)		13.5-13.8V@25°C (77°F)	

DIMENSIONS & TERMINALS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO V

Datasheet de la batería

2/2



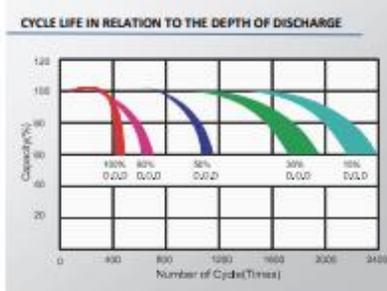
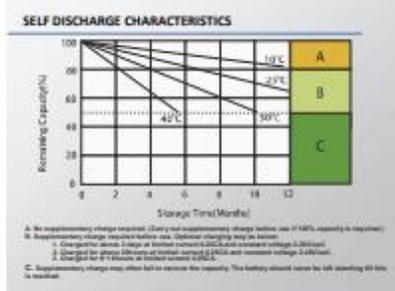
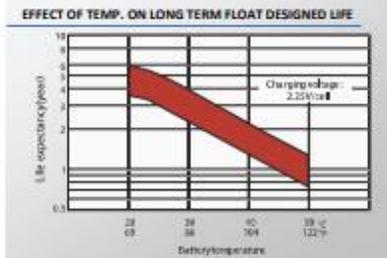
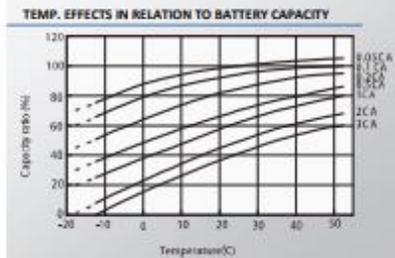
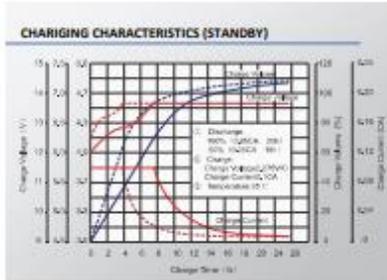
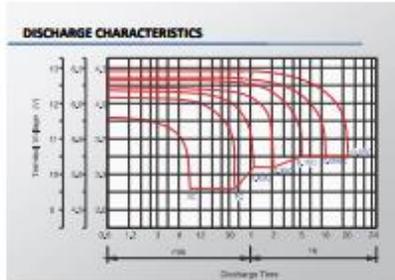
YINGDE AOKLY POWER CO., LTD

6GFM100G (12V/100Ah)

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Constant Current(Amp) and Constant Power(Watt) Discharge Table at 25°C(72°F)

Power	Type	10min	30min	1h	2h	3h	4h	5h	10h	20h	50h	100h	
		9.60V	A	250.0	110.0	60.0	35.0	26.0	21.0	17.8	11.6	11.0	8.7
	W	2125	1172	642	376	285	231	195.8	129.6	122.1	85.8	26.7	14.7
10.20V	A	180.0	109.0	59.4	33.4	25.5	20.5	17.4	11.4	10.4	8.6	2.30	1.28
	W	2090	1204	626	374	288	233	197	129	117	84	26.1	14.6
10.60V	A	170.0	102.0	55.0	32.6	25.0	20.0	17.0	11.3	10.2	8.6	2.27	1.26
	W	1904	1148	622	372	286	232	196	129	117	84	26.1	14.6
10.80V	A	160.0	94.0	53.0	31.8	24.5	19.5	16.2	11.0	10.0	8.5	2.2	1.3
	W	1816	1072	607	367	284	227	177	128	117	84	26.1	14.6
11.10V	A	150.0	84.0	50.0	31.0	23.5	19.0	14.5	10.7	9.8	8.4	2.20	1.23
	W	1725	970	580	303	278	224	171	126	115	84	26.0	14.6



A. No supplementary charge required. (See your supplementary charge table for 100% capacity required.)
 B. Supplementary charge required before use. (Optional charging may be better.)
 C. Charge to about 80% of full capacity. (See your supplementary charge table for 100% capacity required.)
 D. Charge to full capacity. (See your supplementary charge table for 100% capacity required.)
 E. Charge to full capacity. (See your supplementary charge table for 100% capacity required.)
 F. Supplementary charge may also be required to restore the capacity. The battery should never be left standing all day.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VI

Ficha técnica del cable Nexans

1/2



CABLE FOTOVOLTAICO ENERGYFLEX H1Z2Z2K

Descripción

Aplicaciones

- Para uso en sistemas fotovoltaicos con tensión nominal de 1,5 kV DC, cableado entre los módulos solares
- Cable de extensión entre los string de paneles y el cable del inversor de DC / CA y
- Plantas sistemas fotovoltaicos de techo y parques fotovoltaicos
- Sistemas fotovoltaicos flexibles o integrados a la Construcción.



Construcción

Conductor

Conductores de cobre estañado suave flexible.

Aislamiento

Polietileno Reticulado XLPE Libre de halógeno, retardante a la llama.

Chaqueta

Polietileno Reticulado XLPE Libre de halógeno, retardante a la llama de acuerdo a la IEC 60332-1 y resistente a los rayos UV, apto para inmersión AD7.

Resistencia al doblado frío e impacto según IEC 60811-504 e IEC 60811-506.

Resistencia a agentes químicos (Solución alcalina y acida) según IEC 60811-404.

Temperatura de Operación

90°C / 120°C (Max. 20.000 h)

Temperatura de Máxima Sobrecarga

130°C

Temperatura de Corto Circuito

250°C

Max. temperatura conductor basado en EN 60216-1:

-40°C to +120°C

Rango temperature ambiente de acuerdo a EN 50618:

-40°C to +90°C

Tensión de Operación

1 kV AC

1.5 kV DC

Max. Tensión de Operación DC

1,8 kV



Normas

IEC 60228

EN 50618

IEC 60332-1

IEC 61034-2 / 60574-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VI

Ficha técnica del cable Nexans

2/2



CABLE FOTOVOLTAICO ENERGYFLEX H1Z2Z2K

Características Técnicas

Calibre (mm2)	Diámetro Conductor (mm)	Sección transversal (mm2)	Espesor Aislamiento (mm)	Espesor Chaqueta (mm)	Diámetro Total Aprox. (mm)	Peso Total Aprox. (kg/km)	Radio de curvatura (mm)
1,5	1,6	1,5	0,7	0,8	4,75	25	19
2,5	2,05	2,5	0,7	0,8	5,2	36	20,8
4	2,49	4	0,7	0,8	5,73	51	22,92
6	3,15	6	0,7	0,8	6,3	71	25,2
10	4,44	10	0,7	0,8	7,59	112	30,36
16	5,41	16	0,7	0,9	8,77	171	35,08
25	6,81	25	0,9	1	10,8	265	43,2
35	8,09	35	0,9	1,1	12,28	362	49,16
50	9,73	50	1	1,2	14,33	510	57,32
70	11,66	70	1,1	1,2	16,46	706	65,84
95	13,55	95	1,1	1,3	18,55	943	74,2
120	15,09	120	1,2	1,3	20,29	1185	81,16
150	16,97	150	1,4	1,4	22,77	1483	91,08
185	18,83	185	1,6	1,6	25,63	1834	102,52
240	21,49	240	1,7	1,7	28,69	2362	114,76

Calibre (mm2)	Diámetro Conductor (mm)	Sección transversal (mm2)	Resistencia Eléctrica AC Máx. a 90°C (ohm/km)	Resistencia Eléctrica DC Máx. a 20°C (ohm/km)	Corriente Corto Circuito (kA)	Capacidad de corriente de acuerdo con el método de instalación (A)*		
						Un solo cable al aire libre	Un solo cable sobre una superficie	Dos cables portadores de corriente en contacto, sobre una superficie
1,5	1,6	1,5	17,469	13,7	0,21	30	29	24
2,5	2,05	2,5	10,469	8,21	0,35	41	39	33
4	2,49	4	6,490	5,09	0,57	55	52	44
6	3,15	6	4,323	3,39	0,85	70	67	57
10	4,44	10	2,487	1,95	1,42	98	93	79
16	5,41	16	1,582	1,24	2,27	132	125	107
25	6,81	25	1,018	0,795	3,55	176	167	142
35	8,09	35	0,733	0,565	4,97	218	207	176
50	9,73	50	0,548	0,393	7,10	276	262	221
70	11,66	70	0,526	0,277	9,94	347	330	278
95	13,55	95	0,811	0,21	13,49	416	395	333
120	15,09	120	1,652	0,164	17,04	488	464	390
150	16,97	150	3,399	0,132	21,30	566	538	453
185	18,83	185	6,790	0,108	26,27	644	612	515
240	21,49	240	19,825	0,0817	34,08	775	736	620

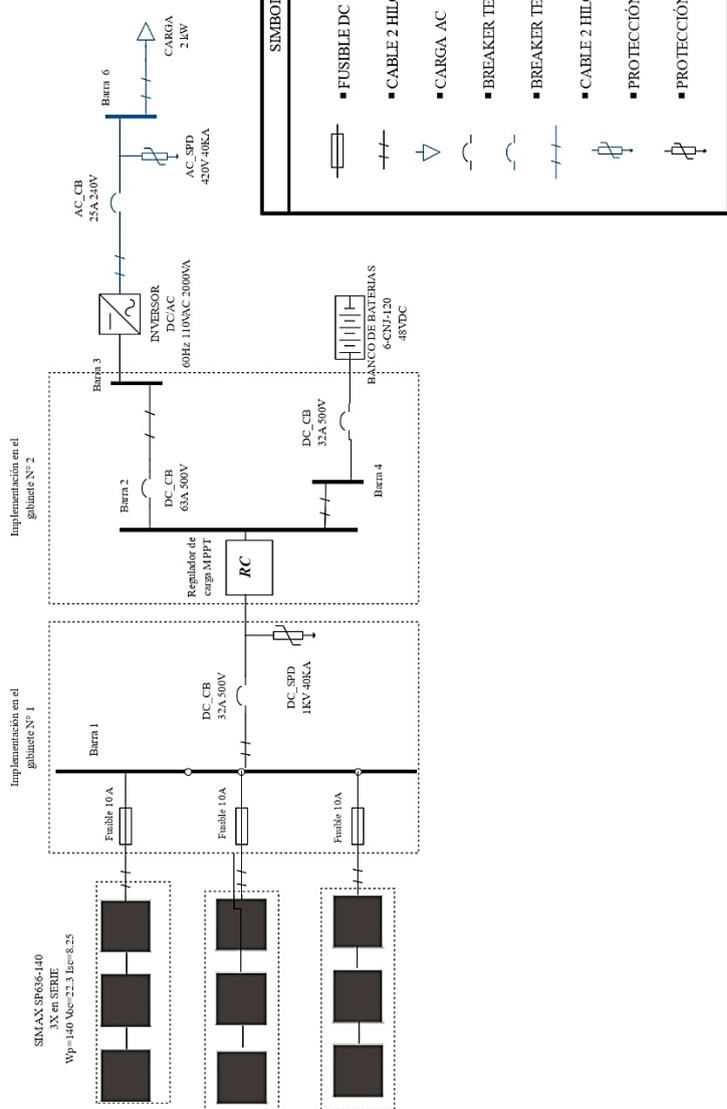
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO VII

Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico

1/1

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 2KW



SIMBOLOGIA	
	■ FUSIBLE DC
	■ CABLE 2 HILOS DC +/-
	■ CARGA AC
	■ BREAKER TERMOMAGNETICO DC
	■ BREAKER TERMOMAGNETICO AC
	■ CABLE 2 HILOS AC FASENEUTRO
	■ PROTECCIÓN DE SOBRETENSIÓN DC
	■ PROTECCIÓN DE SOBRETENSIÓN AC

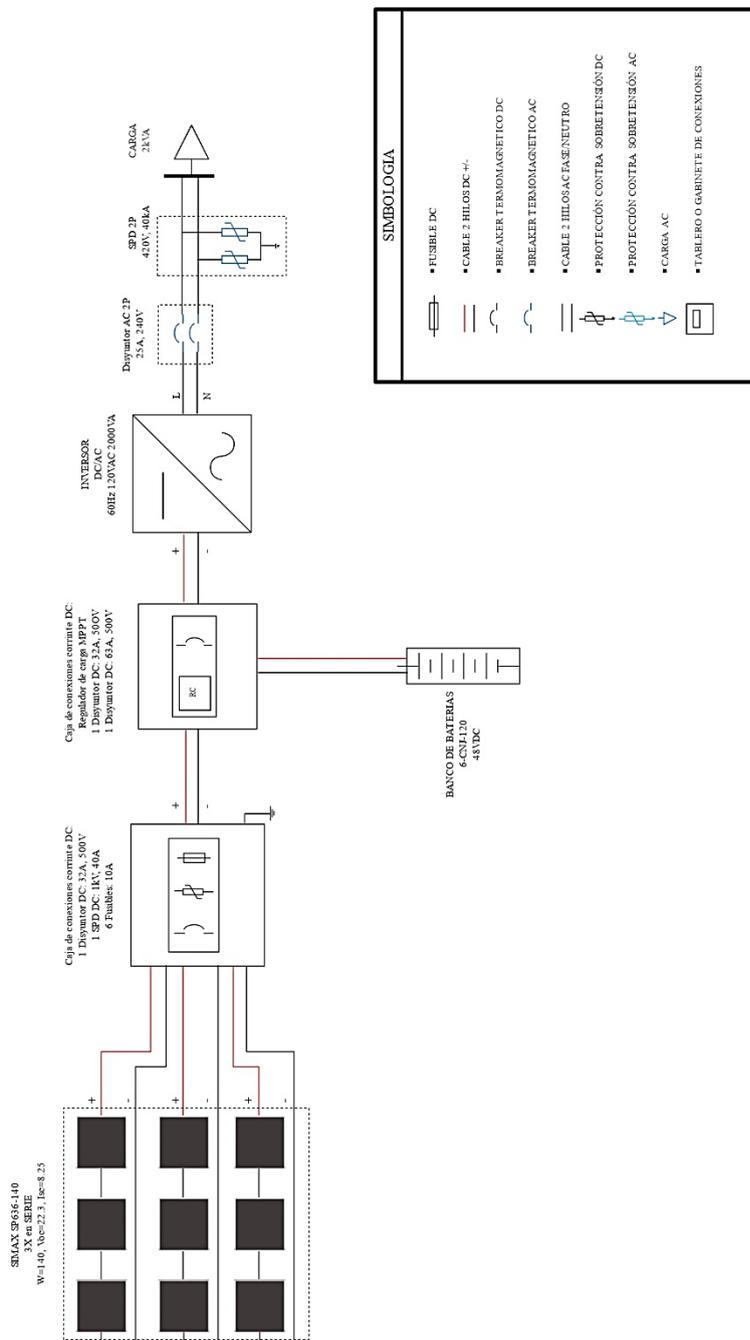
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO VIII

Conexión de los paneles solares

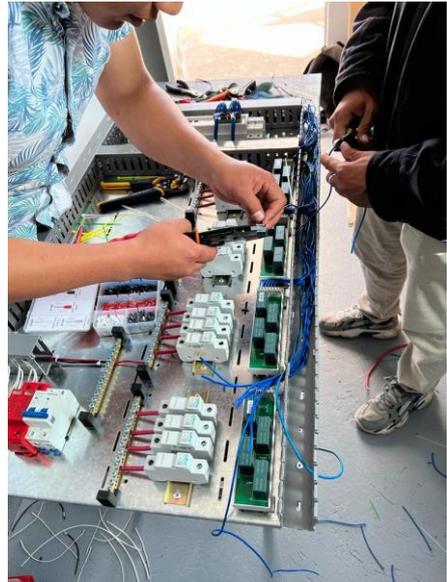
1/1

DIAGRAMA DE CONECCION PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 2KVA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO IX	Cableado del gabinete	1/1
----------	-----------------------	-----



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO X

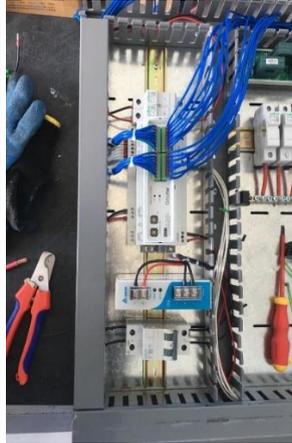
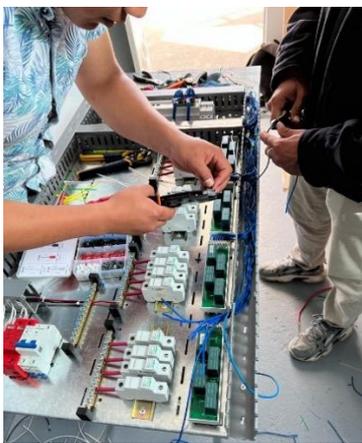
Medición paneles solares

1/1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XI	Implementación del proyecto	1/1
----------	-----------------------------	-----



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ANEXO XII

Diagrama esquemático de equipos disponibles

1/1

