



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE ELECTRICIDAD

DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL ÁREA RESIDENCIAL EN UN
SECTOR COSTERO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR

Trabajo de titulación previo a la obtención
del Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: ADRIAN JOEL MORALES PEÑAFIEL

DIEGO ANDRES GOMEZ BRAVO

TUTOR: ING. OTTO WASHINGTON ASTUDILLO ASTUDILLO, MAE-MEL

Guayaquil - Ecuador

2022

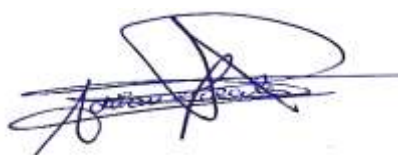
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Adrián Joel Morales Peñafiel con documento de identificación N° 0953481884 y Diego Andrés Gómez Bravo con documento de identificación N° 0303002414; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 22 de febrero del año 2022

Atentamente,



Adrian Joel Morales Peñafiel

0953481884



Diego Andrés Gómez Bravo

0303002414

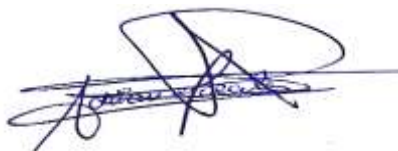
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Adrián Joel Morales Peñafiel con documento de identificación No. 0953481884 y Diego Andrés Gómez Bravo con documento de identificación No. 0303002414, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del proyecto técnico: “Dimensionamiento e implementación de paneles fotovoltaicos aplicados al área residencial en un sector costero de la provincia del Guayas, Ecuador.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 22 de febrero del año 2022

Atentamente,



Adrian Joel Morales Peñafiel

0953481884



Diego Andrés Gómez Bravo

0303002414

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Otto Washington Astudillo Astudillo** con documento de identificación N°. 0102054871, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL ÁREA RESIDENCIAL EN UN SECTOR COSTERO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR” realizado por, Adrian Joel Morales Peñafiel con documento de identificación N° 0953481884 y por Diego Andrés Gómez Bravo con documento de identificación N° 0303002414, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyectos técnicos que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 22 de febrero del año 2022

Atentamente,



Ing. Otto Washington Astudillo Astudillo, MAE-MEL

0102054871

DEDICATORIA

En primer lugar, le agradezco a Dios por darme salud y sabiduría para poder concretar mi carrera Universitaria. Segundo, a mis maravillosos padres e increíbles ejemplares (Pedro Morales & Rocio Peñafiel) por ayudarme emocionalmente y económicamente para que esta meta sea cumplida, también agradecerles a mis hermanos (Angelina & Mateo) por el apoyo y por permitirme ser guía y ejemplo para que puedan seguir con sus estudios.

Agradezco a todas las personas que me aconsejaron y acompañaron en todo este proceso que conlleva voluntad, disciplina y respeto. También por haber estado presente en el momento que los necesite, un millón gracias y un abrazo sincero para todos ellos.

Sin duda alguna, a todos los docentes que formaron parte del proceso para poder obtener mi título de Ingeniero Eléctrico. En adición, agradezco a los ingenieros encargados en dirigir esta tesis de manera directa e indirectamente, por su excelente aportación a la investigación, al apoyo y al tiempo dedicado.

ADRIAN JOEL MORALES PEÑAFIEL

DEDICATORIA

Quiero expresar mi máxima gratitud a mi Padre Celestial, por ser el apoyo y la fortaleza en momentos de dificultad, y ser quien me permita cumplir mi sueño tan anhelado. También quiero agradecer a mi madre (María Bravo), a mi padre (Silverio Gómez), a mis hermanos (Nelson y Rolando), mis sobrinos (Adrián, Mathías, Andrés y Ana Victoria), por estar siempre presente, con su apoyo moral a mi persona durante estos años.

A los docentes por compartir sus conocimientos a lo largo de mi preparación profesional, agradecer al Ing. Otto Astudillo tutor de esta tesis, por su excelente aporte para esta investigación. Deseo expresar mi agradecimiento al Ing. Pedro Núñez por ser un gran amigo y una orientación, durante el proceso de esta tesis, es quien me ha guiado con paciencia y sabiduría en este proyecto, con dedicación y el apoyo. También mencionar con honor a mis compañeros los cuales entre todos nos ayudamos a conseguir nuestro objetivo al apoyo y al tiempo dedicado.

DIEGO ANDRÉS GÓMEZ BRAVO

RESUMEN

Este proyecto de titulación se basa en una de las energías renovables, siendo la elección, un sistema fotovoltaico, ya que es una de las mejores opciones para aprovechar la energía solar que existe en nuestro planeta, es decir, es un sistema que no perjudica al medio ambiente por el simple hecho de que no emite gases nocivos de efecto invernadero, ni ruido, como lo podría provocar otro sistema de generación de electricidad.

Además, es un sistema que dependiendo el lugar a ser instalado puede ser sumamente provechoso para el consumidor final. Ya que evitaría el costo alto en mantenimiento, traslado y adquisición de los componentes del mismo para realizar una buena instalación, lo que otras energías generadoras no tienen.

Conjuntamente, la idea principal de este proyecto es abastecer de manera segura, viable, y satisfactoria para el consumidor final. En adición, veremos los conceptos básicos de electricidad, los componentes que se necesitan para una excelente instalación, los cálculos que se deben realizar para satisfacer la demanda en general donde será implementado el sistema, y cada uno de los procesos para cubrir cada objetivo de este proyecto.

Palabras claves: comunidad, almacenamiento, energía eléctrica, energía renovable, ecología, mantenimiento, panel fotovoltaico, baterías, regulador, inversor, rendimiento, breaker, transformadores.

ABSTRACT

This titling project is based on one of the renewable energies, being the choice a photovoltaic system, since it is one of the best options to take advantage of the solar energy that exists on our planet, that is, it is a system that does not harm the environment by the simple fact that it does not emit harmful greenhouse gases, or noise, as another electricity generation system might cause. In addition, it is a system that depending on the place to be installed can be extremely beneficial for the final consumer. Since it would avoid the high cost in maintenance, transfer and acquisition of the components of the same to make a good installation, which other generating energies do not have. Together, the main idea of this project is to supply safely, roadly, and satisfactorily for the final consumer. In addition, we will see the basic concepts of electricity, the components that are needed for an excellent installation, the calculations that must be made to meet the demand in general where the system will be implemented, and each of the processes to cover each objective of this project.

Keywords: community, storage, electrical energy, renewable energy, ecology, maintenance, photovoltaic panel, batteries, regulator, inverter, performance, breaker, transformers.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1. PROBLEMA DE ESTUDIO	3
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Antecedentes	4
1.3. Importancia y alcance	4
1.4. Delimitaciones.....	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Electricidad.....	6
2.2. Clasificación de la corriente eléctrica	6
2.3. Ley de ohm.....	7
2.4. Circuito eléctrico	8
2.5. Partes de un circuito eléctrico	8
2.6. Panel solar.....	9
2.7. Punto de vista global de la energía solar fotovoltaica.....	9
2.8. Orientación	10
2.9. Tipos de radiaciones	11
2.10. Unidades de la radiación solar	12
2.11. Iluminación.....	12
2.12. Flujo luminoso.....	12
2.13. Intensidad luminosa.....	13
2.14. Tipos de lámparas	13

2.15.	Sistemas fotovoltaicos	14
2.16.	Tipos de paneles	15
2.17.	Regulador	17
2.18.	Inversores.....	23
2.19.	Baterías	27
2.20	Protecciones generales de los sistemas fotovoltaicos.....	29
2.21	Descripción general de los materiales eléctricos para la instalación.	36
CAPITULO III.....		42
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	42
3.1.	Criterios en general para el análisis del proyecto a implementar en la comunidad de masa 2.....	43
3.2.	Cálculos generales del sistema a implementar.....	44
3.3.	Esquema de conexión	51
3.4.	Simulación en el programa Pvsyst	54
3.5.	Diagramas y planos eléctricos del sistema fotovoltaico	62
CAPITULO IV.....		68
4.	PRUEBAS & RESULTADOS.....	68
4.1.	Prueba del sistema a vacío.....	68
4.2.	Prueba del sistema a máxima carga.	70
4.3.	Prueba de la eficiencia del sistema.....	71
4.4.	Prueba de protección contra sobrecargas.....	72
4.5.	Prueba de protección contra sobrevoltajes.....	73
4.6.	Prueba de protección contra cortocircuitos.....	74
4.7.	Prueba del sistema de puesta a tierra.....	75
4.8.	Resultados.....	76
CAPÍTULO V		77
5.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	77
6.	PRESUPUESTO	78
CAPITULO VI.....		79
7.	CONCLUSIONES	79
8.	RECOMENDACIONES	80
CAPITULO VII		82
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
10.	ANEXOS	85

INDICE DE FIGURAS

FIG. 1. TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA (CAMPOVERDE, 2020)	7
Fig. 2. LEY DE OHM (CAMPOVERDE, 2020).....	7
FIG. 3. FORMULAS DE LA LEY DE OHM. (CAMPOVERDE, 2020)	7
FIG. 4. TRIÁNGULO DE LA LEY DE OHM. (CAMPOVERDE, 2020).....	8
FIG. 5. ASPECTO GENERAL DE LA ENERGIA SOLAR. (VILLEGAS, 2020) ...	9
FIG. 5.1. PUNTA CAPTADORA O FRANFKLIN. (INGESCO).....	10
FIG. 6. ACIMUT Y ALTITUD EN LATITUDES SEPTENTRIONALES OBTENIDOS DE MONSOLAR. (VILLEGAS, 2020).....	11
FIG. 7. REPRESENTACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO. (LUMINOTECNIA) ...	12
FIG. 8.1. TIPOS DE LÁMPARAS. (BORBOR).....	13
FIG. 9. SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO (BUELE)	14
FIG. 9.1. SISTEMA HIBRIDO (CLAMPER)	15
FIG. 11. MÓDULO POLICRISTALINO FORMADO POR CÉLULAS DE SILICIO (BUELE)	16
FIG. 10. MÓDULO MONOCRISTALINO FORMADO POR CÉLULAS DE SILICIO (BUELE).....	16
FIG. 11.1. EJEMPLOS DE CONEXIÓN DE PANELES SOLARES (VICTRON ENERGY)	17
FIG. 12. REGULADOR SMARTSOLAR (AUTOR)	18
FIG. 12.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR SMARTSOLAR (VICTRON ENERGY)	19
FIG. 13. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR MPPT (BUELE)	20
FIG. 14. DIAGRAMA DE CONEXION DEL REGULADOR MPPT (BUELE)....	20
FIG. 15. INDICADORES LED (VICTRON ENERGY).....	21
FIG. 16. INVERSOR VICTRON ENERGY 24/250 (AUTOR).....	23
FIG. 16.1. CONEXIÓN A BATERÍA. (VICTRON ENERGY).....	24
FIG. 16.2. SIGNIFICADO DE LOS LEDS. (VICTRON ENERGY)	25
FIG. 16.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR. (VICTRON ENERGY)	26
FIG. 17. BATERIAS DC-12/100 (AUTOR)	27
FIG. 17.1. CONEXIÓN DE BATERÍAS (VICTRON ENERGY).....	29
FIG. 18. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (VALDERRAMA)	30
FIG. 19. DISTANCIA ENTRE EL MÓDULO Y LAS PUNTAS CAPTADORAS (VALDERRAMA).....	31
FIG. 20. DISTANCIA MÍNIMA DE SEPARACIÓN ENTRE MODULO (GOMEZ)	31

FIG. 21. SOBRETENSIÓN TRANSITORIA – PICO ELÉCTRICO (CLAMPER)	32
FIG. 22. DESCARGA ATMOSFÉRICA INDIRECTA (CLAMPER)	32
FIG. 23. DPS CLASE I (CLAMPER)	33
FIG. 24. DPS CLASE II (CLAMPER)	33
FIG. 25. DPS CLASE III (CLAMPER).....	34
FIG. 26. CONEXIÓN TIPO ESTRELLA. (CLAMPER)	34
FIG. 27. DPS EN CONEXIÓN ESTRELLA. (CLAMPER)	34
FIG. 28. ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE DPS SIN SPDA. (CLAMPER)...	35
FIG. 29. VALORES ORIENTATIVOS DE LA RESISTIVIDAD EN FUNCIÓN DEL TERRENO (GARCÍA)	36
FIG. 30. BOQUILLA BAQUELITA (MIRANDA)	36
FIG. 31. FOCO LED (MIRANDA)	37
FIG. 32. TOMACORRIENTE DE 110V (MIRANDA)	38
FIG. 33. TUBOS PVC 1/2” (MIRANDA).....	38
FIG. 34. INTERRUPTOR SENCILLO (MIRANDA).....	39
FIG. 35. CAJETIN DE PASO (MIRANDA).....	40
FIG. 36. CAJETIN DE PASO (MIRANDA).....	40
FIG. 37. CAJA DE SERVICIO (MIRANDA).....	41
FIG. 38. CABLE DE COBRE (MIRANDA).....	41
FIG. 39. UBICACIÓN DE LA COMUNIDAD MASA 2 (GOOGLE MAPS).....	44
FIG. 40. RADIACIÓN SOLAR EN ECUADOR (GIS).....	46
FIG. 41. CONEXIÓN DE BATERÍAS EN SERIE (AUTOR).....	49
FIG. 42. PANEL SOLAR-REGULADOR (AUTOR).....	51
FIG. 43. BATERÍAS-REGULADOR (AUTOR)	51
FIG. 44. REGULADOR- INVERSOR (AUTOR).....	51
FIG. 45. BREAKER DC (GOOGLE).....	53
FIG. 46. CONEXIÓN DEL PANEL SOLAR (AUTOR)	53
FIG. 47. PASO 1-SIMULACIÓN (AUTOR)	54
FIG. 47.1. PASO 2-SIMULACIÓN (AUTOR)	55
FIG. 47.2. PASO 3-SIMULACIÓN (AUTOR)	55
FIG. 47.3. PASO 4-SIMULACIÓN (AUTOR)	56
FIG. 47.4. PASO 5-SIMULACIÓN (AUTOR)	56
FIG. 47.5. PASO 6-SIMULACIÓN (AUTOR)	57
FIG. 47.6. PASO 7-SIMULACIÓN (AUTOR)	58
FIG. 47.7. PASO 8-SIMULACIÓN (AUTOR)	58

FIG. 47.8. PASO 9-SIMULACIÓN (AUTOR)	59
FIG. 47.9. PASO 10-SIMULACIÓN (AUTOR)	59
FIG. 47.10. PASO 11-SIMULACIÓN (AUTOR)	60
FIG. 47.11. PASO 12-SIMULACIÓN (AUTOR)	60
FIG. 48. DIAGRAMA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO CON DPS (AUTOR)	61
FIG. 49. DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO (AUTOR)	62
FIG. 49.1. LEYENDA (AUTOR).....	63
FIG. 50. CASA DE LA COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR)	63
FIG. 50.1. CASA DE LA COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR).....	64
FIG. 51. PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA CASA DE COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR)	64
FIG. 51.1. PLANO ELÉCTRICOS DE LA CASA DE COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR)	65
FIG. 52. BASES DE SUJECCIÓN PARA LOS COMPONENTES DEL PANEL SOLAR (AUTOR)	66
FIG. 52.1. ACOPLAMIENTO DE BASES DE SUJECCIÓN DEL PANEL SOLAR (AUTOR)	67
FIG. 53. ESTRUCTURA PARA LOS DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS (AUTOR)	68
FIG. 54. MEDICIÓN DE VOLTAJE A VACÍO EN LAS BATERÍAS (AUTOR). 68	
FIG. 54.1. MEDICIÓN DE CORRIENTE DE INVERSOR A VACÍO. (AUTOR) 69	
FIG. 54.2. SALIDA DE VOLTAJE AC DEL INVERSOR, SE VISUALIZA UN VOLTAJE AC DE 121,2V. (AUTOR).....	69
FIG. 54.3. MEDICIÓN DE VOLTAJE A VACÍO EN TERMINALES DE ALIMENTACIÓN AC, SE OBTIENE UN VOLTAJE DE 121,2V. (AUTOR).....	69
FIG. 55.1. LECTURA DE VOLTAJE A PLENA CARGA (AUTOR).....	70
FIG. 55. LECTURA DE CORRIENTE A PLENA CARGA (AUTOR).....	70
FIG. 56. LECTURA POR MEDIO DE LA APLICACIÓN VICTRON CONNECT (AUTOR)	71
FIG. 57. RELÉ TÉRMICO CONECTADO A NUESTRO SISTEMA (AUTOR)...	72
FIG. 57.1. ESTADO INICIAL DEL RELÉ TÉRMICO (AUTOR)	72
FIG. 57.2. DESCONEXIÓN DEL RELÉ TÉRMICO ANTE UNA SOBRECARGA (AUTOR)	73
FIG. 58. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURAS AMBIENTE (NEC)73	
FIG. 58.1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO (AUTOR)	74

FIG. 59. PRUEBA DE CORTOCIRCUITO CONECTANDO UN PUENTE ENTRE LA SALIDA DE VOLTAJE AC. (AUTOR).....	74
FIG. 59.1. PUENTE ENTRE LOS 2 TERMINALES, CONECTADO A LA SALIDA DEL BREAKER (AUTOR).....	75
FIG. 60. EL VALOR ES DE 2000 MEGA OHMIOS, EL CUAL ES EL VALOR MÁS ALTO DE LA ESCALA DE NUESTRO INSTRUMENTO DE MEDICIÓN (AUTOR)	76
FIG. 62. CORTE DE TUBO CUADRADO PARA SOPORTE DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)	85
FIG. 61. OBTENCIÓN DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)	85
FIG. 65. CULMINACIÓN DE LOS SOPORTE INTERNO Y EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)	85
FIG. 64. PINTADO GENERAL DEL SOPORTE, DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)	85
FIG. 63. SOLDADURA DEL SOPORTE INFERIOR DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)	85
FIG. 66. PILUDO DE LOS SOPORTE EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)	86
FIG. 67. EXCAVACIÓN PARA EL SOPORTE EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)	86
FIG. 67.1 EXCAVACIÓN PARA EL SOPORTE EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)	86
FIG. 68. PREPARACIÓN DE MEZCLA PARA LA BASE EXTERIOR (AUTOR)	86
FIG. 69. LLENADO DE MEZCLA PARA LA BASE DEL SOPORTE EXTERIOR DEL SISTEMA (AUTOR)	86
FIG. 70. AJUSTE DE LOS PERNOS PARA LA BASE DEL PANEL FOTOVOLTAICO (AUTOR)	86
FIG. 71. MONTAJE Y AJUSTE DEL PANEL SOLAR AL SOPORTE EXTERIOR (AUTOR)	86
FIG. 71.1. MONTAJE Y AJUSTE DE TODOS LOS PERNOS DEL PANEL SOLAR, AL SOPORTE EXTERIOR (AUTOR)	86
FIG. 72. COMPROBACIÓN DEL NIVEL DE TENSIÓN A LA SALIDA DEL INVERSOR (AUTOR)	86
FIG. 73. COMPROBACIÓN DEL NIVEL DE TENSIÓN EN LA CAJA DE SERVICIO Y TOMACORRIENTES (AUTOR)	86
FIG. 74. INSTALACIÓN INTERIOR DEL KIT FOTOVOLTAICO INSTALADA (AUTOR)	86
FIG. 75. CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS/ SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO (AUTOR).....	86

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO POLICRISTALINO (VICTRON ENERGY)	16
TABLA 2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMA (VICTRON ENERGY)	22
TABLA 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERIAS DC-12/100 (RITAR).....	28
TABLA 4. PLANILLAJE DEL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (AUTOR)....	45
TABLA 5. DATOS DE LOS ELECTRODOMÉSTICOS EN LA RESIDENCIA (AUTOR)	70
TABLA 6. RESULTADOS ADQUIRIDOS POR LA APLICACIÓN VICTRONCONNECT (AUTOR).....	76

INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 0. CALCULO DE DISTANCIA MÍNIMA DE SEPARACIÓN ENTRE MODULO (GÓMEZ)	31
ECUACIÓN 1. CALCULO DE RESISTIVIDAD (MUÑOZ)	35
ECUACIÓN 2. CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL PANEL (MUÑOZ)	45
ECUACIÓN 3. EFICIENCIA ELÉCTRICA (GONZALES)	45
ECUACIÓN 4. CÁLCULO DE LAS BATERÍAS (GONZALES).....	48
ECUACIÓN 5. CÁLCULO DEL NÚMERO DE BATERÍAS (GONZALES)	48
ECUACIÓN 6. CÁLCULO DEL INVERSOR (GONZALES).....	50
ECUACIÓN 7. CÁLCULO DEL REGULADOR (GONZALES)	50
ECUACIÓN 8. LEY DE OHM (GONZALES)	70
ECUACIÓN 9. EFICIENCIA DEL SISTEMA (GONZALES)	71
ECUACIÓN 10. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (GONZALES)	75

INTRODUCCIÓN

Actualmente se conoce que la energía eléctrica se ha convertido en un servicio necesario para el ser humano, de tal manera que su escasez llega a causar molestias. No obstante, todos los lugares de nuestro país cuentan con dicha asistencia. Sin embargo, el progreso tecnológico ha otorgado la evolución de los pueblos y regiones con gran envergadura. [1] [2]

Sumado a esto se conoce que al incrementar la demanda de energía eléctrica en una región del país también aumentarán las muestras de valores picos en las curvas de demanda. Para esto es necesario una mayor capacidad de generación y un balance de cabida demandada de energía eléctrica, para así evitar una caída de tensión que puede ocasionar un gran impacto y perjuicio al consumidor. [1]

Por otro lado, la evolución de los habitantes depende estrechamente de la suficiencia de los comburentes fósiles con el fin de producir energía eléctrica. Sin embargo, estos provocan una colisión hostil a la ecología ya que se encuentra relacionada a las trasmisiones de dióxido de carbono (CO_2) en el entorno. Es por eso que ante este inconveniente ha surgido nuevas ideas para generar electricidad el cual enfoca a personal académico y político con respecto a la reproducción de la misma. [3]

Conjuntamente, existen nuevas ideas que son lideradas por varios países, los cuales tienen como propósito reemplazar con energías renovables en un tanto por ciento de la demanda de energía eléctrica. Para ello se da a conocer que existen energías renovables que generan un menor impacto, las cuales son: hidroeléctricas, eólica, la bioenergía y la energía fotovoltaica la cual hace un enfoque para poder exponer sus rendimientos y adaptaciones. [3] [4]

Además, hoy en día la energía fotovoltaica es bienquista como fuente de generación de energías renovables más propicias en vista a su rendimiento en distintos lugares del planeta y a su carencia de impactos contaminantes. La funcionabilidad de las células fotovoltaicas o asociación de las mismas para formar un panel solar son establecidos por sus gráficas peculiares de $P-V_0$ y $I-V_0$, que ayudan a la visualización del comportamiento en varios escenarios de trabajo, donde es definido su MPP (punto máximo de potencia) y su P_{MPP} (el valor de potencia máxima) que es dado por la

reproducción de V_{MPP} (voltaje en el punto de sumo potencial) y I_{MPP} (Corriente en aquel punto). [5]

En adición, la comparación de una práctica de implementación fotovoltaica que es interconectado al sistema eléctrico, permitirá la identificación de problemas operativos en los parámetros de rendimiento en relación a su delineación, tomando en consideración la técnica y la geolocalización. Sin embargo, toleran estilos que estiman el provecho del sistema. [6] [7]

En consecuencia, los avances significativos en los sistemas fotovoltaicos son posible por el lucro de la radiación de las partículas mediante las características semiconductoras que son utilizadas en la elaboración de células fotovoltaicas. De esta manera, los componentes acogen cada una de las partículas atómicas que constituyen la luz, donde se produce una intensidad por proceso fotoeléctrico. [6]

Por otro lado, dentro de los materiales de construcción podemos visualizar los siguientes elementos: selenio (Se), germanio (Ge) y el silicio (Si), siendo este último uno de los más utilizados. [8]

Sin embargo, debido al incremento de estos sistemas fotovoltaicos países como China, Ecuador, Colombia, México, entre otros, buscan la manera de mejorar la credibilidad y solidez del sistema, disminuyendo todas las desventajas del mismo para así lograr un sistema óptimo y rentable. [8]

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1. Descripción del problema

La situación a nivel mundial está permutando continuamente, la gran parte de las naciones están conscientes de la posición medioambiental que existe en la actualidad. Es por eso que se presentan varias propuestas con la finalidad de disminuir la contaminación y dominar los componentes de generación, ya que son los que se relacionan con la productividad de electricidad. [9]

Una oportunidad valiosa para incluir un sistema evolutivo en este tipo de sectores es especialmente la energía fotovoltaica. Además, nuestro país tiene una producción que corresponde a un 20% de las emisiones totales contaminantes, en adición, las áreas residenciales representan a un 25% de la electricidad global disipada. [9]

Sumado a esto, tenemos el cuidado al medio ambiente y respectivamente a la disminución de costos en el consumo energético. Es por ello, que se establecen dos ideas esenciales que ayudarán al ahorro del consumo de energía eléctrica:

- La primera: es aprovechar a la energía solar, a través de los instrumentos imperante que existen para transformar a energía eléctrica.
- La segunda: involucra a la comunidad en el ahorro consciente al buen uso de la energía eléctrica. [9]

Por otro lado, para nosotros poder adquirir un servicio de energía eléctrica en estos sectores que son alejados a la urbe, debemos tomar en cuenta el costo de inversión para poder obtener dicha asistencia, razón por la cual, introducir un plan de energía solar como uno de los ideales para el ahorro relacionados al consumo eléctrico tanto para el habitante como para el estado, es vital. [9]

Debido a esta situación, el actual proyecto tiene la finalidad de sustituir un sistema convencional por un sistema fotovoltaico en una intendencia que se encuentra alejada de la urbe, con exactitud “Comunidad de Masa 2”. Este ayuntamiento presenta una falta de servicio eléctrico, en consecuencia, con este plan se propone el uso de una técnica amigable con el medio ambiente, además, de ser viable económicamente ayuda al poco uso de la generación que actualmente utilizan. [9]

1.2. Antecedentes

Hoy en día existen Instituciones que tiene la finalidad de aportar a la comunidad, es por eso que se establecen procedimientos y estructuras para el mejoramiento de la calidad de vida de aquellos ciudadanos que viven en un sector vulnerable y de pocos recursos económicos. Sin embargo, para aportar con un servicio indispensable como lo es la energía eléctrica se debe tomar en cuenta varios aspectos en consideración, los cuales son: la ubicación y el alto costo de inversión para un sistema de red de distribución. [2]

Conjuntamente a estas ideas es que se ha buscado la forma de llegar a dicha comunidad con un sistema factible de energía renovable, donde se experimenta un diseño de paneles fotovoltaicos como mejor opción para ser aplicados en zonas de difícil acceso en cuestión a la implementación y mantenimiento de subestaciones, postes, transformadores y componentes imprescindible para el abastecimiento de energía eléctrica. [2] [10]

También se toma en consideración un muestreo a los sectores costeros existente en Nuestro país, como lo son: Puerto Roma, Masa 1, Masa 2, entre otros. Para así poder asentar un sistema fotovoltaico, ya que es uno de los diseños más conveniente para comunidades que están ubicadas a distancia de la urbe.

1.3. Importancia y alcance

Este proyecto está enfocado en la Implementación de paneles fotovoltaicos en un sector costero de la provincia del Guayas. Ya que no cuenta con un servicio primordial, como es la energía eléctrica, debido a su distante localidad.

Sin embargo, incorporando paneles solares y con ayuda de la energía solar incidente en este lugar, se puede generar Electricidad, de manera limpia y eficiente en la comunidad costanera, atribuyendo a la no contaminación del medio ambiente y así poder cambiar el sistema de distribución principal de la comunidad, ya que comúnmente se viene suministrando energía eléctrica en la localidad mediante generadores de combustión a diésel.

1.4. Delimitaciones

Se tiene en cuenta el área geográfica donde se va a implementar los paneles fotovoltaicos ya que existen variantes nuevas si llegamos a omitir este tema, como lo

es la infraestructura de la vivienda y de la base del panel. Además, el nivel de potencia que ofrecen los paneles fotovoltaicos instalado para cada vivienda son de suma importancia, ya que así se evitan daños al dispositivo de generación y a sus componentes de dependencia.

En este proyecto se incluye el estudio de cargas en general, es decir, el cálculo de demanda de cada vivienda, el buen funcionamiento de los inversores y baterías, etc., con el fin de que exista un excelente uso del sistema. Una vez que se encuentra instalado el Panel Solar, se lleva a cabo las pruebas de eventualidad las cuales tendrán una duración de 9 horas que ayudarán a identificar cualquier falla no esperada de la misma.

En adición, esto ayuda hacer la comparación del sistema convencional y el que se va a aplicar, lo que va a permitir puntualizar la eficacia energética del diseño a implementar.

1.5.Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Planificación, diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía limpia, aplicados en un área residencial.

1.5.2. Objetivos específicos

1.5.2.1. Desarrollar una simulación a través de software PVsyst o Homer para identificar el comportamiento óptimo del sistema a implementar.

1.5.2.2. Analizar las posibles fallas que pueden existir en el sistema a implementar.

1.5.2.3. Implementar un sistema de energía solar que ofrece una potencia de salida de 200W para las cargas a alimentar en una vivienda del sector rural.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Electricidad

La energía eléctrica es la circulación de electrones, llamada intensidad eléctrica. Es una fuente de energía suministrada por el traspaso de electrones de lados positivos a negativos en un conductor eléctrico. El uso de la electricidad es habitual para suministrar edificaciones, aparatos eléctricos, y también a algunos automóviles. [9]

- **Diferencia de potencial o voltaje:** Energía exterior que da paso al tránsito de electrones y su unidad de medición es el Voltios (V).
- **Corriente eléctrica:** O también llamada Intensidad de corriente eléctrica, es el flujo de electrones que atraviesa un medio conductor. La corriente eléctrica se mide en Amperios (A).
- **Material transportador eléctricos:** Es aquel que contiene una resistencia casi nula a la circulación de la carga eléctrica, lo cual implica que los electrones se puedan desplazar libremente.
- **Material aislante eléctricos:** Disponen de poca conductividad y son utilizados para prevenir cortos circuitos.

2.2. Clasificación de la corriente eléctrica

Existen dos tipos de corriente eléctrica las cuales son: la corriente alterna (CA) y la corriente directa o también llamada corriente continua (CC): La corriente alterna varia su altitud de voltaje y sentido simultaneas veces en un tiempo determinado. La CA fluye por las líneas eléctricas y la encontramos en nuestros hogares, como lo es en tomacorrientes de pared, alumbrado, máquinas eléctricas, electrodomésticos, etc.

La CC a diferencia de la CA, circula de manera constante en una dirección y podemos encontrar su implementación en una linterna, celular, control, reloj y todo aparato que necesite de baterías, lo que incorpora a la corriente continua. [9]

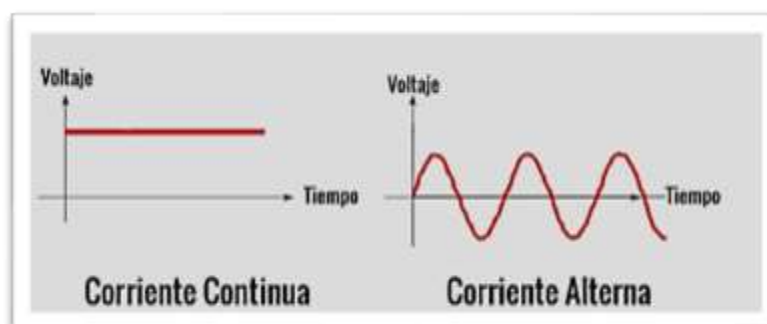


FIG. 1. TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA
(CAMPOVERDE, 2020)

2.3. Ley de ohm

La ley de Ohm es una norma fundamental e importante que guían los circuitos eléctricos y electrónicos. Esta se encadena con la intensidad, la tensión y la resistencia de un componente o dispositivo lineal, de modo que, si se llega a conocerse dos de ellas, se puede cuantificar el tercero. Además, la ley de Ohm es aplicable en todas las ramas de la ciencias eléctrica y electrónica, con esta ley se puede cuantificar tanto la corriente eléctrica, el voltaje y la resistencia de un circuito eléctrico. La ecuación de la misma se puede expresar como en la figura 2. [9]

$$V_A - V_B = I * R$$

V = Diferencia de potencial, (V)
I = Intensidad de corriente, (A)
R = Resistencia del conductor, (Ω)

FIG. 2. LEY DE OHM (CAMPOVERDE, 2020)

La ley de Ohm indica que la intensidad es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia que entrega un circuito eléctrico. [9]

Las fórmulas de resistencia eléctrica, intensidad y voltaje se presenta en la Figura 3 y el triángulo de la Ley de Ohm en la Figura 4.

Resistencia eléctrica	Intensidad eléctrica	Voltaje
$1\Omega = \frac{1V}{1A}$	$I = \frac{V}{R}$	$V = I * R$

FIG. 3. FORMULAS DE LA LEY DE OHM.
(CAMPOVERDE, 2020)



FIG. 4. TRIÁNGULO DE LA LEY DE OHM.
(CAMPOVERDE, 2020)

2.4. Circuito eléctrico

Un circuito eléctrico es definido como la ruta a través del cual la corriente eléctrica fluye. Este se puede presentar de una manera cerrada donde indica que en el existe un bucle y hace factible el flujo de intensidad eléctrica. Además, se presenta en circuito abierto donde el influjo de electrones es interrumpido y no permite que la corriente circule de manera correcta. [9]

2.5. Partes de un circuito eléctrico

Independientemente de cómo sea un circuito eléctrico, este tiene las partes básicas siguientes:

- **Fuente de energía o generación:** Es aquella que proporciona o entrega el voltaje y la corriente para poder electrificar un dispositivo conectado a la misma, este genera un ras de tensión persistente al circuito, los ejemplos de fuentes son: las baterías, el alternador, energías renovables, etc.
- **Conductor:** Es aquel que ofrece poca resistencia al pronunciamiento de la carga eléctrica.
- **Interruptor:** Es aquel que controla o detiene el flujo de energía eléctrica en un circuito. Existen varios ejemplos: breaker, interruptores de pared, botones, entre otros.
- **La carga:** Es aquella cantidad de energía eléctrica que emplea un elemento para culminar su tarea. Aquel consumo es medido en vatios, que viene dado por la multiplicación de la corriente y el voltaje.

2.6. Panel solar

Es un componente primordial de las construcciones solares. Cuya finalidad es prevalecerse de la energía solar. Sin embargo, es conocido como modulo solar y normalmente está compuesto por silicio.

Además, utiliza la energía de los fotones presentes en la luz, emitiendo varios electrones. La agrupación de diversos electrones provoca corriente eléctrica, generando electricidad en forma de corriente continua. [11]

2.7. Punto de vista global de la energía solar fotovoltaica

“El sol es un reactor nuclear cuya masa es el orden de 330.000 veces la de la Tierra con un diámetro que es de 1.3927 millones de km, es considerado una fuente de energía formidable e ilimitada donde la masa se convierte en energía radiante continuamente”. [11]

El sol está integrado por algunos componentes gaseosos, en particular hidrógeno que dispone cuatro mantos concéntricos establecidas en una demarcación radiactiva donde las partículas conducen energías, otra zona conectiva la cual genera gas caliente ascendente al espacio generando el fenómeno de convección. [11]

En la cromosfera existen zonas magnéticas grandemente fuertes y la capa corona está concentrada por temperaturas mayores. La unión de éstas generan reacciones nucleares esparciendo una gran envergadura de fuerza alrededor de $389 \cdot 10^{24}$ W. [11]

La energía solar expone una unión de modificaciones ya sea de manera indirecta o directa decretando un resultado térmico y fotónico como se ilustra en la figura 5. [11]

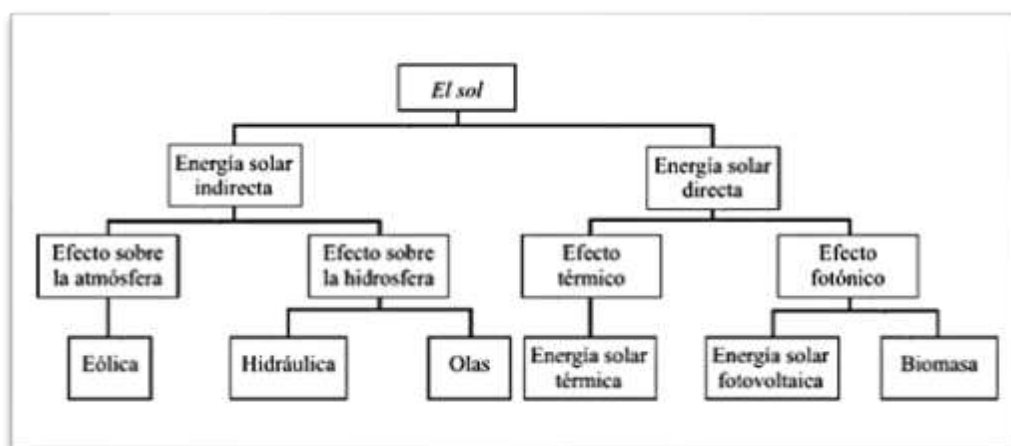


FIG. 5. ASPECTO GENERAL DE LA ENERGIA SOLAR. (VILLEGAS, 2020)

Los sistemas fotovoltaicos deben contar con su diseño de protección general a tierra e integral contra efectos de descargas atmosféricas ya que es de suma importancia al momento de implementar el mismo.

Sin embargo, es muy frecuente utilizar varistores para estos sistemas fotovoltaicos ya que tienen las siguientes características: [12]

- **Intensidad máxima:** Es aquella corriente máxima que el dispositivo puede derivar sin deteriorarse en una ocasión.
- **Tensión residual:** Es aquella que aparece en los extremos al momento de su derivación de corriente.
- **Intensidad nominal:** Es la propiedad que tiene el dispositivo en derivar la intensidad en 20 ocasiones.

Adicionalmente, se pueden aplicar a estos diseños según el lugar a ser instalado el sistema fotovoltaico las puntas captadoras o también conocidas como puntas franklin que sirven para la protección externa contra los rayos. Además, se pueden utilizar como un singular elemento captador o formar parte de las protecciones pasivas del mismo sistema como lo es las protecciones de mallas conductoras (jaulas de ardillas). Sumado a esto, se conoce que estas son fabricadas en acero inoxidable AISI 316L o cobre, como se puede apreciar en la figura 5.1. [13]



FIG. 5.1. PUNTA CAPTADORA O FRANFKLIN.
(INGESCO)

2.8. Orientación

El ángulo acimut establece la ubicación aparente del sol orientando hacia el este u oeste del sur, en la figura 6 se muestra una periferia que dispone de 360 grados y 24

horas en un día y se decreta que el sol se moviliza 15 grados en acimut cada hora. Se debe tomar en cuenta que el sur magnético manifestado no es el mismo que el sur verdadero, por el simple hecho de no estar rectificado con el eje de rotación de la tierra. Esta distorsión es conocida como declinación magnética. [11]

La productividad diaria de un sistema fotovoltaico está sujeta a la trayectoria del sol, donde el montaje o la infraestructura del panel debe mantenerse de forma perpendicular u orientada hacia el sur para que así sea un sistema optimo. Sin embargo, si existe una modificación de la base del panel o desvió provocaría una baja captación de radiación solar. [11]

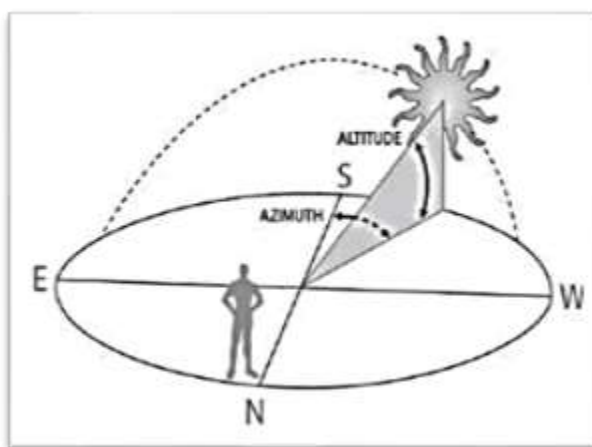


FIG. 6. ACIMUT Y ALTITUD EN LATITUDES SEPTENTRIONALES OBTENIDOS DE MONSOLAR. (VILLEGAS, 2020)

2.9. Tipos de radiaciones

Es una propagación de energía que se da de manera electromagnética o en una estructura subatómicas mediante el vacío o por un medio material y se clasifican en [14] :

- ❖ **Radiación solar:** Es la unión de radiaciones electromagnéticas que son producidas por el sol. La magnitud de esta es la irradiación.
- ❖ **Radiación directa:** Es aquella que viene de procedencia solar y no tiene ningún tipo de variación.
- ❖ **Radiación difusa:** Es aquella que es producida por los prodigios de refracción y reflexión solar en el entorno, en las nubes, etc. Y inicia desde los objetivos terrestres y atmosféricos.

- ❖ **Radiación reflejada:** Es aquella energía que se muestra en la superficie del planeta, donde su coeficiente de reflexión de la superficie muestra el total de la misma.

2.10. Unidades de la radiación solar

Para evaluar el espacio de un modelo solar existen 2 unidades, las cuales son: [14]

- ❖ **Wattios Pico (Wp):** Es aquel valor máximo que logra acoger un sistema fotovoltaico y sintoniza de manera constante con la radiación.
- ❖ **Hora solar pico (HSP):** Es aquella cantidad de energía absorbida por el sol en el día.

2.11. Iluminación

Es una adecuación de flujo luminoso que repercute en una zona o espacio determinado y se expresa en lux. Además, no solo proporciona claridad en sectores donde existe ausencia de luz, sino que ayuda a la buena visualización en la oscuridad. [10]

2.12. Flujo luminoso

Es aquella potencia que emite la configuración de la radiación luminosa y es sensible al ojo humano, su unidad es el lumen (lm). [15]

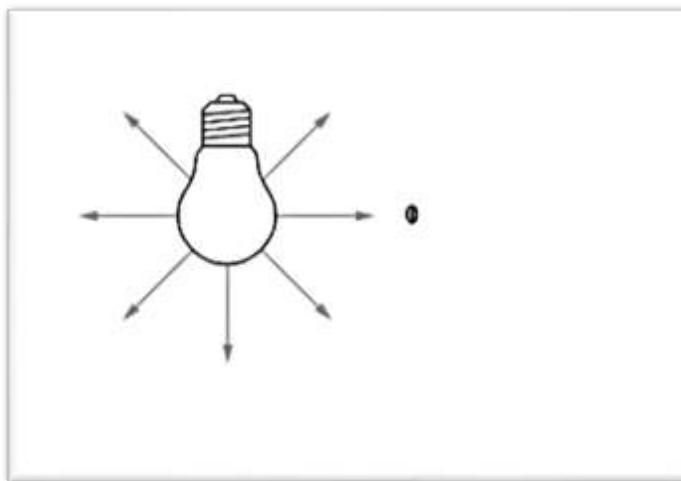


FIG. 7. REPRESENTACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO. (LUMINOTECNIA)

2.13. Intensidad luminosa

Es la cantidad de flujo luminoso que emite cada uno de los rayos del sol en una determinada dirección por la conformidad del ángulo sólido. En adición, la magnitud que expresa la distribución del flujo luminoso en el espacio con una indudable dirección y moderada en un ángulo estéreo que se cuantifica en estereorradianes, su fórmula es la siguiente: $I = \phi / \omega$. [15]

2.14. Tipos de lámparas

Una lámpara es aquel dispositivo eléctrico que produce la luz a partir de la energía eléctrica y se pueden apreciar de las siguientes formas: [14]

- **Halógenas:** son aquellas bombillas incandescentes que resisten el calor de una mejor manera, los fluidos y el torzal actúan de manera neutra en términos químicos y es por eso que tienen un mayor tiempo de utilidad.
- **Incandescentes:** Es aquel dispositivo que produce iluminación por medio del calentamiento y se basa en los efectos joule de un sedal metálico.
- **Fluorescentes:** Los diseños de estas iluminarias llevan electrodos en sus partes extremas y consiste en 2 tubos de vidrio donde encontramos sustancias luminosas en su interior que convierten o transforman las radiaciones ultravioletas en rojas siendo estas las que emiten luz.
- **Led:** Es aquella bombilla que utiliza diodos emisores de luz para generar la iluminación.

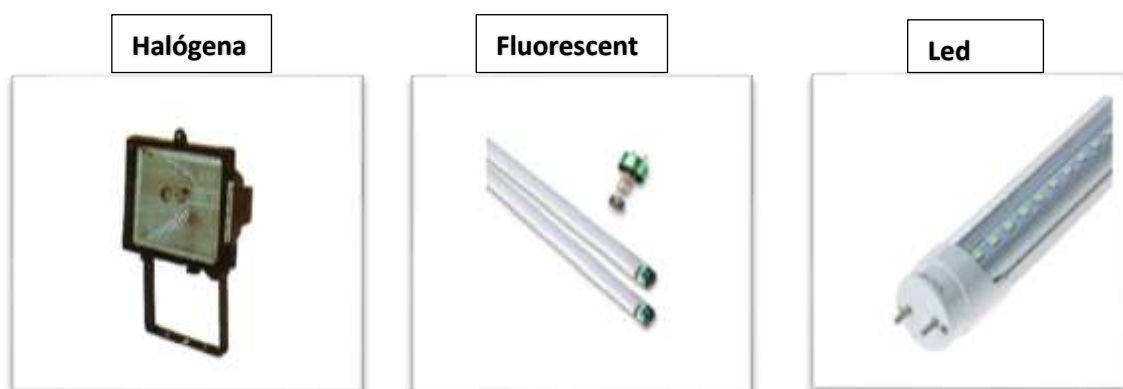


FIG. 8.1. TIPOS DE LÁMPARAS. (BORBOR)

2.15. Sistemas fotovoltaicos

- Sistema aislados u off Grid:** Estos sistemas tienen como característica principal satisfacer la demanda energética en el lugar que serán instalados. Para poder cumplir con aquel objetivo se necesita la acumulación de energías por medio del uso de reguladores y baterías para así otorgar la misma, en la figura 9 podemos visualizar el esquema de conexión de este tipo de sistema. [16] Normalmente estos sistemas son utilizados en lugares alejados de la urbe o donde resulta un costo muy elevado para un sistema de distribución común. Sin embargo, existen los días de autonomía que son aquellos que se respaldan por los bancos de baterías, los cuales suministrarán la energía al sistema al momento que no existe una buena radiación solar. [16]

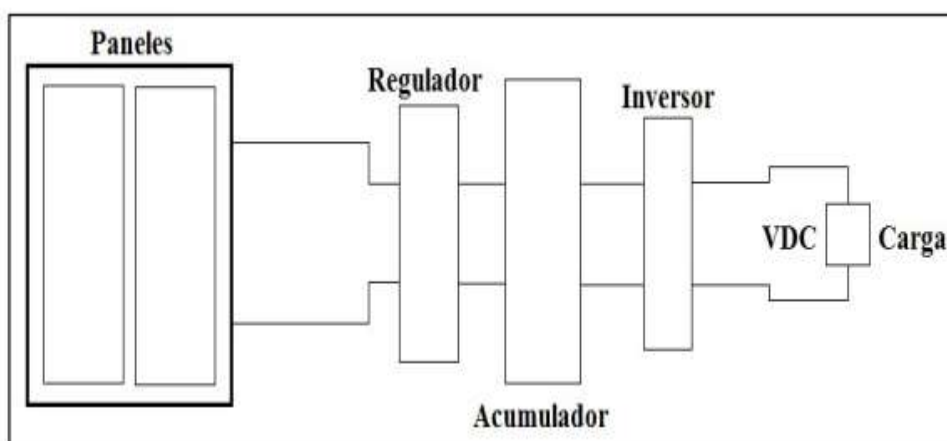


FIG. 9. SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO (BUELE)

- Sistemas on grid o conectado a la red:** También conocidos como SFVCR, son aquellos que tienen la salida de suministro de energía alterna vinculados al sistema de distribución convencional, es decir, que tienen como objetivo otorgar energía no consumida por la vivienda a la red. Entre sus componentes es importante la instalación de un medidor bidireccional. [17]

- **Sistemas híbridos:** Este sistema es la combinación de los sistemas anteriores ya mencionados, es decir, proporciona energía por la red y por los paneles fotovoltaicos instalados, se usa principalmente en lugares donde no debe ser interrumpida el suministro eléctrico. [17]



FIG. 9.1. SISTEMA HIBRIDO (CLAMPER)

2.16. Tipos de paneles

Existen 2 tipos de paneles que se comercializan en el mercado eléctrico, los cuales son:

- ❖ **Monocristalinos:** Son diseñados con monocristal de silicio y tiene como finalidad la unión del semiconductor de silicio con una pequeña parte de fosforo o boro en un crisol a 1425°C . Es decir, que se constituyen con una sola barra de silicio que se encuentra íntegro. Su estructura se aprecia en la figura 10. En adición, se identifica que su rendimiento es del 24.7%. [16]
- ❖ **Policristalinos:** Estos comenzaron a evolucionar en el mercado por el año 1981, se basan en fragmentos de una barra de silicio, la cual está constituida desorganizadamente en formatos de diminutos cristales. La diferencia con el modelo anterior mencionado es que estos son derretidos y esparcido en un molde cuadrado y luego se los dejan enfriar para así poderlos dividir en laminas perfectamente cuadradas, como se muestra en la figura 11. [16]



FIG. 10. MÓDULO MONOCRISTALINO FORMADO POR CÉLULAS DE SILICIO (BUELE)



FIG. 11. MÓDULO POLICRISTALINO FORMADO POR CÉLULAS DE SILICIO (BUELE)

El módulo que se implementa en este diseño es de tipo policristalino formado por 72 células de silicio modelo JKM405M-72-V, las especificaciones técnicas se las visualiza en la Tabla 1. En la cual se detalla algunas características en base a STC (condiciones estándares de medidas) y NOCT (temperatura de operación nominal de la célula).

TIPO DE MODULO	ESPECIFICACIONES			
	JKM4000M-72H-V		JKM405M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT
POTENCIA MAXIMA (P _{MAX})	400 WP	302WP	405WP	306WP
VOLTAJE MAXIMO (V _{MP})	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V
CORRIENTE MAXIMA (I _{MP})	9.60V	7.66A	9.65A	7.72A
CORRIENTE DE CIRCUITO ABIERTO (VOC)	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (ISC)	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A
EFICIENCIA DEL MODULO STC (%)	19.88%		20.13%	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-40°C +85°C			
MAXIMO VOLTAJE DEL SISTEMA	1500VDC (IEC)			
MAXIMA RANGO DE FUSIBLE	20A			
PODER DE TOLERANCIA	0-+3%			
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE P _{MAX}	-0.36% /°C			
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE VOC	-0.28% /°C			
COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE ISC	0.048%/°C			
TEMPERATURA DE OPERACIÓN NOMINAL DE CELDA (NOCT)	45+2°C			
STC: IRRADIACION 1000W/m ²	Temperatura de celda 25°C			
NOCT: IRRADIACION 800W/m ²	Temperatura ambiente 20°C			

TABLA 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO POLICRISTALINO (VICTRON ENERGY)

Los paneles fotovoltaicos también se pueden conectar en serie o paralelo según lo que vayamos a requerir, en caso de conectarlos en:

- **Conexión en serie:** Este tipo de conexión mantiene la intensidad y el voltaje de cada uno de los paneles, es sumado para tener un voltaje total. Sin embargo, la desventaja de este tipo de conexión es que si uno de ellos falla podría caer el sistema, es por eso que se recomienda usar diodos de bloqueo entre los módulos.
- **Conexión en paralelo:** Este tipo de conexión se forma con el empalme o unión de todos los terminales positivos y todos los terminales negativos, donde el voltaje se mantiene y la corriente total es la suma de cada corriente que otorgan los paneles.

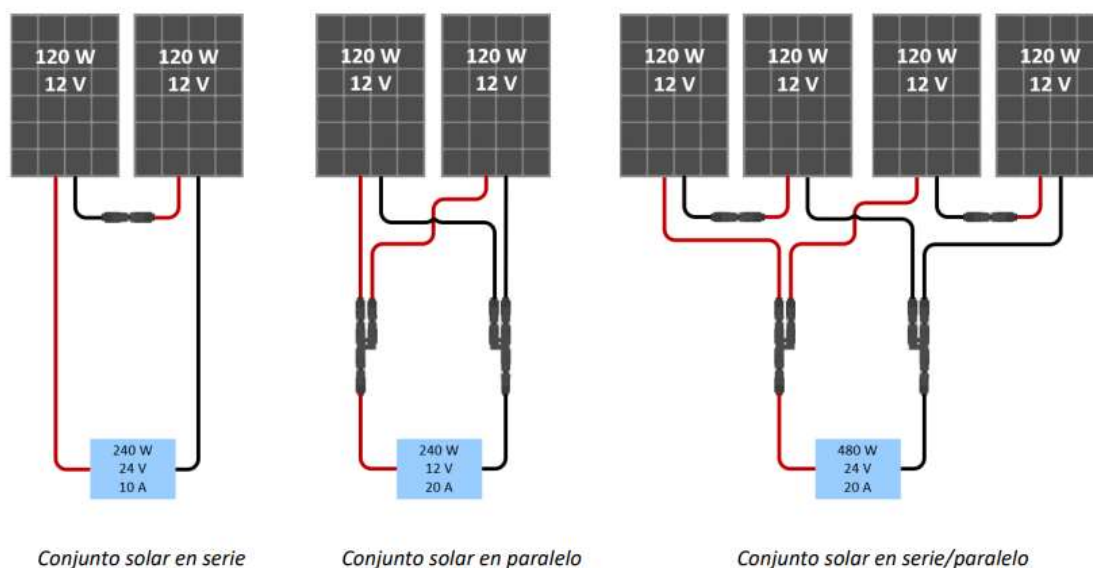


FIG. 11.1. EJEMPLOS DE CONEXIÓN DE PANELES SOLARES (VICTRON ENERGY)

2.17. Regulador

Este dispositivo es indispensable para los sistemas fotovoltaicos que aplican baterías. La función principal es controlar el proceso de carga de las baterías por medio de la corriente y tensión que se entrega a las mismas. Su principal acción es de impedir la sobrecarga de la batería para que la misma tenga una vida útil poco reducida.

En adición, se conoce que el regulador tiene como función la protección sobre los cortocircuitos y conexiones con una polaridad alterada para el sistema solar en el que se encuentra aplicado. [16]

Sumado a esto, se conoce que los reguladores tienen 6 entradas, 2 que son destinadas para la instalación del panel solar (positivo y negativo), 2 para las baterías (positivo y negativo) y 2 para el inversor (positivo y negativo) para finalmente después de este último transforma de corriente directa (Dc) a corriente alterna (Ac) y la salida se conecta al panel de distribución de la vivienda.

Además, el regulador se puede observar en las figuras 12 y 12.1 las características del mismo para saber más a detalle del dispositivo que es instalado en el diseño fotovoltaico, desarrollado en la comunidad de Masa 2.



FIG. 12. REGULADOR SMARTSOLAR (AUTOR)

Puesta a tierra

- Puesta a tierra de la batería: el cargador puede instalarse en un sistema con puesta a tierra positiva o negativa.

Nota: ponga a tierra una sola conexión a tierra (preferentemente cerca de la batería) para evitar fallos de funcionamiento del sistema.

- Puesta a tierra del chasis: Se permite una puesta a tierra separada para el chasis, ya que está aislado de los terminales positivo y negativo.
- El Código Eléctrico Nacional de Estados Unidos (NEC) solicita el uso de un elemento externo de protección contra fallos de puesta a tierra (GFPD). Los cargadores MPPT no disponen de protección interna contra fallos de puesta a tierra. El negativo eléctrico del sistema deberá conectarse a tierra a través de un GFPD y en un solo punto (y sólo uno).

- El cargador no debe estar conectado con sistemas FV puestos a tierra (una sola conexión de puesta a tierra).
- El positivo y negativo de los paneles FV no deben ponerse a tierra. Ponga a tierra el bastidor de los paneles FV para reducir el impacto de los rayos.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección automática)	12 / 24V			12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V	
Eficiencia máxima	98%			
Autoconsumo – on de la carga	12V: 19 mA 24V: 16 mA		26 / 20 / 19 mA	
Autoconsumo – off de la carga	12V: 10 mA 24V: 8 mA		10 / 8 / 7 mA	
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)			14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)			13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15A			20A / 20A / 1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife			
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife			
Protección	Cortocircuito de salida/Sobre temperatura			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales de conexión	6 mm ² / AWG10			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	0,5 kg	0,6 kg		0,65 kg
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		100 x 113 x 50 mm	100 x 113 x 60 mm
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.				
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.				
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.				

FIG. 12.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR SMARTSOLAR (VICTRON ENERGY)

Los reguladores de carga con seguidor de punto máximo potencia (MPPT, por sus siglas en inglés), son convertidores electrónicos de C.C a C.C que tiene como finalidad perfeccionar el flujo eléctrico entre el panel fotovoltaico y el banco de baterías. Es decir, va a realizar la conversión de salida C.C. con una elevada tensión que proviene de los paneles fotovoltaicos a la tensión requerida para poder darle carga a las baterías, como se muestra en la figura 13. [16]

En conclusión, estos controladores modifican la tensión de entrada – tensión de salida según las condiciones distintas de irradiación, lo cual permite que los paneles fotovoltaicos laboren en su punto de máxima potencia, en la figura 14 se aprecia el diagrama de conexión del regulador mencionado anteriormente. [16]

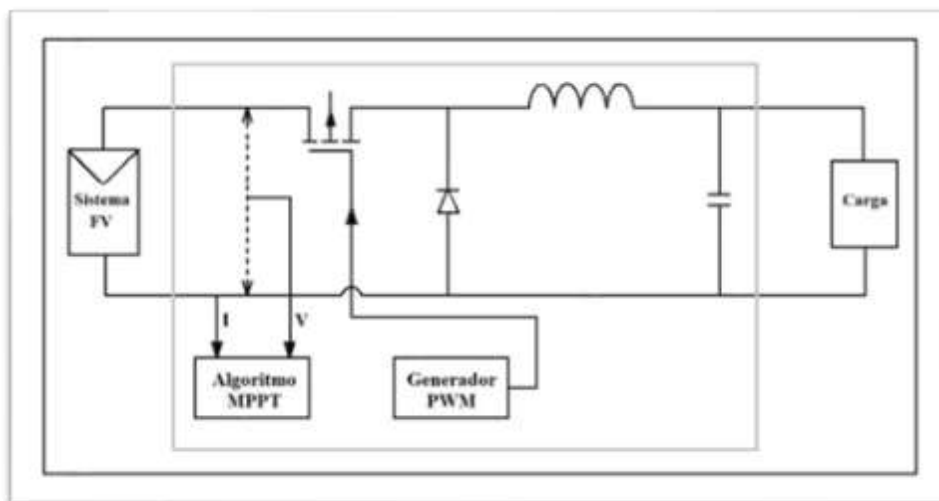


FIG. 13. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL REGULADOR MPPT (BUELE)

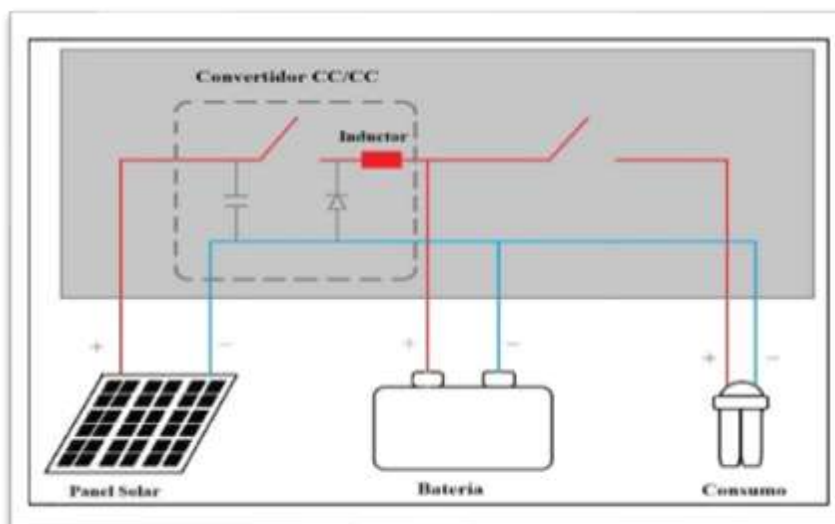


FIG. 14. DIAGRAMA DE CONEXION DEL REGULADOR MPPT (BUELE)

Los leds del regulador son de suma importancia al momento de realizar nuestra conexión ya que indican lo siguiente, en la figura 15:

Indicadores LED:

- on permanente
- ◎ parpadeo
- off

Funcionamiento normal

LED	Carga inicial	Absorción	Flotación
No está cargando (*1)	◎	○	○
Carga inicial (*2)	●	○	○
Absorción (*2)	○	●	○
Ecualización automática (*2)	○	●	●
Flotación (*2)	○	○	●

Nota (*1): El LED de carga inicial parpadeará brevemente cada 3 segundos mientras el sistema esté encendido pero no haya energía suficiente para empezar a cargar.

Nota (*2): El/los LED(s) puede/pueden parpadear cada 4 segundos para indicar que el cargador está recibiendo datos de otro dispositivo, que puede ser:

- Un dispositivo GX (por ejemplo, Color Control con un Multi en modo ESS)
- Un enlace a red VE.Smart mediante Bluetooth (con otros cargadores MPPT y/o un BMV o un Smart Battery Sense)

Estados de fallo

LED	Carga inicial	Absorción	Flotación
Temperatura del cargador demasiado alta	○	○	◎
Sobreintensidad del cargador	◎	○	◎
Sobretensión del cargador o del panel	○	◎	◎
Error interno (*3)	◎	◎	○

Nota (*3): P. ej.: datos de calibración o ajustes perdidos, problemas con el sensor de corriente.

FIG. 15. INDICADORES LED (VICTRON ENERGY)

En el caso de presentar algún problema podemos visualizar la Tabla 2 donde se explica cuál es la causa posible y la solución del mismo.

Problema	Causa posible	Solución
El cargador no funciona	Conexión inversa de las placas PV	Conecte las placas PV correctamente
	No hay fusible	Inserte fusibles de 20A (modelos 75/10, 75/15, 100/15) o de 25A (modelo 100/20)
Fusible fundido	Conexión inversa de la batería	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conecte la batería correctamente 2. Sustituya el fusible
La batería no está completamente cargada.	Conexión defectuosa de la batería	Compruebe las conexiones de la batería
	Las pérdidas por cable son demasiado altas	Utilice cables de mayor sección.
	Gran diferencia de temperatura ambiente entre el cargador y la batería ($T_{\text{ambient_chrg}} > T_{\text{ambient_batt}}$)	Asegúrese de la igualdad de condiciones ambientales entre el cargador y la batería
	<i>Sólo para sistemas de 24V:</i> el controlador de carga ha seleccionado una tensión de sistema equivocada (12V en vez de 24V)	Configure el controlador manualmente con la tensión de sistema requerida (ver sección 1.9)
Se está sobrecargando la batería	Una celda de la batería está defectuosa	Sustituya la batería
	Gran diferencia de temperatura ambiente entre el cargador y la batería ($T_{\text{ambient_chrg}} < T_{\text{ambient_batt}}$)	Asegúrese de la igualdad de condiciones ambientales entre el cargador y la batería
La salida de carga no se activa	Se ha excedido el límite de corriente máxima	Asegúrese de que la salida de corriente no exceda los 15A
	Se ha puesto una carga CC en combinación con una carga capacitiva (p.ej. un inversor)	Desconecte la carga CC durante el inicio de la carga capacitiva Desconecte la carga CC durante el arranque de la carga CA de desconexión de carga capacitiva del inversor, o conecte el inversor como se explica en la sección 3.6
	Cortocircuito	Compruebe que en la conexión de carga no hay un cortocircuito

TABLA 2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMA (VICTRON ENERGY)

2.18. Inversores

Los inversores son dispositivos electrónicos, cuyo oficio principal es la de transformar la energía de corriente directa (DC) a energía de corriente alterna (CA) a un nivel de frecuencia de 50/60Hz. En adición, se conoce que es uno de los elementos esenciales para las instalaciones fotovoltaicas ya que tiene como finalidad alimentar cargas en AC. [11]

Además, los inversores son aquellos que manipulan la C.C. y la tensión para maximizar la energía generada por los paneles y acumulada por las baterías, estos dispositivos son capaces de enviar una alarma al momento de salir de su rango específico. [18]

Sumado a esto, se conoce que el inversor debe ser el adecuado para el diseño de las instalaciones a implementar ya que así nos evitamos daños del mismo y un mal funcionamiento del sistema, es decir, el inversor debe cumplir con una alta eficiencia, bajo consumo en vacío, conexión / desconexión automática y una buena regulación de valores de tensión, el tipo de inversor que se utiliza para este diseño es el que se muestra en la figura 16. [18]



FIG. 16. INVERSOR VICTRON ENERGY 24/250 (AUTOR)

Este tipo de inversor de la marca victron energy que es utilizado para el diseño deberá respetar las siguientes indicaciones:

- El chasis deberá ser conectado a una buena tierra en su terminal respectivo que se encuentra en la parte de atrás del mismo.

- El producto no debe ser utilizado en un ambiente húmedo o polvoriento.
- No se debe utilizar en lugares con riesgo de polvo o de explosión de gas.
- La ubicación del dispositivo debe evitar tapar la ventilación del mismo.
- El inversor se apagará cuando se calienta demasiado por una temperatura no adecuado de la ubicación del mismo, y se pondrá en marcha automáticamente cuando el nivel de temperatura sea seguro.
- Al invertir la polaridad de los cables de las baterías se daña el fusible interno el cual no puede sustituirse.

Sumado a esto se recomienda utilizar las baterías y los conductores de conexión adecuados para extraer el máximo provecho del inversor, como se muestra en la figura 16.1

	12/250	24/250	48/250		12/375	24/375	48/375
Capacidad mínima de la batería	30 Ah	20 Ah	10 Ah		40 Ah	30 Ah	15 Ah
Fusible CC interno	2 x 30 A	30 A	25 A		2 x 40 A	40 A	25 A
Tipo de fusible (Marca: Littelfuse)	ATOF 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V		ATOF 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V
Fusible sustituible	no	no	no		no	no	no
Sección de cable CC recomendada (mm ²)							
0 – 1,5 m	4 mm ²	2,5 mm ²	1,5 mm ²		6 mm ²	4 mm ²	2,5 mm ²
1,5 – 3 m	6 mm ²	4 mm ²	2,5 mm ²		10 mm ²	6 mm ²	4 mm ²

	12/500	24/500	48/500		12/800	24/800	48/800
Capacidad mínima de la batería	60 Ah	40 Ah	20 Ah		100 Ah	50 Ah	30 Ah
Fusible CC interno	3 x 35 A	2 x 25 A	30 A		125 A	2 x 40 A	2 x 20 A
Tipo de fusible (Marca: Littelfuse)	ATOF 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V		MIDI 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V
Fusible sustituible	no	no	no		sí	no	no
Sección de cable CC recomendada (mm ²)							
0 – 1,5 m	6 mm ²	6 mm ²	4 mm ²		16 mm ²	6 mm ²	4 mm ²
1,5 - 3 m	10 mm ²	10 mm ²	6 mm ²		25 mm ²	10 mm ²	6 mm ²

	12/1200	24/1200	48/1200
Capacidad mínima de la batería	150 Ah	60 Ah	30 Ah
Fusible CC interno	200 A	100 A	50 A
Tipo de fusible (Marca: Littelfuse)	MIDI 32 V	MIDI 32 V	MIDI 58 V
Fusible sustituible	sí	sí	sí
0 – 1,5 m	25 mm ²	10 mm ²	6 mm ²
1,5 -3 m	35 mm ²	16 mm ²	10 mm ²

FIG. 16.1. CONEXIÓN A BATERÍA. (VICTRON ENERGY)

Además, para saber el estado de funcionamiento de este tipo de inversor se muestra la figura 16.2 donde explica los significados de los leds y 16.3 para conocer las especificaciones del mismo.










LED verde	Estado	Resolución de problemas
 Encendido fijo	Inversor encendido	LED Rojo apagado Estado OK LED rojo encendido o parpadeando: El inversor sigue encendido, pero se apagará si la condición empeora Ver el motivo del aviso en la tabla de LED rojo
 Parpadeo único lento	Modo ECO	Si el inversor pasa continuamente de on a off con una carga conectada, puede que la carga sea demasiado pequeña para el ajuste actual del modo ECO. Incremente la carga o cambie los parámetros del modo ECO (ajuste mínimo del modo ECO: 15 W).
 Parpadeo doble rápido	Off y en espera	El inversor se ha apagado debido a que se ha activado una protección. El inversor se reiniciará automáticamente tan pronto como se eliminen todas las condiciones de alarma. Ver el motivo por el que se ha apagado en el estado del LED rojo.
 Off	Inversor apagado	LED rojo apagado Compruebe el interruptor On/Off/ECO: debe estar en la posición On o ECO. Compruebe el conector on/off remoto. Compruebe las conexiones del cable CC y los fusibles. El fusible del inversor se ha fundido: debe enviar el inversor a reparación. LED rojo encendido o parpadeando El inversor se ha apagado debido a que se ha activado una protección. Ya no se reiniciará automáticamente. El LED rojo indica el motivo por el que se ha apagado. Solucione el error y reinicie el inversor poniendo el interruptor en Off y de nuevo en On.
LED Rojo	Definición	Resolución de problemas
 Encendido fijo	Sobrecarga	Reduzca la carga
 Parpadeo lento	Batería baja	Recargue o sustituya la batería Compruebe las conexiones del cable CC. Compruebe la sección del cable, ya que puede ser insuficiente. Consulte en la sección 4.3 Protecciones y reinicios automáticos el procedimiento de reinicio manual y automático.
 Parpadeo rápido	Batería alta	Reduzca la tensión de entrada CC, compruebe que el cargador no tenga algún fallo
 Parpadeo doble	Temperatura alta	Reduzca la carga y/o coloque el inversor en un sitio mejor ventilado
 Parpadeo único rápido	Tensión de ondulación CC alta	Compruebe las conexiones del cable CC y la sección del cable.

FIG. 16.2. SIGNIFICADO DE LOS LEDS. (VICTRON ENERGY)

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)		230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3 / 18,6 / 37,2V				
Dinámica (dependiente de la carga)		Desconexión dinámica, ver				
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		10,9 / 21,8 / 43,6V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0 / 28,0 / 56,0V				
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				
CARCASA						
Material y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	25/10/10mm ² / AWG4/8/8	35/25/25 mm ² / AWG 2/4/4
Tomas de corriente CA estándar		230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R				
Tipo de protección		IP 21				
Peso		2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)		86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)
ACCESORIOS						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		Filax				
ESTÁNDARES						
Seguridad		EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1				
EMC		EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción		ECE R10-4				
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						

FIG. 16.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR. (VICTRON ENERGY)

2.19. Baterías

Las baterías son capaces de almacenar energía eléctrica por medio de la transformación de la misma a energía electroquímica, son de suma importancia en los sistemas fotovoltaicos ya que en horarios que no se obtenga la irradiación solar, éstas entran en funcionamiento ayudando que el sistema sea continuo.



FIG. 17. BATERIAS DC-12/100 (AUTOR)

Además, las baterías que más se utilizan son las estacionarias o de ciclo profundo. [18] Sumado a esto, se conoce que la historia de estos dispositivos fue inventada por el científico italiano Alessandro Volta en el año de 1793, donde indica que para producir corriente eléctrica en el mismo deben existir un circuito cerrado con dos metales los cuales deben estar en contacto. [18]

El acopio de las baterías se determina en Amperios horas (Ah), lo que significa la cantidad de carga que fluye por los polos de una batería. Existen diferentes tipos de baterías los cuales son: plomo/acido, níquel/cadmio, entre otras. Un ejemplo de baterías de ciclo profundo de plomo/acido correspondiente a la marca ritar que se utilizó en el diseño para el sistema fotovoltaico lo podemos ver en la figura 17. [18]

Las baterías Ritar Power serie Ra tienen como características los siguientes puntos:

- Son selladas.
- Libre de mantenimiento.
- Equipadas con un método de ventilación de baja presión.
- Diseñadas para el almacenamiento y respaldo de energía.

Además, se menciona que es un tipo de baterías más comercializadas por sus varias funciones de aplicación como puede ser en: centrales telefónicas, seguridad, etc. En conjunto, la configuración es posible tanto en serie para aumentar el voltaje o en paralelo para aumentar la capacidad en Ah (amperios Horas), las especificaciones de esta batería la vemos en la tabla 3. [19]

ESPECIFICACIONES	
CELDAS POR UNIDAD	6
VOLTAJE POR UNIDAD	12
CAPACIDAD	100Ah @20hr a 1.75v por celda
PESO	Aprox. 30.0kg (tolerancia +-2%)
RESISTENCIA INTERNA	Aprox. 5 mΩ
TERMINAL	F12(M8)/F5(M8)
MAX. CORRIENTE DE DESCARGA	1000A (5 Sec)
VIDA DE DISEÑO	12 años (carga flotante)
MAXIMA CORRIENTE DE CARGA	30 A
CAPACIDAD REFERENCIAL	C3-74.4AH C5 83.5AH C10 95.0 AH C20 100 AH
VOLTAJE DE CARGA FLOTANTE	13.6V-13.8V A 25°C
TEENSION DEL CICLO DE USO	14.6V-14.8V A 25°C
RANGO DE OPERACIÓN DE TEMPERATURA	DESCARGA -20°C--60°C
RANGO DE OPERACIÓN DE TEMPERATURA NORMAL	25°C+- 5°C

TABLA 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERIAS DC-12/100 (RITAR)

Las baterías según su requerimiento se conectan en serie o paralelo, como se aprecia en la figura 17.2.

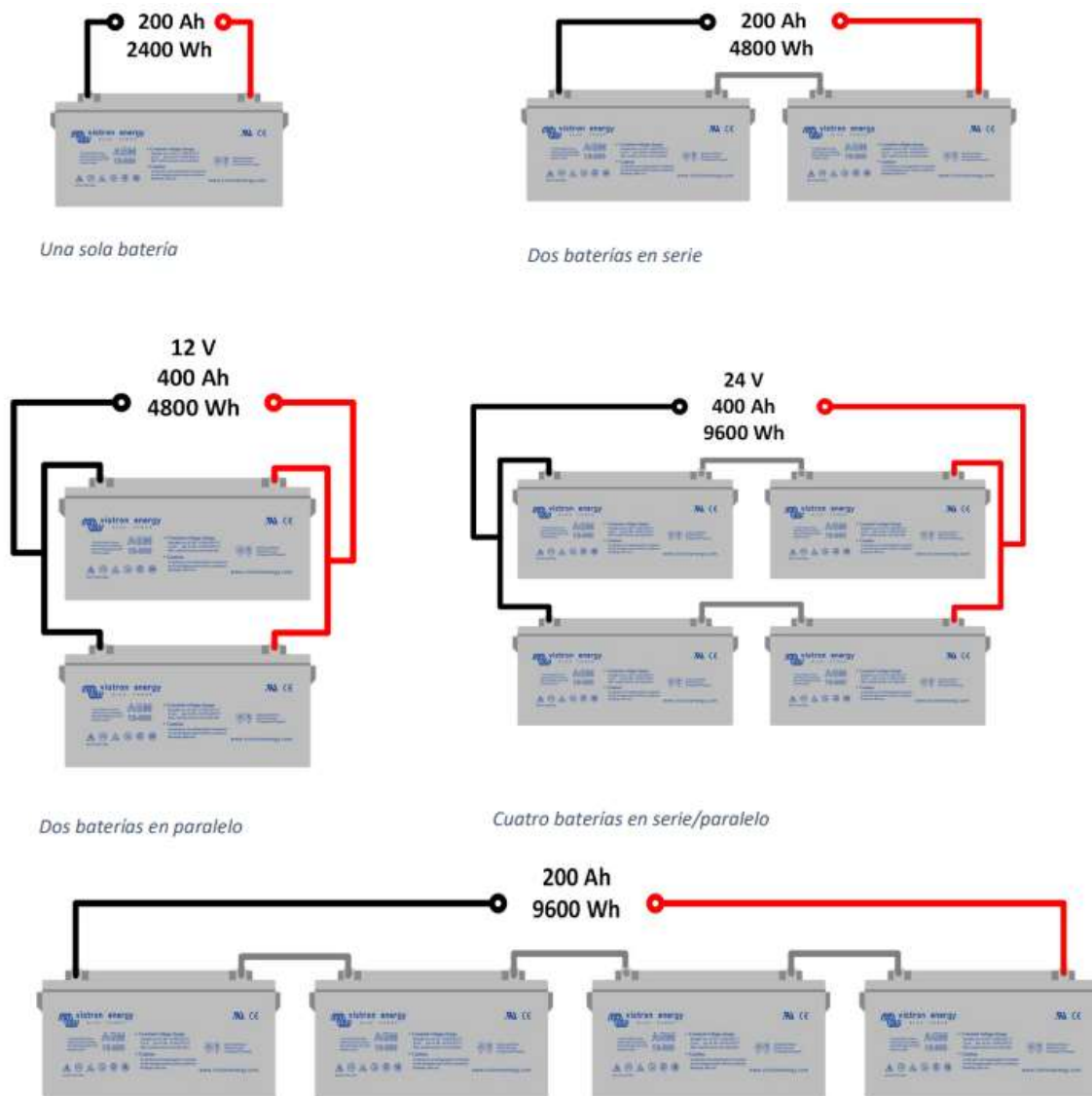


FIG. 17.1. CONEXIÓN DE BATERÍAS (VICTRON ENERGY)

2.20 Protecciones generales de los sistemas fotovoltaicos

➤ Sistemas de puesta a tierra

Los procedimientos de puesta a tierra para los paneles solares, descrita en la norma NTC 2050 indica que: todas las infraestructuras deben estar vinculadas a tierra para no exponerse a acontecimientos peligrosos que puedan dañar nuestro sistema. [20]

Los módulos fotovoltaicos deben ser instalados con su respectivo grado de inclinación para así poder recibir la irradiación del sol de una manera adecuada, es indispensable

que las masas del sistema tengan su método de puesta a tierra como se muestra en la figura 18.

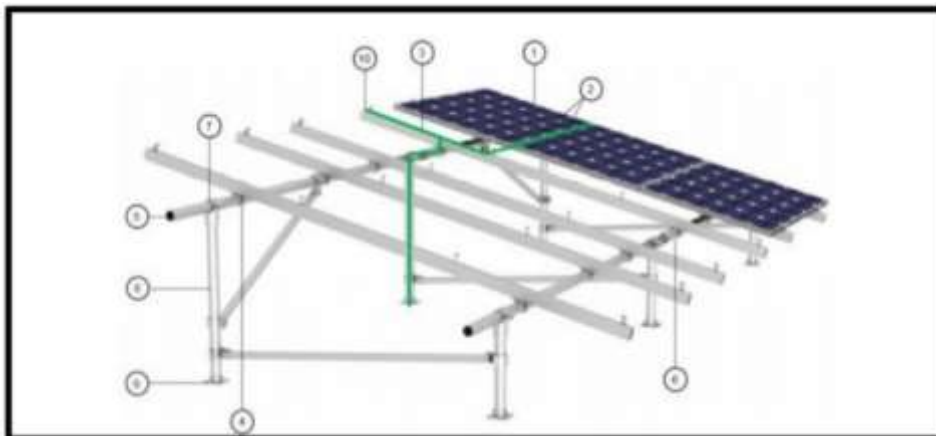


FIG. 18. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (VALDERRAMA)

➤ **Protección contra fallas a tierra de equipos**

Son aquellos equipos que resguardan de algún choque eléctrico que pueda dañar nuestros dispositivos electrónicos, es decir, que evitan el paso de la corriente a tierra. Además, se debe tomar en cuenta que puede existir la tensión de paso, tensión de contacto, tensión de malla y tensión de transferencia las cuales pueden afectar a las personas que manipulen los componentes del sistema. [20]

➤ **Interruptores magnetotérmicos**

Es aquel dispositivo que reacciona de manera inmediata en presencia de cortocircuito, son los encargados de proteger los aparatos eléctricos en dependencia de los mismos.

➤ **Fusible**

Un fusible es un metal conductor que cuando detecta corrientes superiores a la de su nominal es quemado, separando el circuito de instalación, normalmente se encuentran dentro del inversor.

➤ **Interruptor diferencial**

Es aquel dispositivo de protección de contacto directo, su funcionamiento es disparar al detectar una corriente de falla, es indispensable que esté conectado a un correcto sistema de tierra.

➤ **Estructura**

La buena elección de los materiales a utilizar es de suma importancia, ya que así se evita que se presente el fenómeno de par galvánico el cual deterioraría los materiales en contacto. [21]

➤ **Distancia de separación según la norma IEC 662305-3**

Esta norma indica que es indispensable que se mantenga una determinada distancia entre los sistemas fotovoltaicos y las protecciones contra rayos. Sumado a esto, se indica que no debe existir la proyección de sombras sobre los paneles solares para así evitar su mal funcionamiento, como se muestra en la figura 19. [20]



FIG. 19. DISTANCIA ENTRE EL MÓDULO Y LAS PUNTAS CAPTADORAS (VALDERRAMA)

Para evitar la sobreimpresión de los paneles el cual depende de la inclinación y geometría de los arreglos de los módulos se debe analizar la distancia mínima, como se muestra en la figura 20 y la ecuación 0. [21]

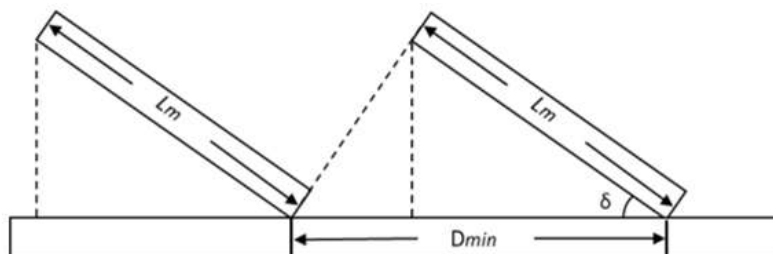


FIG. 20. DISTANCIA MÍNIMA DE SEPARACIÓN ENTRE MODULO (GOMEZ)

$$D_{min} = (L_m * \text{Cos}\delta) + \frac{L_m * \text{Sen}\delta}{\text{Tan}(90^\circ - \delta)}$$

ECUACIÓN 0. CALCULO DE DISTANCIA MÍNIMA DE SEPARACIÓN ENTRE MODULO (GÓMEZ)

➤ **Sobretensión transitoria: pico eléctrico**

Es aquel acontecimiento de un período corto de tiempo, que se caracteriza por la elevación rápida de la tensión nominal del sistema, sucesivo de un descenso más pausado, el cual provoca que la corriente eléctrica se propague a lo largo de un circuito,

estos picos se ven reflejados en microsegundos y tienen una disposición de cientos de kHz, como se muestra en la figura 21. [17]

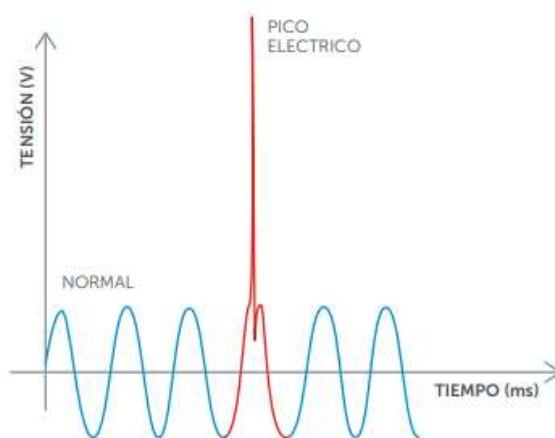


FIG. 21. SOBRETENSIÓN TRANSITORIA – PICO ELÉCTRICO (CLAMPER)

➤ Interacción entre el rayo y los sistemas fotovoltaicos

Normalmente las descargas atmosféricas son los causantes de daños irreversible a los sistemas fotovoltaicos, en efecto existe el aumento del mantenimiento o presupuesto de los mismos. Estos pueden actuar contra los sistemas de la siguiente manera:

- Descarga atmosférica directa: Es aquella corriente que circula por el sistema establecido entre la nube-tierra, estos poseen decenas de coulomb, lo que genera un elevado porcentaje de corriente.
- Descarga atmosférica indirecta: Son aquellos que provocan daños a los sistemas eléctricos por la generación de campos electromagnéticos generados por los mismos, como se aprecia en la figura 22.



FIG. 22. DESCARGA ATMOSFÉRICA INDIRECTA (CLAMPER)

➤ **Protección contra picos eléctricos**

Es muy importante realizar nuestros análisis de riesgos para así hacer a nuestros sistemas más eficiente y de mayor durabilidad, es por eso que se utilizan DPS (dispositivos de protección contra sobrecarga) para evitar daños por picos eléctricos. [17]

Además, aquellos elementos de protección contra sobretensiones eléctricas, que están destinados para la protección de redes eléctricas, se clasifican según su aplicación:

- Clase 1: Son utilizados en los tableros primarios, los cuales están conectados al sistema principal de puesta a tierra.



FIG. 23. DPS CLASE I (CLAMPER)

- Clase 2: Son utilizados para los picos inducidos de descargas atmosféricas indirectas.



FIG. 24. DPS CLASE II (CLAMPER)

- Clase 3: Es aquella que se utiliza en una protección fina realizada cerca del equipo electrónico o eléctrico.



FIG. 25. DPS CLASE III (CLAMPER)

➤ Formas de conexión-líneas Dc

Normalmente las protecciones eléctricas para los sistemas fotovoltaicos se pueden aplicar de varias formas, las más utilizadas son las siguientes:

- Conexión de tipo estrella: Se utilizan 3 DPS, este diseño garantiza que los dispositivos de protección no conduzcan corrientes innecesarias.

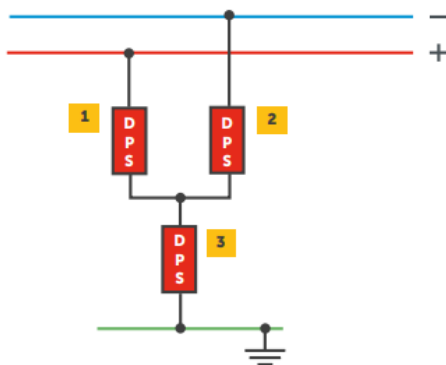


FIG. 26. CONEXIÓN TIPO ESTRELLA. (CLAMPER)

- Sistemas con polos aislados de tierra: Este es otro tipo de conexión que nos garantiza la efectividad del sistema.

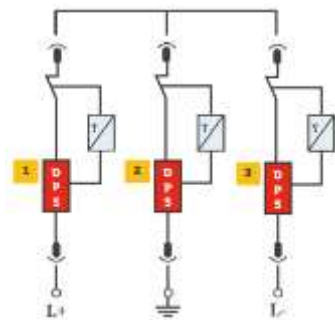


FIG. 27. DPS EN CONEXIÓN ESTRELLA. (CLAMPER)

➤ Final de vida útil

Estos dispositivos que implementan tecnologías de protección tienden al cortocircuito cuando llegan al límite de su utilidad, se fabrican de acuerdo a las normas EN50539-11 o IEC61643-31 donde describe que los DPS se desconectan incluso en corrientes bajas, dando una mayor confiabilidad a los sistemas fotovoltaicos. [17]

Sumado a esto, se indica que donde la incidencia de una descarga directa es baja, únicamente se instala protecciones de los picos inducidos, ya que se presentan descargas en los paneles o también en las líneas de alimentación, como se muestra en la figura 28. [17]

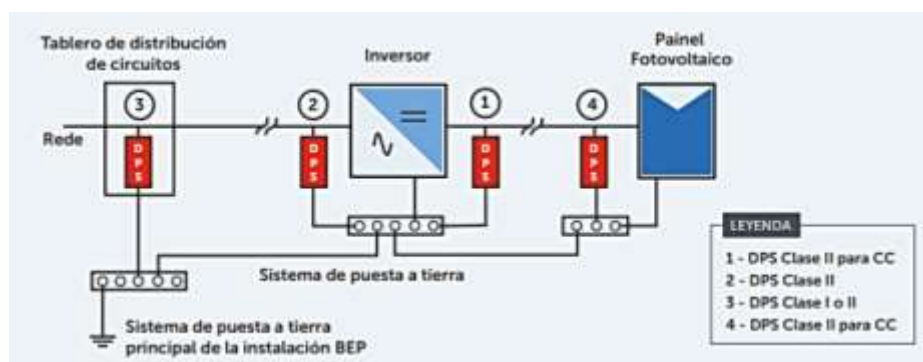


FIG. 28. ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE DPS SIN SPDA. (CLAMPER)

➤ Resistividad

La resistividad es aquella resistencia específica de un material en particular, se identifica por la letra griega rho y su unidad es Ohm*m. En adición, se puede calcular como lo indica la ecuación 1. [20]

$$\rho_a = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1}$$

ECUACIÓN 1. CALCULO DE RESISTIVIDAD (MUÑOZ)

Donde:

ρ_a = Resistividad del terreno.

R= Resistencia media.

L_r = longitud de la varilla.

d= diámetro de la varilla.

Adicionalmente, se describe la resistividad del terreno según las características del ecosistema, ya que es de suma importancia al momento de realizar la instalación de los paneles fotovoltaicos, por nuestro sistema de protección a tierra. Sumado a esto, se conoce que el terreno de la comunidad de Masa 2 es de tipo pedregoso desnudo, por lo tanto, la resistividad de nuestra instalación será de 1500 a 3000 Ohm*m, como se indica en la figura 29. [22]

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

FIG. 29. VALORES ORIENTATIVOS DE LA RESISTIVIDAD EN FUNCIÓN DEL TERRENO (GARCÍA)

2.21 Descripción general de los materiales eléctricos para la instalación.

➤ Datos técnicos de los elementos eléctricos utilizados: [23]

○ Boquilla baquelita.

Boquilla baquelita ideal para colocar sus focos en el hogar, oficinas, escuelas, colegios, hospitales, etc.



FIG. 30. BOQUILLA BAQUELITA (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

- ❖ Procedencia: China.
- ❖ Fabricante: Century.
- ❖ Modelo: p935104
- ❖ Material: Baquelita.
- ❖ Color: Beige.
- ❖ Peso: 62g.
- ❖ Diseño: Compacto.
- ❖ Medida: Diámetro 11.5cm

○ Foco led luz ahorrador bombilla

En iluminación, el foco es un dispositivo óptico destinado para proyectar la luz de una lámpara hacia una región concreta.



FIG. 31. FOCO LED (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

- ❖ Procedencia: China
- ❖ Fabricante: Ecoled
- ❖ Material: exterior plástico
- ❖ Peso: 0.2 Kg
- ❖ Ahorro de energía: 85%
- ❖ Energía: 110V
- ❖ Potencia: 9W
- ❖ Luz del día: 6500 K
- ❖ Color: blanco
- ❖ Cantidad: 1 unidad
- ❖ Estado: nuevo

○ **Tomacorriente 110v**

Paso de energía final para el funcionamiento de electrodomésticos en alcobas, cocinas, zonas de lavandería entre otras.



FIG. 32. TOMACORRIENTE DE 110V (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

- ❖ Color: Blanco
- ❖ Textura: Mate.
- ❖ Conexión prensa cable: permite una mayor seguridad en la conexión.
- ❖ Resistente al impacto.
- ❖ Tensión nominal: 250V AC; 127V AC
- ❖ Corriente nominal: 10A (250V-); 15A (125V-).
- ❖ Máxima sección conductores: 4 mm.
- ❖ Ensayo hilo incandescente: 850 °C.

○ **Tubos pvc 1/2"**

El pvc, también acreditado como cloruro de polivinilo, es aquel material caracterizado por su ligereza y resistencia, flexible y moldeable, sin obligación de sobreponer calor, este material también es resistente al agua y muy fácil de laborar con herramientas básicas del bricolaje. Su pequeño coste de instalación y mantenimiento lo catalogan en uno de los materiales de construcción con una larga vida útil.



FIG. 33. TUBOS PVC 1/2" (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

- ❖ Diámetro nominal en pulgadas: 1/2"
- ❖ Diámetro nominal en mm: 21 mm.
- ❖ Diámetro interior promedio: 16.6 mm.
- ❖ Diámetro exterior promedio: 21.34 mm (0.840").
- ❖ Espesor de pared mínimo: 1.57 mm (0.062").
- ❖ Material: Poli Cloruro de Vinilo (PVC).
- ❖ Peso metro: 0.2 kg.
- ❖ Presión de trabajo a 23 °C: 2.205 Mpa (315 Psi - 22.15 kg/cm²)
- ❖ Presión de trabajo a 23 °C: 3.5 Mpa (500 Psi - 35.15 kg/cm²)
- ❖ Longitud: 6 m.
- ❖ Color: Blanco.

○ **Interruptor sencillo**

Prende y apaga una o más iluminadas, controla el paso de electricidad en recintos de cualquier edificación.



FIG. 34. INTERRUPTOR SENCILLO (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

- ❖ Tensión nominal (Vn): 127 V
- ❖ Corriente nominal (In): 10 A
- ❖ Frecuencia: 60 Hz.
- ❖ Rigidez dieléctrica: 2500 V-
- ❖ Operaciones mecánicas: Superior a 40.000 operaciones (Apertura- cierre), con carga a corriente nominal.
- ❖ Acepta: 2 cables de 2.5 mm² (14 AWG)
- ❖ Luz piloto precableada, fácil instalación.
- ❖ Base en polifenilo y tecla fabricada en ABS.
- ❖ Soportan hasta 850 °C (elevación de temperatura).

- **Cajetines de paso**

Aislación de los cables, punto eléctrico roseta.

Cajetín octogonal



FIG. 35. CAJETIN DE PASO (MIRANDA)

Cajetín rectangular



FIG. 36. CAJETIN DE PASO (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

- ❖ Material: plástico. Cal. 20 (0,9 mm).
- ❖ Entrada de 1/2" y 3/4".
- ❖ Contiene tornillo con ajuste para tomacorriente.
- ❖ Dimensiones:
 - Lado x lado: (89,5 x 89,5) mm.
 - Profundidad: 38,5 mm.

- **Caja de servicios**

Caja para circuitos.

Control de energía.

Instalación y control de tacos o pastillas de luz.



FIG. 37. CAJA DE SERVICIO (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

❖ Dimensiones:

- Alto: 23 cm.
- Ancho: 13 cm.
- Profundidad: 6 cm.

Grado mínimo de protección IP: IP42.

Grado mínimo de protección IK: IK08.

Material: Lamina cold rolled Cal. 16 (1,5 mm).

Pintura: Electroestática en polvo horneable texturizada.

- **Cable de cobre**

- Instalaciones eléctricas de fuerza.
- Acometidas eléctricas (Fase)
- Instalación eléctrica toma corriente.
- Instalación eléctrica interruptor.
- Instalación eléctrica roseta.



FIG. 38. CABLE DE COBRE (MIRANDA)

CARACTERÍSTICAS:

❖ Conductor:

- Calibre: 12 AWG.
- Clase de cableado: B.
- Diámetro de conductor desnudo: 2,32 mm.
- Área: 3,31 mm².
- N° de cables: 7.
- Diámetro de los alambres: 0,775 mm.
- Pesos unitarios: 30 kg/km.
- Resistencia D.C. máx. 20°C: 5,32 ohmio/km.
- Material: Cobre blando.
- ❖ Aislamiento:
 - Espesor promedio mínimo: 0,76 mm.
 - Espesor mínimo en punto: 0,69 mm.
 - Resistente a las humedades, químicos, grasa y calor.
 - Temperatura de operación: 90°C.
 - Aislamiento de PVC.
 - Alta resistencia dieléctrica.
 - Retardante a la llama.
 - Ideal para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Se presentan los análisis más sobresalientes y similares a nuestra investigación, con el fin común para el desarrollo óptimo de un procedimiento fotovoltaico, en el caso de las comunas que viven lejos de las urbes y se observa un déficit de servicio, como lo es la energía eléctrica. Debido a esta situación se realizan encuesta a los habitantes para conocer si están al tanto de lo que son las energías renovables, en esencia al manejo de paneles solares. [14]

Sin embargo, para esta propuesta de implementación se utilizan materiales descritos en la sección de presupuesto juntos a tangibles complementarios a dicha instalación. En adición, también se debe contemplar temas como lo arquitectónico del lugar que se aplica dicho sistema, el transporte, comunidad, educación, salud, la religión y la

alimentación para obtener un panorama en general del área a implementar el diseño.
[14]

Específicamente se decreta que la energía de consumo que solicita la vivienda, es seleccionada por medio de los equipos eléctricos que formarán parte de aquel sistema. Debido al análisis del mismo se involucran temas como cálculos de selección de paneles, lúmenes de alumbrado en instalaciones interiores, carga en general, transmisión de calor, ángulo óptimo de inclinación de los módulos, selección de batería de almacenamiento, regulador de carga, selección del inversor y calibre de conductor.
[24]

Además, para generar electricidad debemos considerar que se requiere de la célula solar la cual sirve como generador de la misma, transmitiendo dicha energía en movimientos de electrones para así liberar la fuerza que generan los fotones de radiación solar. A causa de esto, se explica la descripción general del sistema fotovoltaico apto para la reproducción de energía eléctrica en la comunidad de Masa 2. [25]

3.1. Criterios en general para el análisis del proyecto a implementar en la comunidad de masa 2

➤ Ubicación y aspectos a considerar

Es muy importante tener la noción que el proyecto a implementar debe ser conciliado a realidades y características pertinentes del lugar, como también aquellos principales datos que se deben tomar en cuenta, los cuales son:

- ❖ Niveles de radiación que inciden en la comunidad.
- ❖ La demanda según el número de beneficiarios.
- ❖ Horas de uso del servicio eléctrico.
- ❖ Planos.
- ❖ Memorias de cálculo.
- ❖ Tiempo de vida útil de cada elemento a implementar.
- ❖ Designio de mantenimientos.
- ❖ Análisis de la ubicación de los paneles solares y elementos que lo conforman, para un correcto desempeño.
- ❖ Anteproyecto final, para poder brindar la mejor elección del diseño, tomando en cuenta el mínimo costo.

Entre otros aspectos a considerar para poder forjar criterios de carácter técnico, se debe tomar en consideración el levantamiento de información y adquisición de evidencias, ya que es de gran aceptación a la hora de realizar el proyecto.

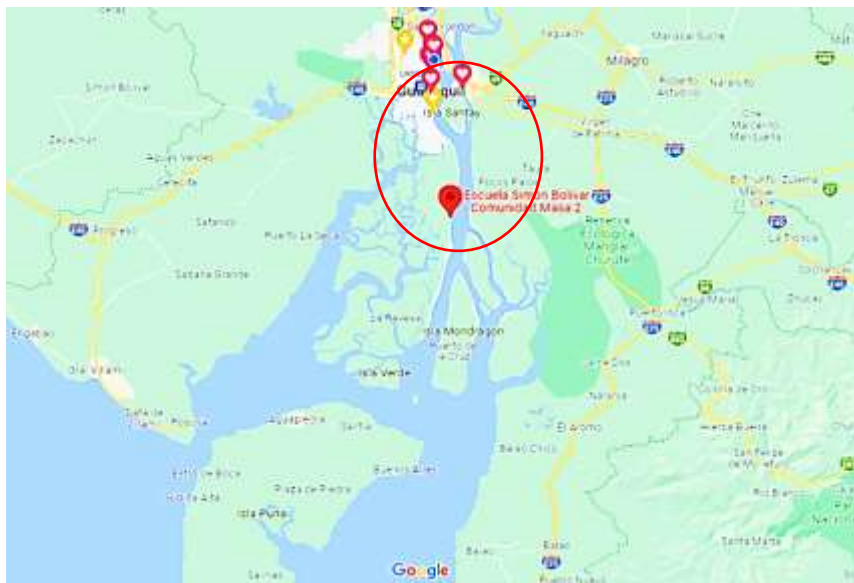


FIG. 39. UBICACIÓN DE LA COMUNIDAD MASA 2 (GOOGLE MAPS)

Adicionalmente, se explica que para llegar a la comunidad de Masa 2; la cual está ubicada en el sector costero del Golfo de Guayaquil. La ruta de acceso puede ser por medio de un viaje en lancha por el río Guayas, partiendo del puerto Caraguay o también se puede llegar al lugar vía terrestre, ingresando por la empresa Andec, ubicada al sur de la ciudad de Guayaquil, en un recorrido de alrededor de 1 hora.

3.2. Cálculos generales del sistema a implementar

➤ Cálculo de la capacidad del panel fotovoltaico.

Para la elección de los elementos del sistema fotovoltaico a implementar, se buscó como proveedor a la empresa Renova energía S.A. La cual es una empresa legalmente constituida en nuestro País, la cual está enfocada en el desarrollo de soluciones eléctricas autónomas y conectadas a la red pública, con la asiduidad de energías renovables, principalmente con la energía solar.

Sumado a esto, se indica que, para realizar el cálculo adecuado del panel solar idóneo para nuestra instalación eléctrica, y que cumpla con las especificaciones técnicas para que así no exista problema alguno, se necesita de la siguiente ecuación matemática, la

que da como resultado el número de paneles necesarios para abastecer la demanda instalada: [18]

$$N^{\circ}ps = \frac{E \times 1,3}{Hsp \times Wp}$$

ECUACIÓN 2. CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL PANEL (MUÑOZ)

Siendo E el consumo diario total de la vivienda en la que se instala el panel solar. Esta medición es dada por Kilowatts hora (Kwh). Sumado a esto, para poder determinar la energía de uso o consumo adquirido por la casa, se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Número de aparatos eléctricos de la instalación.
- ✓ La capacidad de cada aparato eléctrico, expresión dada en vatios.
- ✓ La cantidad de tiempo de uso del aparato.

Sin embargo, para obtener el resultado de la energía total, la cual es necesaria para realizar el cálculo del panel solar a implementar, se elabora una plantilla de cálculo como se muestra en la tabla 4:

Aparato	N° de aparatos	Potencia (W)	Horas de uso (h)	Energía (Wh)
Focos led	5	9	4	180
Tv	1	100	2	200
Licuadaora	1	120	0,25	30
Parlante	1	100	3	300
Cargador de teléfono	2	10	2	40
Energía total utilizada				750

TABLA 4. PLANILLAJE DEL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (AUTOR)

Es de suma importancia conocer el rendimiento o eficiencia energética eléctrica de la instalación a implementar el sistema, la cual indica que: la reducción de las potencias y energías demandadas al plan eléctrico no vayan afectar las actividades normales dentro de la instalación.

Sumado a esto, se indica que la eficiencia eléctrica viene dada por la siguiente ecuación:

$$E\% = \frac{Eu}{Ec}$$

ECUACIÓN 3. EFICIENCIA ELÉCTRICA (GONZALES)

Siendo E% la eficiencia, dada en porcentaje.

Eu es la energía empleada por la instalación eléctrica, ya calculada anteriormente en nuestra plantilla de cálculo y **Ec** es la energía consumida, la cual realiza una producción efectiva.

Para la instalación eléctrica implementada, Se da un estimado de eficiencia del 60%. Entonces se tendrá que calcular la energía consumida, la cual será igual a:

$$Eu = 750 \text{ Wh}$$

$$E\% = 60\%$$

$$E\% = \frac{Eu}{Ec} \gg Ec = \frac{Eu}{60\%} = \frac{750}{60\%} = 1250 \text{ Wh}$$

Finalmente se obtuvo como resultado 1250 Wh, la cual es la energía consumida por la instalación eléctrica, está refleja un valor importante para poder desarrollar el cálculo de nuestro panel solar.

Adicionalmente, se indica que el valor de **1,3** es un factor de seguridad, el cual estima sobredimensionar en un 30% más el consumo para que no exista problema alguno cuando se requiera ampliar el mismo, resultando más seguras las instalaciones. Además, cuyo factor es de suma importancia y adjudicable para aquellos días en los que el clima no ayuda a receptor incidencia solar en los paneles solares.

Sin embargo, la radiación solar debe delimitarse según los recursos solares y datos del GIS o SIG (Sistemas de Información Geográfica) del lugar, partiendo de mediciones satelitales o en sitio, logrando obtener el recurso solar idóneo en kWh/m², como se muestra en la figura 40.



FIG. 40. RADIACIÓN SOLAR EN ECUADOR (GIS)

En adición, se indica que de las 24 provincias que comprende el Ecuador, alrededor del 50% de las mismas se encuentran delimitada por una radiación solar en una categoría del 4 kWh/kW. Es decir, que es una estimación propicia para utilizar en el cálculo del panel solar a implementar.

Adicionalmente, se conoce que W_p es la potencia del panel, en este caso dependiendo la marca comercializada. Se elige un panel de 400W, en el modelo anteriormente mencionado.

Una vez obtenido todos los parámetros necesarios, se procede a realizar el cálculo de los paneles imprescindibles para abastecer a la casa. [18]

De modo complementario, se presentan los siguientes valores:

$$E = Ec = 1250 \text{ Wh}$$

$H_{sp} = 4$, según el gráfico ilustrado anteriormente, en el lugar donde se encuentra la vivienda.

$W_p = 400\text{W}$, es la potencia de la marca comercializada, que vamos a utilizar.

$$N^{\circ}ps = \frac{E \times 1,3}{H_{sp} \times W_p} = \frac{1250 \times 1,3}{4 \times 400} = 1,01$$

Entonces se obtuvo como resultado, 1 panel solar de 400W.

➤ **Cálculo de la batería**

Las baterías que dispone la empresa Renova energía S.A, son baterías de ciclo profundo, que proporcionan una alta integridad y confiabilidad. El ciclo profundo de una batería expresa la implementación del acumulador en una adaptación que regularmente se aligera en un 60% a un 70% o más de la cavidad de la batería. Estas baterías son apropiadas para el almacenamiento de energía renovable solar y eólica. Adicionalmente, se utilizan en telecomunicaciones, banda ancha, sistemas ups, etc. [19]

Conjuntamente, dentro de la marca que se elige para adquirir los elementos que comprenden el sistema fotovoltaico con su respectiva capacidad de potencia. Se adiciona, el análisis del nivel de voltaje de baterías disponibles en el mercado, en este caso, baterías de 12 voltios y 24 voltios.

Para calcular las baterías óptimas de la instalación, y que está cumpla con un funcionamiento adecuado, se realiza el diagnóstico de acumulación para 2 días, con la siguiente ecuación 4: [18]

$$Cb = \frac{Ec * Du}{Vb * Mfd}$$

ECUACIÓN 4. CÁLCULO DE LAS BATERÍAS (GONZALES)

Siendo:

Cb = Capacidad de las baterías, en Amperios hora, Ah.

Ec = Energía consumida por la vivienda, en Vatios hora, Wh.

Du = Días de uso o autonomía.

Vb = Voltaje de baterías, en voltios DC, Vdc.

Mfd = Máximo fondo de descarga de la batería, en valor porcentual, %.

Entonces:

$$Cb = \frac{1250Wh * 1dia}{24Vdc * 70\%}$$

$$Cb = 74,40 Ah$$

Sin embargo, es recomendable que, por la elevación del costo de las baterías para el suministro de carga, la cual implica una mayor capacidad de Amperios/horas. Se elige el voltaje de baterías de 24V, para obtener un menor valor.

Entonces se aprecia como resultado 74,40 Amperios/horas a un voltaje de batería de 24 voltios.

Por el contrario, por la no disponibilidad de una batería de 24 voltios a 74,40 Amperios/horas, se da la elección de 2 baterías de 12 voltios de 100 Amperios/horas, conectando estas baterías en serie.

Además, para determinar cuántas baterías en serie, se utiliza la ecuación 5: [18]

$$Nbs = \frac{Vns}{Vnb}$$

ECUACIÓN 5. CÁLCULO DEL NÚMERO DE BATERÍAS (GONZALES)

De donde:

N_{bs} es el número de baterías conectadas en serie.

V_{ns} es el voltaje del nominal del sistema, que es 24v.

V_{nb} es el voltaje nominal de las baterías, el cual es 12v.

$$N_{bs} = \frac{24V}{12V}$$

$$N_{bs} = 2$$

En conclusión, se necesitan 2 baterías conectadas en serie. Revisando el catálogo del proveedor se seleccionan las baterías de 12 voltios con 100Amperios – horas, de las cuales tendríamos que realizar su conexión respectiva, como se muestra en la imagen siguiente:

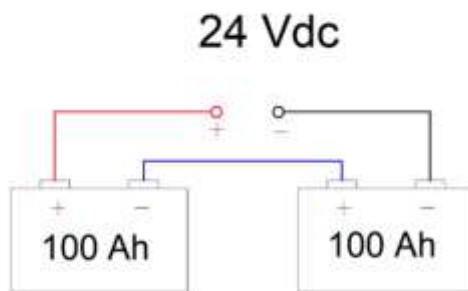


FIG. 41. CONEXIÓN DE BATERÍAS EN SERIE (AUTOR)

Debido a que están conectadas en serie las baterías, arrojan un voltaje de 24 voltios, pero se mantiene la corriente, según la siguiente fórmula:

- Cada batería tiene 100Ah, entonces el resultado de energía – hora, de cada batería.

$$E_b = 12V * 100Ah = 1200Wh$$

- Entonces la energía total de las 2 baterías sería:

$$E_{Tbs} = 1200Wh * 2 \text{ baterías} = 2400Wh$$

- Finalmente comprobamos que la corriente necesaria se mantiene en:

$$I_t = \frac{E_{Tbs}}{V_{b1} + V_{b2}} = \frac{2400Wh}{12V + 12V} = 100Ah$$

➤ Elección del Inversor

Para el cálculo del inversor se utiliza la capacidad del módulo por el número de paneles, como lo explica la siguiente ecuación: [18]

$$\text{Inversor} = \text{Pps} * \text{Nps}$$

ECUACIÓN 6. CÁLCULO DEL INVERSOR (GONZALES)

En donde:

Pps = Potencia de panel solar calculados.

Nps = Numero de paneles solares calculados.

Dando como resultado:

$$\text{Inversor} = 400\text{W} * 1$$

$$\text{Inversor} = 400\text{W a } 12\text{Vdc}$$

Conforme a las características técnicas del proveedor, el inversor que se sugiere, es de 24V/250VA.

➤ Elección del Regulador

Para la dimensión del regular, se realiza el cálculo de la corriente máxima que puede soportar, a su entrada y salida. Es decir, que para el cálculo se utilizó la ecuación 7 donde la corriente de corto circuito del panel solar (Isc) se debe multiplicar por la cantidad de ramas (Np), con un margen de seguridad del 25% para eludir daños en el dispositivo o recalentamientos. [18]

Adicionalmente, la característica del panel solar acorde al programa PVsyst: (400Wp, Isc = 9.03A).

$$\text{Regulador} = 1,25 * \text{Isc} * \text{Np}$$

ECUACIÓN 7. CÁLCULO DEL REGULADOR (GONZALES)

Siendo:

Isc = Corriente máxima de salida del panel solar.

Np = Número de paneles conectados.

$$\text{Regulador} = 1,25 * 9.03 * 1$$

$$\text{Regulador} = 11,28 \text{ A}$$

A continuación, el regulador que dispone la empresa renova energía S.A, tiene una característica de 15 A. Es decir, que para su protección se utiliza un breaker de 15 A, en corriente directa.

$$\text{Breaker} = \text{Intensidad del inversor} = 15\text{A.}$$

Se necesita un breaker de 15A de 2 polos, en corriente directa.

3.3. Esquema de conexión

➤ Los tramos de la instalación son los siguientes:

- **Panel solar → regulador**



FIG. 42. PANEL SOLAR-REGULADOR (AUTOR)

- **Baterías → regulador**



FIG. 43. BATERÍAS-REGULADOR (AUTOR)

- **Regulador → Inversor**

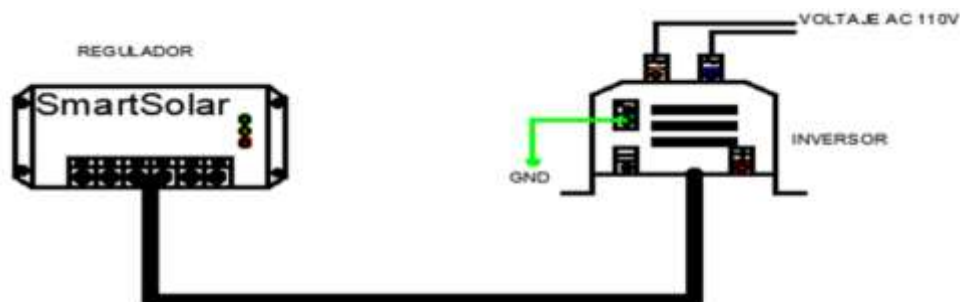


FIG. 44. REGULADOR- INVERSOR (AUTOR)

➤ **Para el cálculo del cable que se va a utilizar se debe de tener en cuenta las siguientes consideraciones:**

- La corriente que debe soportar la sección longitudinal del cableado debe ser inmejorable al flujo de intensidad real del sistema.
- El voltaje máximo que se procrea en el cable cuando atraviese la corriente debe ser menor. Cuando existe una instalación fotovoltaica con conexión a la red se debe de tener en cuenta la caída de voltaje en corriente directa, la cual no debe excede el 1,5% (Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía 2011) y en la corriente alterna no exceda el 2,5%.
- La longitud del conductor es de suma importancia, al momento de corroborar pérdidas generales y presupuesto.
- Para este caso, el fabricante de los elementos eléctricos del panel solar sugiere cable #10 AWG.

➤ **Protección con breaker Dc en el sistema fotovoltaico**

- ¿Por qué no es lo mismo utilizar un breaker de AC que un sistema de DC?
 - Según la revista waterheatertime los térmicos de AC son aptos para extinguir el arco de apertura con voltajes más altos, por la propia singularidad de la intensidad alterna. La corriente alterna pasa por cero 100 veces por segundo (50/60Hz), y eso lo "sirve" el magnetotérmico para extinguir el arco, de una forma fácil.
 - La intensidad continua produce un arco constante el cual no se interrumpe, por lo que es más sencillo extinguirlo. Precisamente esa es la diferencia entre los magnetotérmicos AC de los DC, y no el mecanismo térmico-mecánico de apertura por excedencia de intensidad.
 - En la intensidad alterna existe un paso natural del voltaje a cero con cada medio ciclo ya que la corriente conmuta de dirección 60 veces por segundo".
 - Con CC, el voltaje es constante. La CC no oscila como la forma de onda de CA. No hay paso a cero voltios con CC".
 - Los electrones de CC tienen impulso, la corriente continua tuesta relés y contactos más rápido que AC porque AC cambia de dirección 60 veces por segundo a diferencia en corriente continua, que es un flujo constante.



FIG. 45. BREAKER DC (GOOGLE)

- **Esquema general de un sistema fotovoltaico aislado con breaker en corriente directa.**

En la figura 46, se muestra el tipo de conexión de un sistema aislado donde se recalca que es de suma importancia la polaridad y el orden de conexión de los mismos.

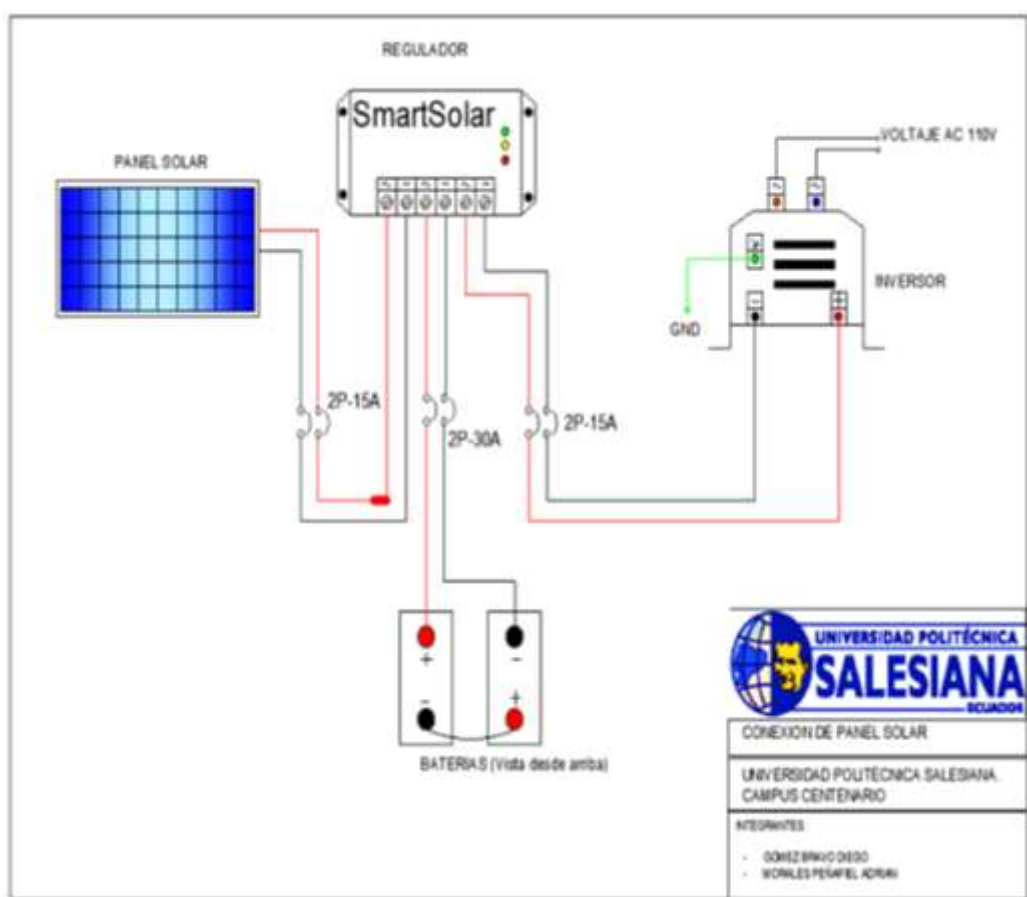


FIG. 46. CONEXIÓN DEL PANEL SOLAR (AUTOR)

3.4. Simulación en el programa Pvsyst

Respecto al programa que se utiliza para el desarrollo de la simulación, donde se toma en cuenta la recopilación de información del lugar, como es la ubicación geográfica del proyecto a implementar. Se elige el software PVsyst, el cual es una herramienta educativa útil para el análisis de sistemas fotovoltaicos, también es utilizada por arquitectos, ingenieros e investigadores. PVsyst aporta con la adquisición de datos meteorológicos de una docena de fuentes diferentes, así como datos personales.

- Pasos:
 - Se abre el programa y se escoge la opción independiente. Ya que es una opción de uso por medio del acumulador (Baterías), para que este sistema funcione sin conexión a la red.

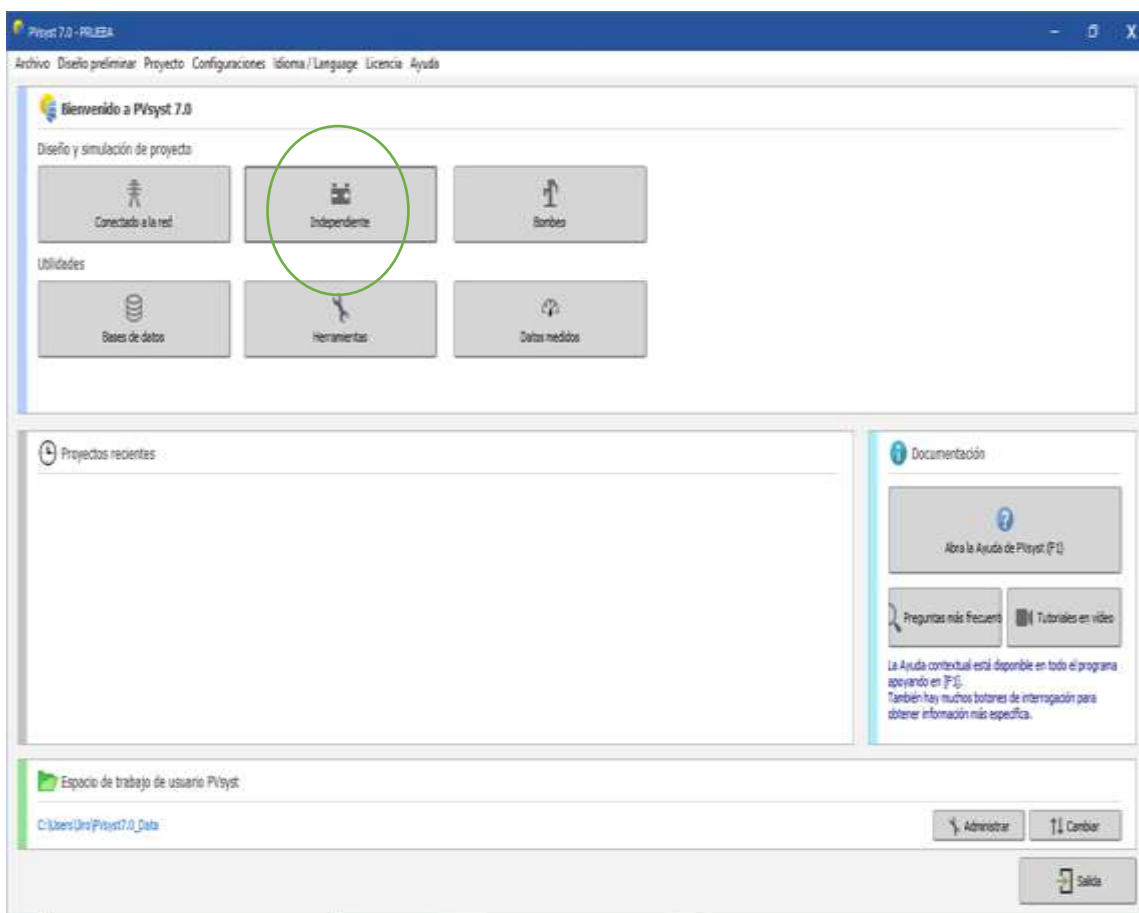


FIG. 47. PASO 1-SIMULACIÓN (AUTOR)

- Se da el nombre al proyecto, en este caso se llama: proyecto de tesis en Masa 2 – Golfo de Guayaquil

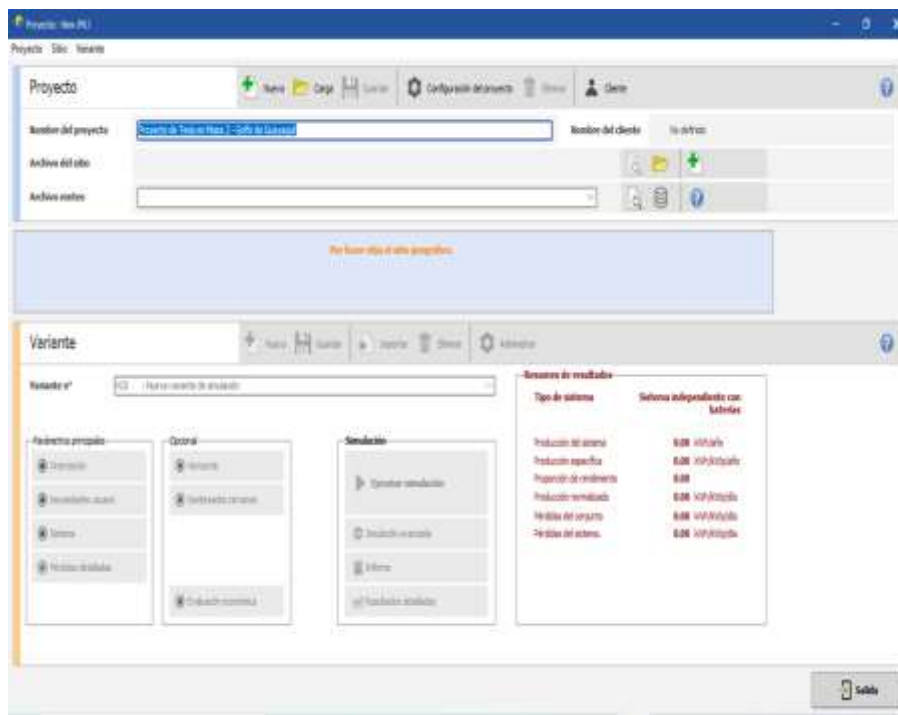


FIG. 47.1. PASO 2-SIMULACIÓN (AUTOR)

- En el mapa que se visualiza en el software se debe ubicar el lugar, en este caso es el Golfo de Guayaquil, en donde se encuentra ubicada la comunidad de Masa 2. En el programa se facilita datos de: localidad, País, latitud, altitud y zona horaria. Adicionalmente, se visualiza la localidad exacta del sitio.

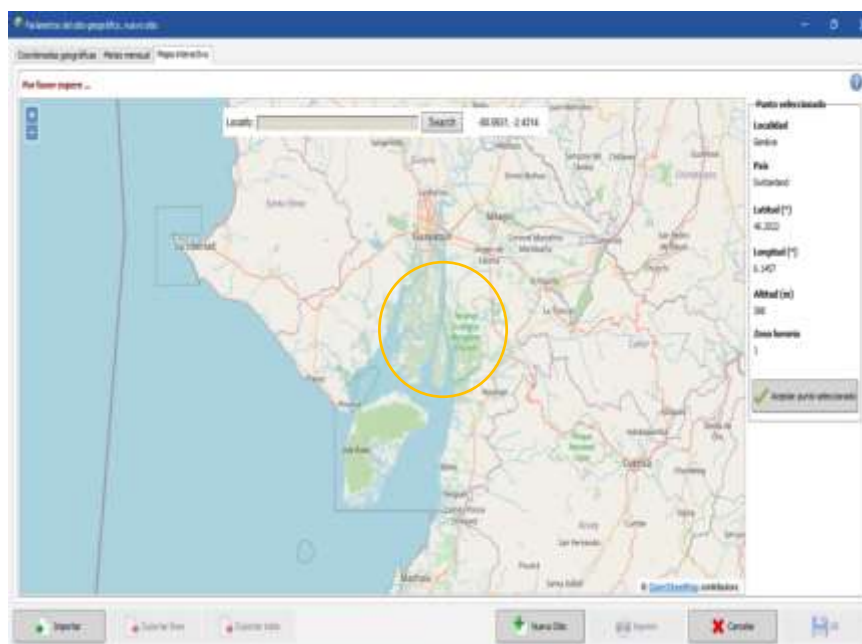


FIG. 47.2. PASO 3-SIMULACIÓN (AUTOR)

- Finalmente se debe ubicar exactamente en el punto, en donde se va a instalar el proyecto general, referente a la instalación de paneles fotovoltaicos.

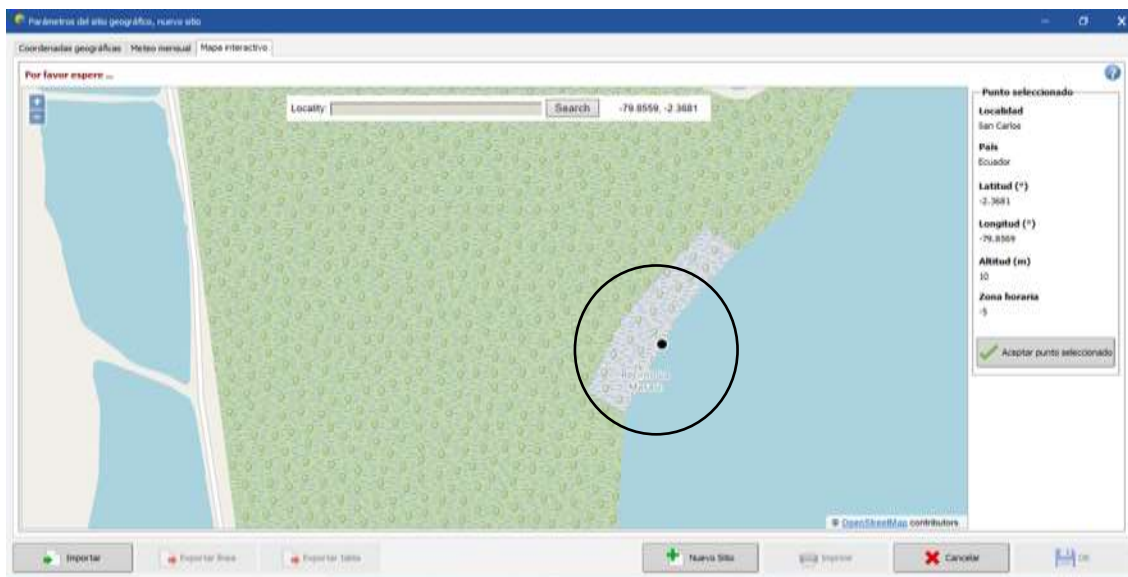


FIG. 47.3. PASO 4-SIMULACIÓN (AUTOR)

- Por defecto, PVsyst, indica el grado de inclinación del panel solar, conforme a la ubicación establecida manualmente, haciendo referencia que está en un lugar costero, y la fecha en que se comenzó a realizar la proyección de la instalación.

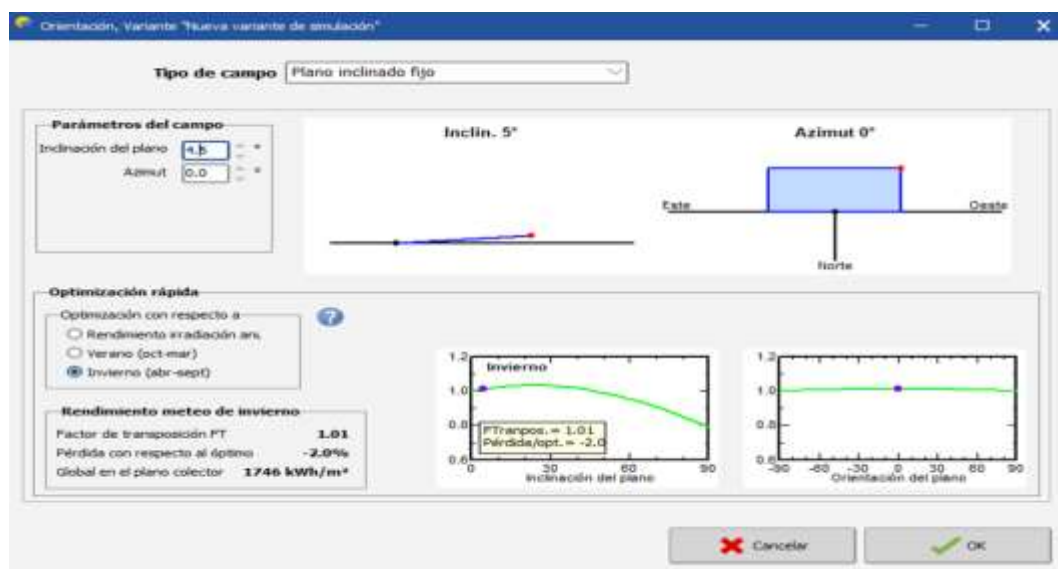


FIG. 47.4. PASO 5-SIMULACIÓN (AUTOR)

- Sin embargo, el programa es tan preciso y tiene su Meteo mensual, que no es nada más que el reporte de índice solar, incidente en la comunidad de Masa 2. Dando las lecturas pertinentes de cada mes en kWh por metro cuadrado en el

lugar y adicionalmente la temperatura de la misma.

En la tabla siguiente se visualiza, con precisión varios datos importantes como son la irradiación horizontal, difusa, la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa.

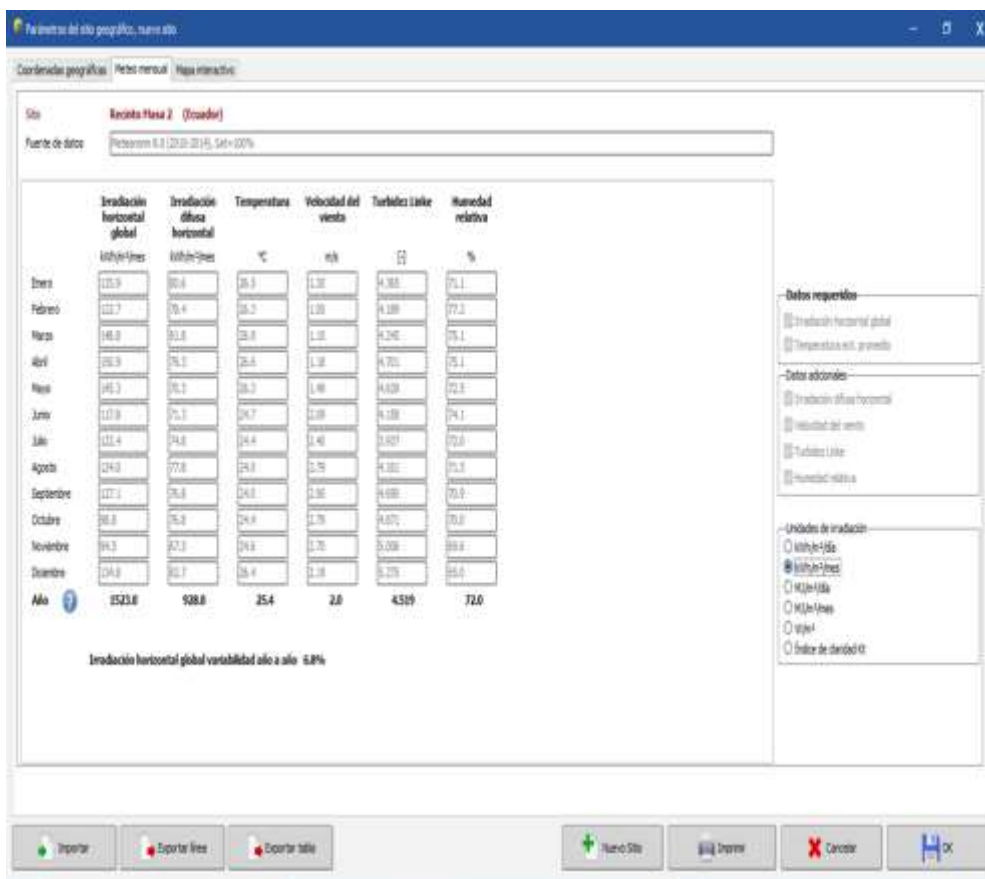


FIG. 47.5. PASO 6-SIMULACIÓN (AUTOR)

○ También se agregan los aparatos utilizados, conforme a la potencia y las horas de uso. Partiendo de lo realizado anteriormente, como es el cálculo del panel fotovoltaico, según la carga utilizada.

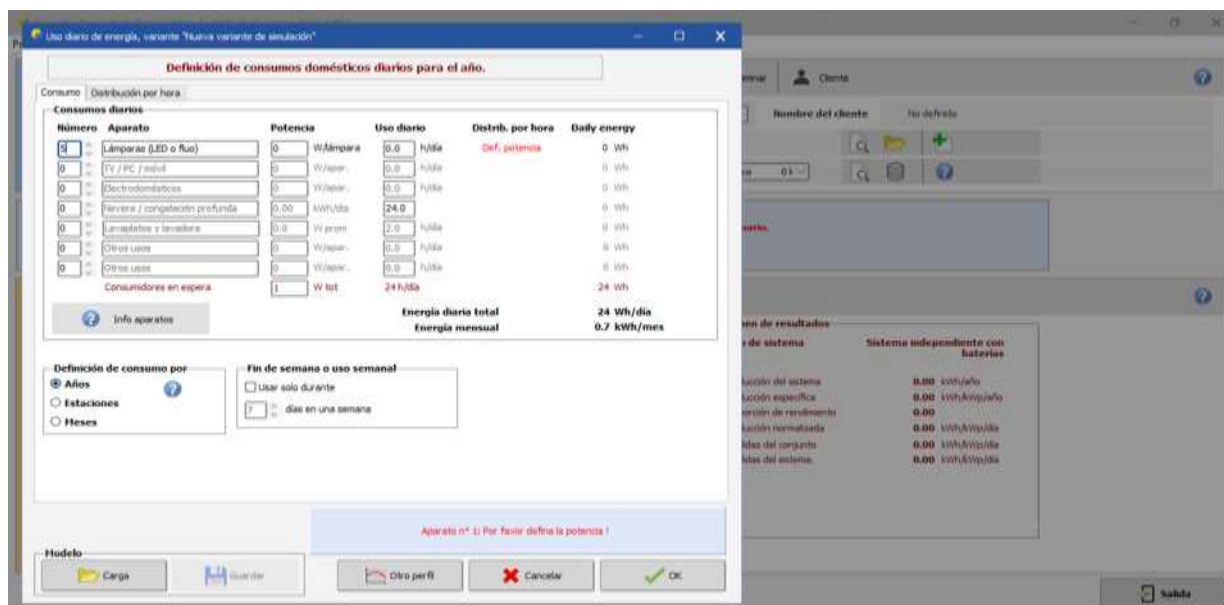


FIG. 47.6. PASO 7-SIMULACIÓN (AUTOR)

- Se ubica en el grafico hora, el uso que se da a cada elemento y rango de uso de la batería conforme la incidencia solar en el panel en el transcurso del día.

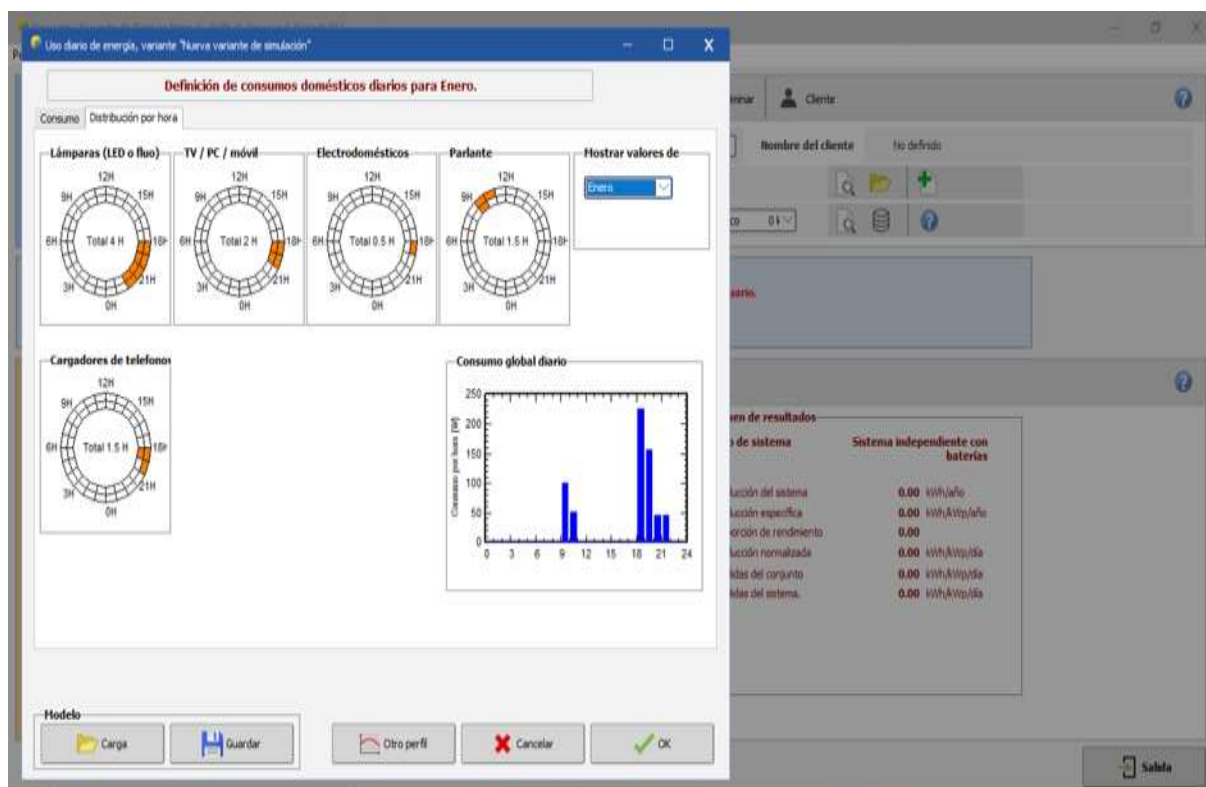


FIG. 47.7. PASO 8-SIMULACIÓN (AUTOR)

- Una vez completa la tabla, se procede a la ejecución del programa, en este caso se aprecia como existen variaciones de potencia en el transcurso del día, teniendo un mayor uso de las baterías en la noche, siendo en esta última, donde demanda mayor potencia, por el motivo que los usuarios de la casa, dan mayor uso a la misma.

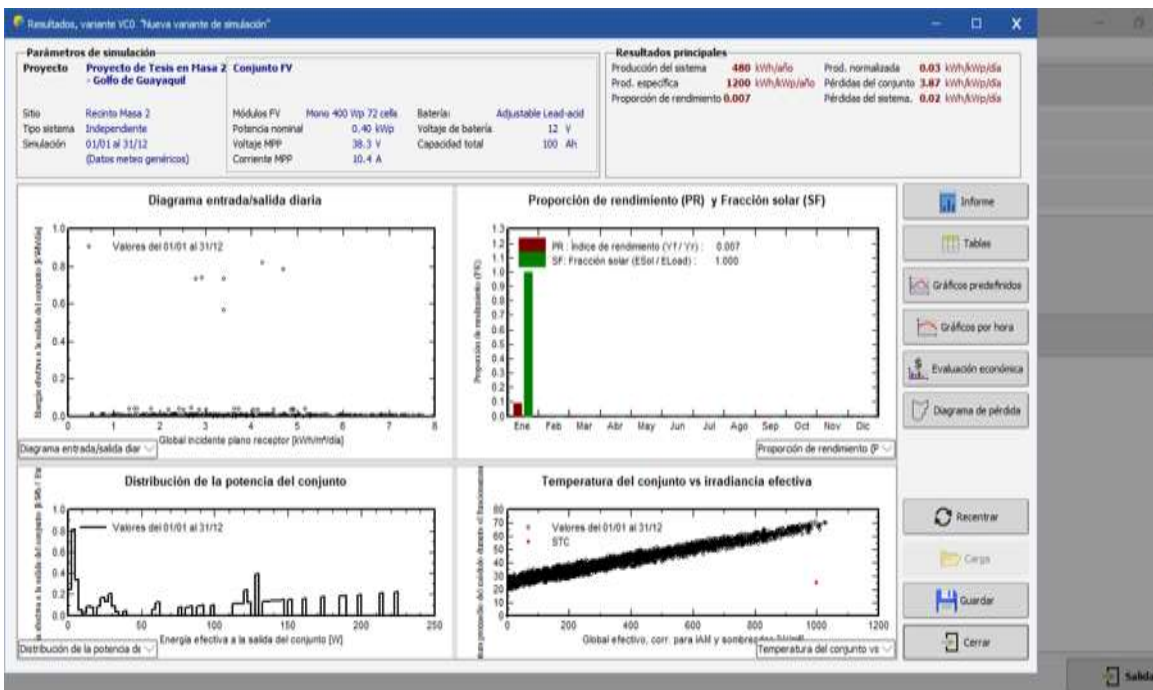


FIG. 47.8. PASO 9-SIMULACIÓN (AUTOR)

- A continuación, se observa el reporte último de la instalación del panel solar en pleno funcionamiento conforme a la potencia instalada y horario.

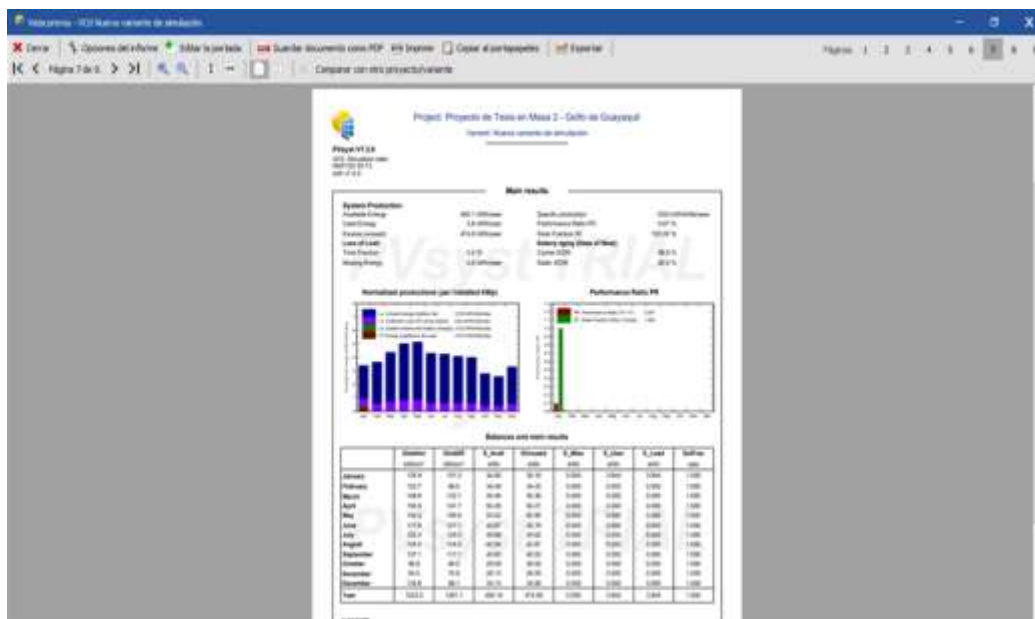


FIG. 47.9. PASO 10-SIMULACIÓN (AUTOR)



PVsyst V7.2.9
 VCO, Simulation date:
 09/01/22 20:13
 with v7.2.9

Project: Proyecto de Tesis en Masa 2 - Golfo de Guayaquil
 Variant: Nueva variante de simulación

Detailed User's needs								
Daily household consumers, Monthly Specifications, average = 0.0 kWh/day								
January and February								
Use 1 days a week	Number	Power	Use	Energy	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day		W	Hour/day	Wh/day
Lámparas (LED o fluo)	5	9W/lamp	4.0	180				
TV / PC / móvil	1	100W/app	2.0	200				
Electrodomésticos	1	120W/app	0.5	60				
Parlante	1	100W tot	1.5	150				
Cargadores de telefonos	2	10W tot	1.5	30				
Consumidores en espera			24.0, 7days/7	24				
Total daily energy				644Wh/day				0Wh/day

March and April								
Number	Power	Use	Energy	Number	Power	Use	Energy	
	W	Hour/day	Wh/day		W	Hour/day	Wh/day	
Total daily energy			0Wh/day				0Wh/day	

May and June								
Number	Power	Use	Energy	Number	Power	Use	Energy	
	W	Hour/day	Wh/day		W	Hour/day	Wh/day	
Total daily energy			0Wh/day				0Wh/day	

July and August								
Number	Power	Use	Energy	Number	Power	Use	Energy	
	W	Hour/day	Wh/day		W	Hour/day	Wh/day	
Total daily energy			0Wh/day				0Wh/day	

FIG. 47.10. PASO 11-SIMULACIÓN (AUTOR)

o En conclusión, se tiene el diagrama unifilar desarrollado por el simulador PVsyst, conforme a los datos ingresados en el proyecto. Además, en el diagrama adjunto se puede detallar como están conectados los elementos eléctricos fotovoltaicos respecto a un sistema autónomo o aislado.

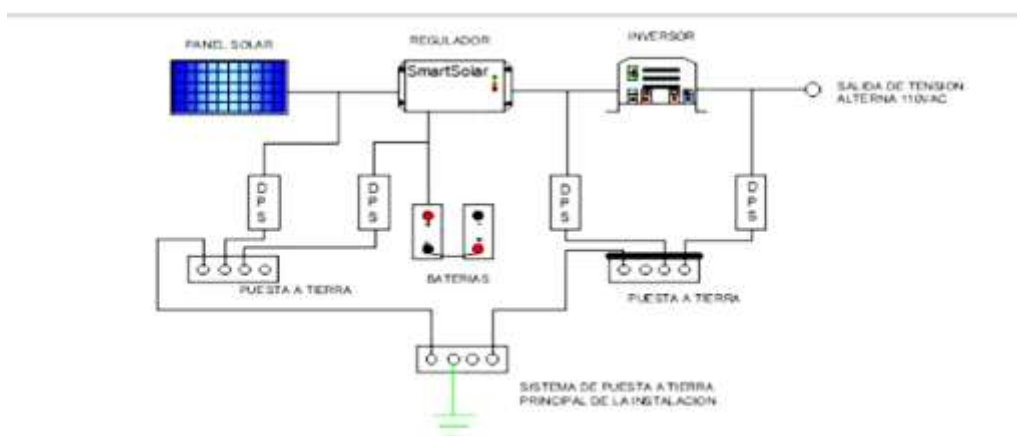


FIG. 47.11. PASO 12-SIMULACIÓN (AUTOR)

➤ **Protección del panel solar, ante descargas atmosféricas**

Una protección importante para el sistema fotovoltaico ante posibles descargas atmosféricas, son los dispositivos de protección contra sobrecargas (Dps), el cual es un elemento que posee un nivel de soportabilidad a los impulsos transitorios. [17]

Las sobretensiones transitorias, principalmente producidas por descargas atmosféricas no poseen un valor unitario, debido a que, por variaciones de tensiones, ya sean pequeñas o altas pueden dañar los equipos instantáneamente. Aquí entra el Dps, con la función de limitar las sobretensiones y desviar las corrientes ocasionadas por los brotes eléctricos. Una relación entre el DPS y el dispositivo protegido es imprescindible para que esta medida sea eficaz, así el DPS limita la sobretensión a los valores soportados por los equipos protegidos. Actualmente están dispuestos 3 tipos básicos de conexión de los DPS a los sistemas aislados, mencionados en la sección de protecciones contra picos. Diagramas fotovoltaicos con DPS, como se muestra en la figura 48.



Item	Modelo	Maxima tension Vdc / Vrms	Corriente de descarga total	Nivel de protección
1	Solar 150 Vcc	150 Vcc	40 kA	0,8 kV
2	Solar 275 Vac	275 Vac	40 kA	1,2 kV
3	Solar 275 Vac	275 Vac	20 kA	1,2 kV
4	Solar 600 Vcc	600 Vcc	20 kA	4,0 kV

FIG. 48. DIAGRAMA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO CON DPS

3.5. Diagramas y planos eléctricos del sistema fotovoltaico

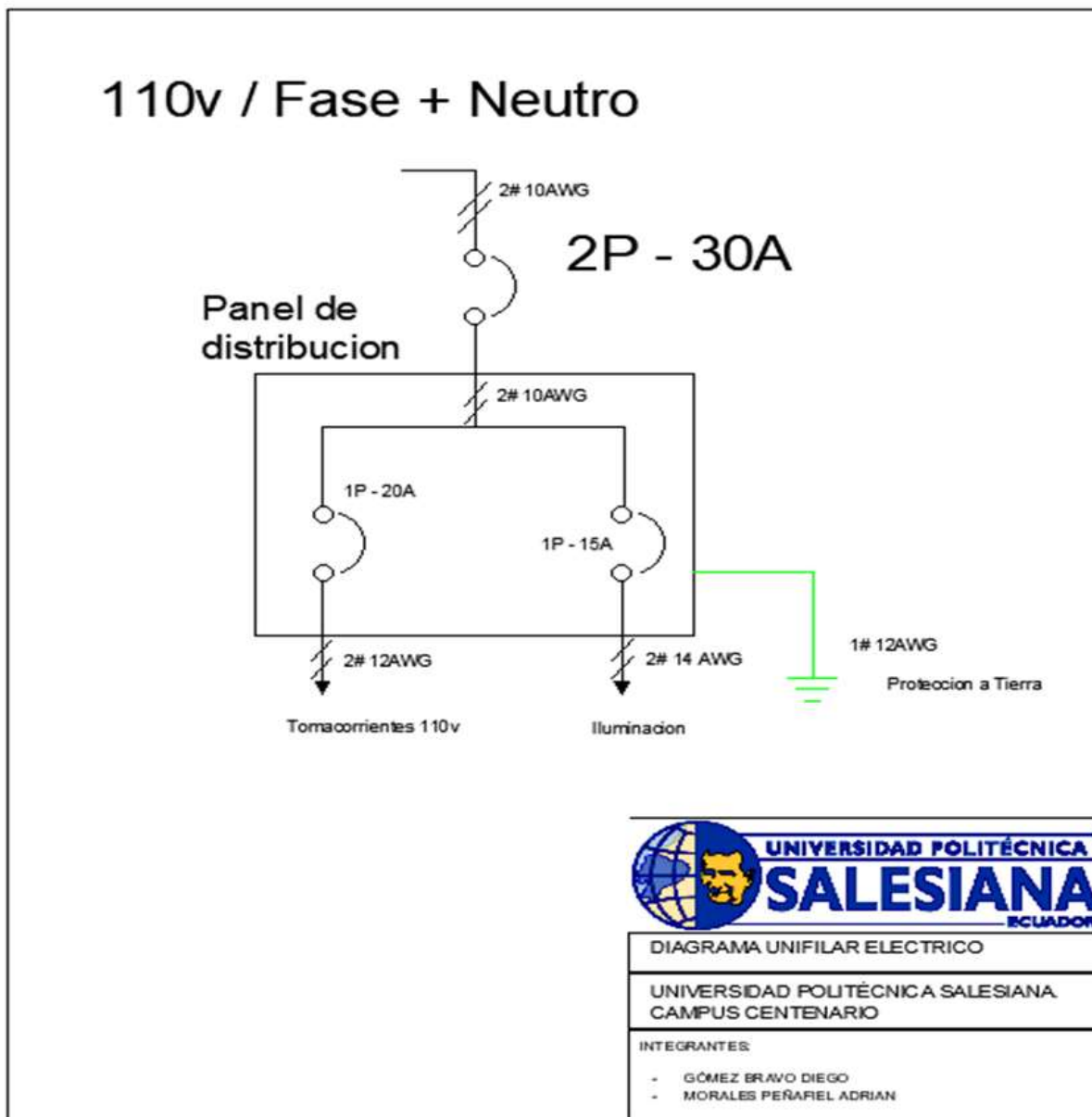


FIG. 49. DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO (AUTOR)

LEYENDA	
PANEL DE DISTRIBUCION	
INTERRUPTOR SIMPLE	
INTERRUPTOR DOBLE	
TOMACORRIENTE 110V	
PUNTO DE ILUMINACION	
BREAKER DE PROTECCION	
CANALIZACION POR PARED	
CANALIZACION POR TECHO	
PROTECCION A TIERRA	

FIG. 49.1. LEYENDA (AUTOR)

○ A continuación, se visualiza una traza de la parte frontal de la casa, diseñada en el programa AutoCAD. Adicionalmente, se aprecia en la parte posterior de la casa, el panel solar, que conecta a su vez con la vivienda por medio de su acometida.



FIG. 50. CASA DE LA COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR)



FIG. 50.1. CASA DE LA COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR)

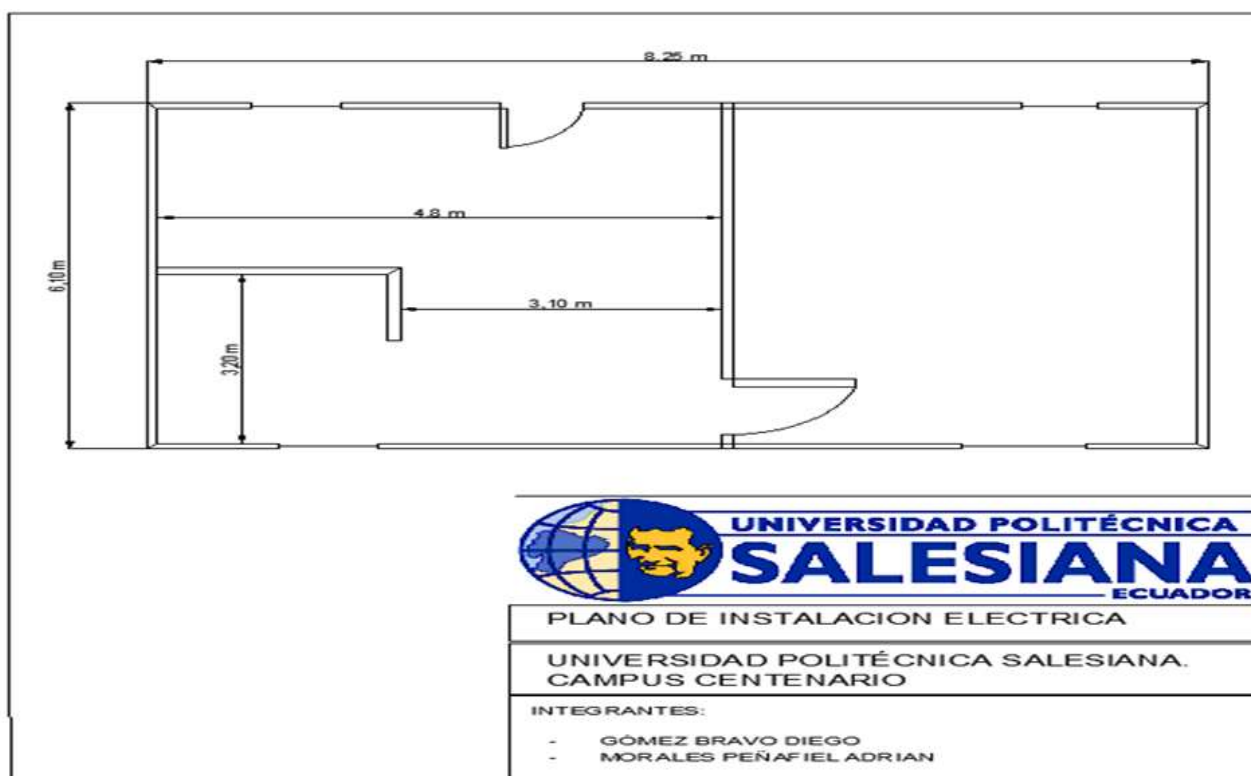


FIG. 51. PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA CASA DE COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR)

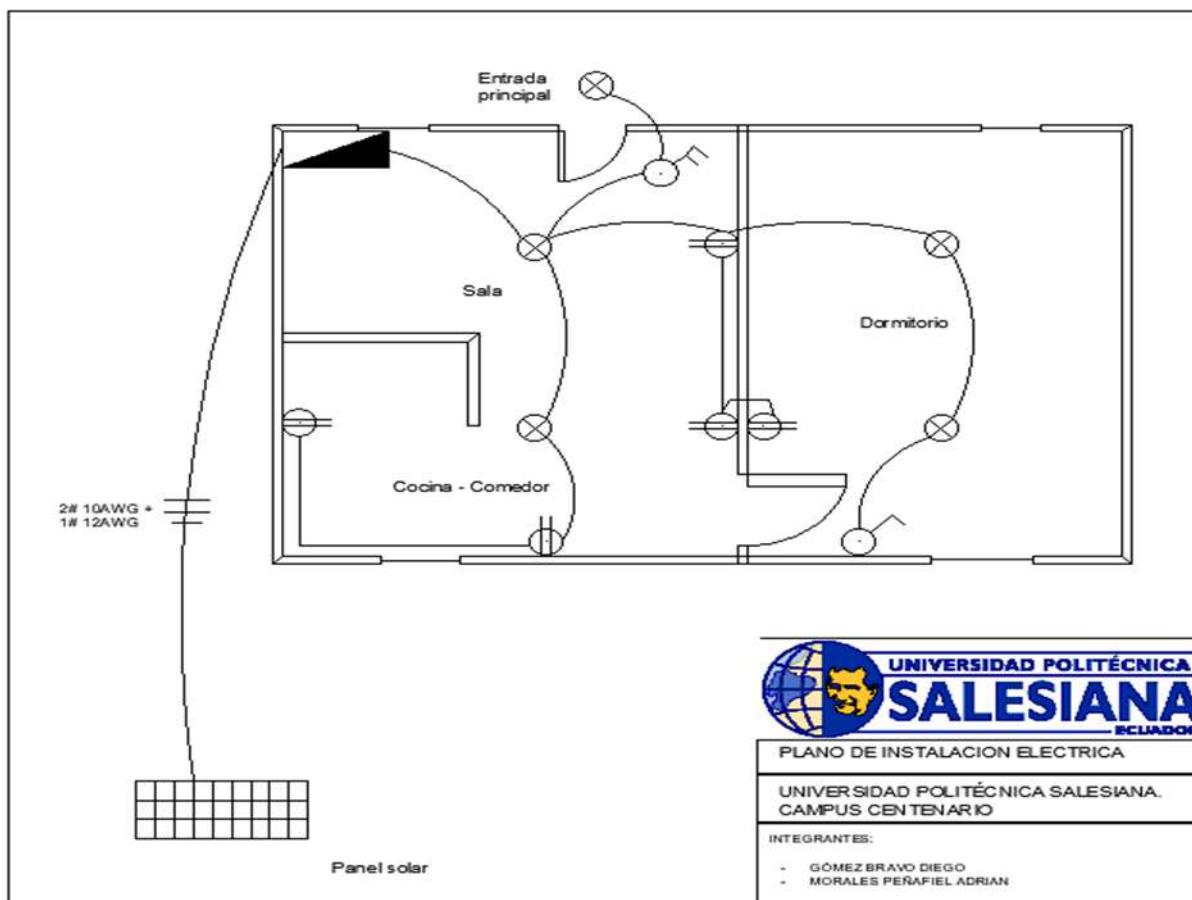


FIG. 51.1. PLANO ELÉCTRICOS DE LA CASA DE COMUNIDAD MASA 2 (AUTOR)

○ Se presenta la estructura que sirvió de base de sujeción y a su vez de soporte para el panel fotovoltaico implementado, se elabora con el uso de correas metálicas, perfiles de hierro negro, en C, del cual la calidad de material es propicio para intemperie y corrosión.

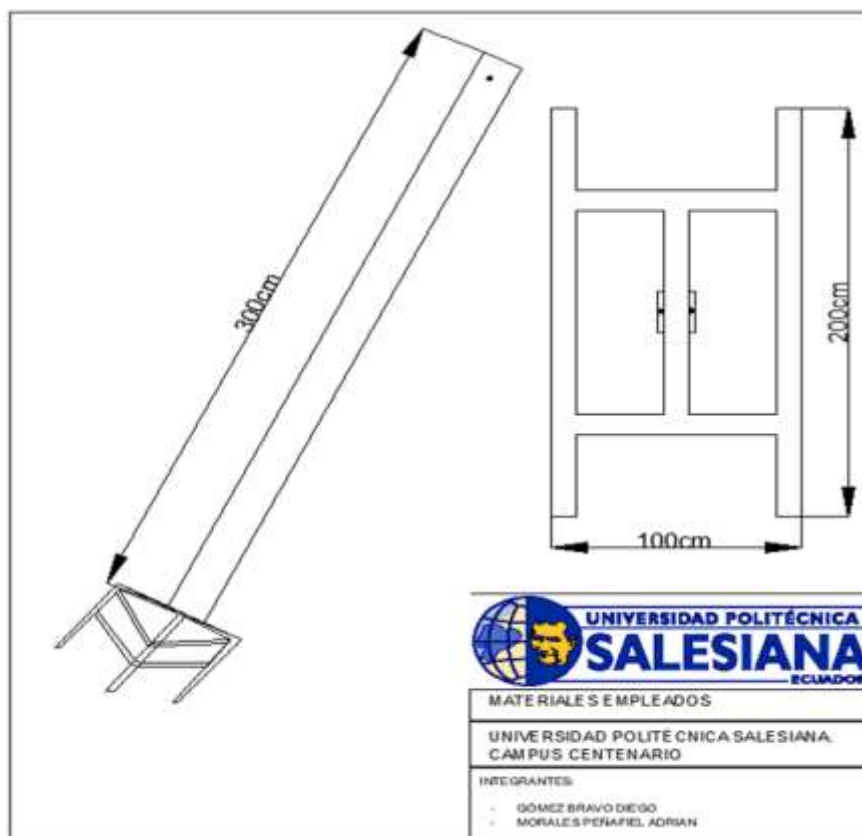


FIG. 52. BASES DE SUJECIÓN PARA LOS COMPONENTES DEL PANEL SOLAR (AUTOR)

- En la parte inferior de soporte tubular que sostiene el panel. Tiene forma de un trinche el cual es apropiado para la buena cimentación y anclaje en el suelo. La cimentación de la estructura se efectúa para que ofrezca la resistencia apropiada ante el empuje del viento sin que está tienda a volcarse.
- Normalmente, las estructuras que van fijadas en un terreno, van cimentadas con hormigón, el cual se prepara con una mezcla de arena, cemento, piedra fina y agua, esta última no debe ser de río o salada, debido a que puede causar problemas con el hormigón, provocando que se pueda cuartear o no compactar correctamente.
- En lo que se refiere a la fijación del panel solar a la base construida, se la fija con el uso de taladros donde se debe perforar los lados del panel y marcos de la base, para luego ser sujetado con pernos de acero inoxidable los cuales son apropiados para evitar la corrosión que presenta el ambiente de trabajo o climas lluviosos.



FIG. 52.1. ACOPLAMIENTO DE BASES DE SUJECIÓN DEL PANEL SOLAR (AUTOR)

- En los 2 puntos extremos paralelos de mayor ángulo de elevación, de la parte superior de la base del panel, está sujeta con 2 ángulos, los mismos que van a dominar en la base tubular con un perno de 1/8 de pulgada con tuerca, que esta pasante de lado y lado del tubo.
- El proceso que se conlleva para la elaboración de las bases incluye el taladro para los orificios, soldadora con electrodo revestido, en uniones con precisión, para luego ser todo esto pulido y pintado.
- En lo que respecta a la sujeción de los elementos del panel solar, como es la batería, inversor y regulador, se construye una base para los mismos. La base es construida en forma de silla acorde a las medidas de estos, con la finalidad que pueda soportar el peso de los componentes.

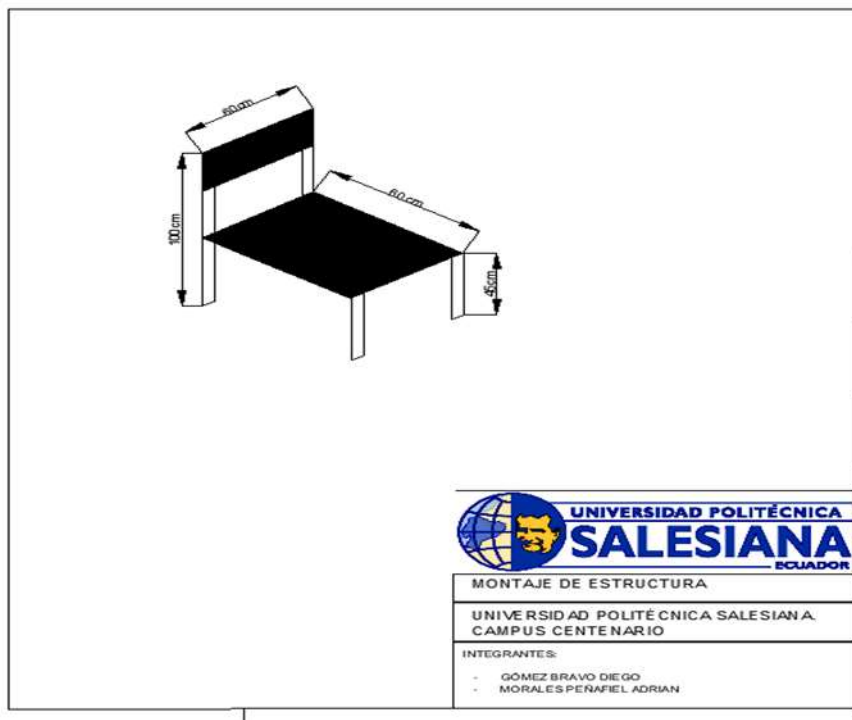


FIG. 53. ESTRUCTURA PARA LOS DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS (AUTOR)

CAPITULO IV

4. PRUEBAS & RESULTADOS

4.1. Prueba del sistema a vacío.

Normalmente, la prueba del sistema a vacío tiene como finalidad determinar diversos parámetros eléctricos, mediante un ensayo sin carga aplicada o conectada a la salida del inversor en AC. Antes de realizar esta prueba, se tomó lectura de:

- Tensión en las baterías en corriente directa.



FIG. 54. MEDICIÓN DE VOLTAJE A VACÍO EN LAS BATERÍAS (AUTOR)



FIG. 54.1. MEDICIÓN DE CORRIENTE DE INVERSOR A VACÍO. (AUTOR)

- Voltaje en la salida del inversor donde se puede apreciar un voltaje de 121,2 voltios, y la medición en la caja de servicio eléctrico.



FIG. 54.2. SALIDA DE VOLTAJE AC DEL INVERSOR, SE VISUALIZA UN VOLTAJE AC DE 121,2V. (AUTOR)



FIG. 54.3. MEDICIÓN DE VOLTAJE A VACÍO EN TERMINALES DE ALIMENTACIÓN AC, SE OBTIENE UN VOLTAJE DE 121,2V. (AUTOR)

4.2. Prueba del sistema a máxima carga.

En la prueba de máxima carga, se simula un escenario real en sitio, en este caso encendiendo los siguientes aparatos eléctricos. La potencia total se ve en la tabla 5:

Aparato	Cantidad	Potencia unidad (W)	Potencia total (W)
Focos	5	9	45
Fluorescente	1	58	58
TV	1	60	60
Parlante	1	30	30
Potencia total de consumo a máxima carga			193

TABLA 5. DATOS DE LOS ELECTRODOMÉSTICOS EN LA RESIDENCIA (AUTOR)

La intensidad de corriente con la Potencia de consumo, es igual a:

$$I = \frac{P}{V}$$

ECUACIÓN 8. LEY DE OHM (GONZALES)

Siendo:

P = Potencia de consumo.

V = Voltaje de funcionamiento.

I = Corriente a plena carga.

$$I = \frac{193}{116.4} = 1,6A$$

La corriente a plena carga es 1,6 Amperios y el voltaje real medido 116.4V.



FIG. 55. LECTURA DE CORRIENTE A PLENA CARGA (AUTOR)



FIG. 55.1. LECTURA DE VOLTAJE A PLENA CARGA (AUTOR)

4.3. Prueba de la eficiencia del sistema.

En el caso de la eficiencia del sistema, es acorde a la energía eléctrica necesaria para que funcione correctamente, sin fallos eléctricos, ya sea del tipo elevaciones de corriente o sobrecargas.

Para saber la eficiencia del sistema se calcula según la ecuación 9, mostrada a continuación;

Eficiencia del sistema:

$$E\% = \frac{P_u}{P_{ab}} * 100\%$$

ECUACIÓN 9. EFICIENCIA DEL SISTEMA (GONZALES)

Con la potencia de consumo adquirida anteriormente, se puede calcular la Eficiencia del sistema.

$$E\% = \frac{193}{400} * 100\%$$

$$E\% = 48,75\%$$

Entonces tenemos una eficiencia del 48,75% en el sistema, funcionando todos los elementos sin tener sobre corrientes o sobrevoltajes, adicionalmente se muestra en la figura 56, los valores en corriente continua del sistema fotovoltaico.



FIG. 56. LECTURA POR MEDIO DE LA APLICACIÓN VICTRON CONNECT (AUTOR)

4.4. Prueba de protección contra sobrecargas.

La finalidad de esta prueba es para detener el flujo de energía que absorbe el sistema en exceso de lo nominal, cumpliendo con la interrupción ante posibles daños. Para ello se utiliza un elemento eléctrico llamado relé térmico, cuyo dispositivo es muy importante para proteger nuestro sistema ante sobrecargas leves o prolongadas.



FIG. 57. RELÉ TÉRMICO CONECTADO A NUESTRO SISTEMA (AUTOR)

En la siguiente gráfica, se puede apreciar el diagrama de conexión del relé térmico con la carga. Su funcionamiento se basa en una elevación de corriente que al sobrepasar el rango de corriente admitido por el relé térmico, este último dispara sus contactos impidiendo el paso del voltaje a la carga y protegiéndola ante sobrecargas de corriente.

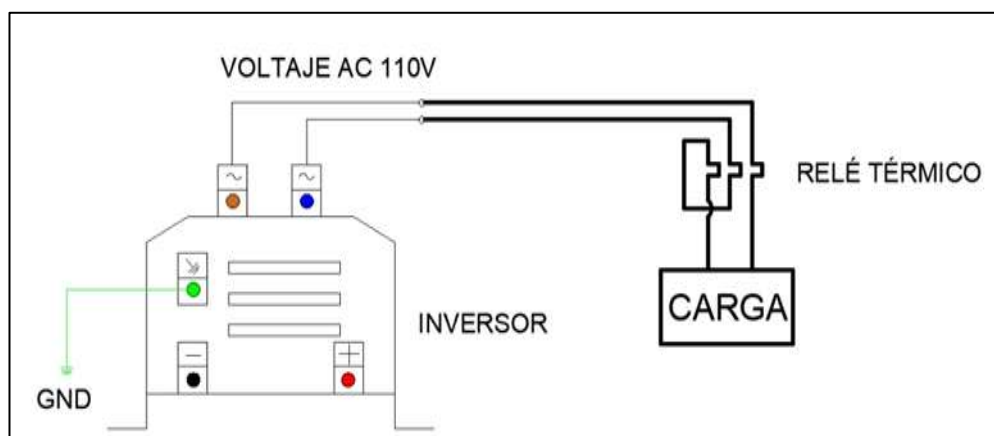


FIG. 57.1. ESTADO INICIAL DEL RELÉ TÉRMICO (AUTOR)

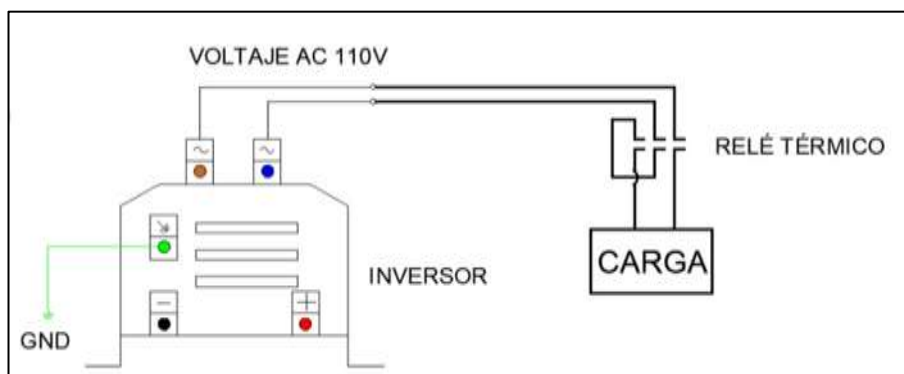


FIG. 57.2. DESCONEXIÓN DEL RELÉ TÉRMICO ANTE UNA SOBRECARGA (AUTOR)

4.5. Prueba de protección contra sobrevoltajes.

Según las normas Norteamericanas NEC 690, el voltaje máximo a la salida del panel fotovoltaico, en este caso de Corriente continua, se debe calcular como la suma del voltaje nominal de circuito abierto de los módulos fotovoltaicos conectados en serie, según la más baja temperatura ambiente esperada.

Cuando se refiere a módulos de silicio cristalino, en este caso. Se debe multiplicar la tensión nominal de circuito abierto por el factor de corrección proporcionado en la figura 58, que está a continuación.

Factores de corrección para temperaturas ambiente inferiores a 25° C (77° F) (Se multiplica la tensión nominal de circuito abierto por el factor de corrección adecuado que se muestra a continuación)		
Temperatura ambiente (° C)	Factor	Temperatura ambiente (° F)
24 a 20	1.02	76 a 68
19 a 15	1.04	67 a 59
14 a 10	1.06	58 a 50
9 a 5	1.08	49 a 41
4 a 0	1.10	40 a 32
-1 a -5	1.12	31 a 23
-6 a -10	1.14	22 a 14

FIG. 58. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURAS AMBIENTE (NEC)

En este caso, si se tiene un voltaje de salida máximo del panel de 40.42V, y la temperatura es superior a los 24 grados Celsius, entonces sería:

Factor = 1.02, según la temperatura que trabaja el Panel Solar.

$V_s = \text{Voltaje de salida} = 40,42\text{V}$

$V_{\text{máx}} = V_s * \text{Factor} = 40,42 * 1.02 = \mathbf{41,22\text{V}}$

Se obtiene un voltaje máximo a la salida del panel de **41,22V**.




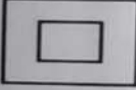
PHOTOVOLTAIC MODULE		Made in China	
Solar Module Type : JKM405M-72H-V			
Maximum Power(Pmax)	405W	 IEC 61215 IEC 61730 Regular Production Surveillance www.tuv.com ID: 1419061548	  
Power Measurement Tolerance	±3%		
Maximum Power Voltage(Vmp)	40.42V		
Maximum Power Current(Imp)	10.02A		
Open Circuit Voltage(Voc)	49.40V±3%		
Short Circuit Current(Isc)	10.69A±4%		
Maximum System Voltage	1500VDC		
Maximum Series Fuse Rating	20A		
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Protection Class	II		
Fire Class	C		
Weight	22.0(kg)		
Dimension	2008×1002×30(mm)		
STC: 1000W/m ² , AM1.5, 25°C			

FIG. 58.1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO (AUTOR)

4.6. Prueba de protección contra cortocircuitos.

Esta prueba se lleva a cabo mediante la conexión directa de los terminales de salida de voltaje de corriente alterna como se muestra en la figura 59. Es una prueba necesaria para verificar que están funcionando correctamente las protecciones eléctricas de la instalación, ante cortocircuitos. Al momento de realizar el cortocircuito, actuó el breaker de protección principal de toda la casa, impidiendo que se pueda dar un daño por esta corriente elevada.



FIG. 59. PRUEBA DE CORTOCIRCUITO CONECTANDO UN PUENTE ENTRE LA SALIDA DE VOLTAJE AC. (AUTOR)

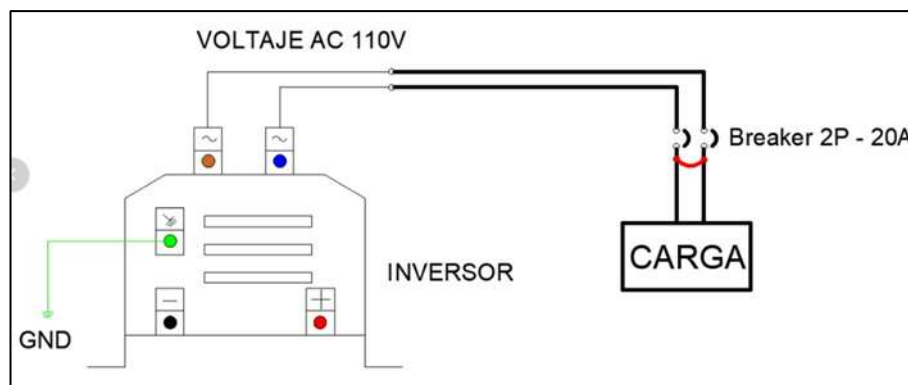


FIG. 59.1. PUENTE ENTRE LOS 2 TERMINALES, CONECTADO A LA SALIDA DEL BREAKER (AUTOR)

La intensidad de cortocircuito es igual a:

$$I_{cc} = \frac{V}{R}$$

ECUACIÓN 10. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (GONZALES)

Siendo:

I_{cc} = La intensidad de cortocircuito.

V = El voltaje en sus terminales, en este caso 120V.

R = Es el valor de la resistencia, en este caso tiende a 0, porque es un retazo de cable.

Podemos darle un valor de 1, como valor mínimo.

$$I_{cc} = \frac{120}{1} = 120A$$

Entonces la Intensidad de cortocircuito tiende a ser igual al valor del voltaje, aproximadamente 120 Amperios.

4.7. Prueba del sistema de puesta a tierra.

Para esta prueba se utilizó el Mega óhmetro, que es un elemento con alta precisión para localizar fallas de aislamiento, en este caso de masa o conexión eléctrica a tierra. Esta prueba se realizó con la finalidad de verificar si no existe un deterioro de la parte eléctrica y este haciendo contacto indirecto con la tierra del inversor y pueda provocar daños en el sistema de este último.

En la siguiente figura se puede apreciar que tiene buen aislamiento de tierra con los conductores de salida de voltaje, es decir no existe contacto directo entre las fases y la protección tierra.



FIG. 60. EL VALOR ES DE 2000 MEGA OHMIOS, EL CUAL ES EL VALOR MÁS ALTO DE LA ESCALA DE NUESTRO INSTRUMENTO DE MEDICIÓN (AUTOR)

4.8. Resultados

En la tabla siguiente se puede apreciar los resultados en general del sistema solar, datos extraídos de la aplicación victronconnect:

Hace Dias	Dia	Producido (Wh)	Consumo (Wh)	Max. PV potencia (V)	Max. PV voltaje (V)	Mín. Voltaje de batería(V)	Max. Voltaje de batería	Tiempo de carga	Tiempo de absorción (h)	Tiempo de flotación	Último en	2do último en	3rd último en	4th último en
0	1/21/22	220	160	189	40.87	24.83	26.02	195	0	0	0	0	0	0
1	1/20/22	1350	1320	334	43.72	24.5	28.54	503	126	116	0	0	0	0
2	1/19/22	1660	970	400	44.44	24.3	28.41	492	120	132	0	0	0	0
3	1/18/22	600	1330	156	40.39	23.91	26.54	742	0	0	0	0	0	0
4	1/17/22	510	600	240	44.57	24.83	28.43	248	60	442	0	0	0	0
5	1/16/22	1050	580	367	44.81	24.57	28.42	338	60	342	0	0	0	0
6	1/15/22	950	780	428	45.22	24.51	28.47	630	63	53	0	0	0	0
7	1/14/22	870	990	209	45.22	24.48	28.46	424	60	250	0	0	0	0
8	1/13/22	480	330	162	40.96	25.03	26.71	735	0	0	0	0	0	0
9	1/12/22	440	550	102	41.51	24.74	26.97	740	0	0	0	0	0	0
10	1/11/22	860	750	272	44.15	24.96	28.36	382	60	304	0	0	0	0
11	1/10/22	470	550	142	45.17	25	28.39	245	60	445	0	0	0	0
12	1/9/22	610	370	289	45.41	25.35	28.35	247	60	437	0	0	0	0
13	1/8/22	560	520	248	44.98	25.02	28.39	282	60	407	0	0	0	0
14	1/7/22	490	420	131	45.26	25.16	28.42	334	60	351	0	0	0	0
15	1/6/22	640	430	321	44.92	25.19	28.41	286	70	398	0	0	0	0
16	1/5/22	560	470	267	45.11	25.12	28.41	232	60	459	0	0	0	0
17	1/4/22	460	540	183	44.84	25.1	28.42	176	62	517	0	0	0	0
18	1/3/22	630	340	216	44.59	25.23	28.37	240	68	443	0	0	0	0
19	1/2/22	770	530	183	44.54	25.19	28.45	521	65	156	0	0	0	0
20	1/1/22	1020	930	404	41.47	24.39	27.12	735	0	0	0	0	0	0
21	12/31/21	620	810	211	44.93	24.66	28.41	238	60	452	0	0	0	0
22	12/30/21	520	380	270	44.75	25.11	28.43	216	60	473	0	0	0	0
23	12/29/21	640	520	241	45.48	25.01	28.57	356	60	326	0	0	0	0
24	12/28/21	540	510	217	45.36	25.03	28.46	370	60	314	0	0	0	0
25	12/27/21	460	340	140	46.17	25.19	28.44	301	88	352	0	0	0	0
26	12/26/21	460	450	116	46.09	25.1	28.42	224	60	475	0	0	0	0
27	12/25/21	690	480	257	44.48	24.89	28.42	229	60	471	0	0	0	0
28	12/24/21	690	510	334	44.48	25.01	28.54	282	81	382	0	0	0	0
29	12/23/21	540	420	288	45.61	25.06	28.41	359	60	329	0	0	0	0
30	12/22/21	670	640	276	45.02	25.09	28.43	447	67	232	0	0	0	0

TABLA 6. RESULTADOS ADQUIRIDOS POR LA APLICACIÓN VICTRONCONNECT (AUTOR)

CAPÍTULO V

5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

#	Nombre de tarea	Nombre de las personas que realizarón el trabajo	Duración	Comienzo	Fin
1	Inicio de proyecto	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Lun. 3/5/21 18h00	Lun. 3/5/2021 22h00
2	Visita a la comuna	Adrián Morales, Diego Gómez	7 días	Dom. 27/6/21 9h00	Dom. 4/7/21 15h00
3	Levantamiento de la información	Adrián Morales, Diego Gómez	2 días	Sáb. 10/7/21 9h00	Dom. 11/7/21 17h00
4	Construcción general de las bases para los componentes del sistema fotovoltaico	Adrián Morales, Diego Gómez	7 días	Dom. 15/8/21 8h00	Dom. 22/8/21 19h00
5	Instalación de los equipos en la comuna	Adrián Morales, Diego Gómez	2 días	Sáb. 28/8/21 9h00	Dom. 29/8/21 15h00
6	Inspección del buen funcionamiento de los equipos	Adrián Morales, Diego Gómez	3 días	Sáb. 25/9/21 9h00	Lun. 27/8/21 15h00
7	Correcciones y observaciones	Adrián Morales, Diego Gómez	7 días	Dom. 10/10/21 9h00	Dom. 17/10/21 15h00
8	Revisión #1 de la documentación por parte del tutor	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Mie. 22/12/2021 20h00	Mie. 22/12/2021 24h00
9	Revisión #2 de la documentación por parte del tutor	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Mie. 5/01/2022 15h00	Mie. 5/01/2022 17h00
10	Revisión #3 de la documentación por parte del tutor	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Mar. 11/01/2022 15h00	Mar. 11/01/2022 17h00
11	Revisión #4 de la documentación por parte del tutor	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Mie. 26/01/2022 15h00	Mie. 26/01/2022 17h00
12	Revisión #5 de la documentación por parte del tutor	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Mie. 2/02/2022 15h00	Mie. 2/02/2022 17h00
13	Revisión #6 general de la documentación por parte del tutor	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Mie. 9/02/2022 15h00	Mie. 9/02/2022 17h00
14	Revisión #7 terminado de la documentación por parte del tutor	Adrián Morales, Diego Gómez	1 día	Mie. 16/02/2022 15h00	Mie. 16/02/2022 17h00
15	Sustentacion tentativa	Adrián Morales, Diego Gómez	2 días	Vie. 25/02/2022	Sáb. 26/02/2022

6. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO				
CLIENTES:	ADRIAN MORALES-DIEGO GOMEZ			
ORDEN #:	1			
ITEM	MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	KIT FOTOVOLTAICO; INCLUYE: BATERIAS, CONVERTIDOR, INVERSOR Y PANEL DE 400 W	1	1500.00	\$ 1,500.00
2	BASES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	1	257.36	\$ 257.36
3	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	1	25.00	\$ 25.00
4	MATERIALES DE INSTALACIÓN INTERIOR; INCLUYE: CABLES #12-10-14, VARILLA DE TIERRA, TOMACORRIENTES, INTERRUPTORES, BREAKER, CAJA DE SERVICIO, BOQUILLAS, TUBERIAS, GRAPAS, TORNILLOS, TERMINALES DE OJO, TAPAS PARA CAJAS OCTAGONALES Y RECTANGULARES.	1	222.00	\$ 222.00
5	TRANSPORTE	1	80.00	\$ 80.00
			SUBTOTAL	\$ 2,084.36
			IVA 12%	\$ 250.12
			TOTAL	\$ 2,334.48

CAPITULO VI

7. CONCLUSIONES

➤ Con el uso de la herramienta informática Pvsyst, se realizó la simulación del sistema, obteniéndose los siguientes resultados:

- Inclinación de la base del panel fotovoltaico: 5 grados.
- Nivel de voltaje de baterías de ciclo profundo: 12V/100Ah.
- Tipo de regulador a utilizar: MPPT 75/15
- Tipo de inversor a utilizar: 24V/250 VA
- Rendimiento del sistema por la radiación incidente en el lugar de: 90%.

➤ En el análisis de las posibles fallas que pueden suceder en el sistema se lograron probar las siguientes:

- Prueba de cortocircuito: Se realizó una falla a tierra a la salida del panel de distribución, el mismo que dispone de 2 breaker (20 y 15 A), el cortocircuito realizado sobre la línea con breaker de 20 A causo el disparo del mismo y el cambio de estado del inversor a modo alarma. En un tiempo aproximado de 5 segundos el inversor retorno automáticamente a modo de operación normal.
- Prueba de sobrecarga: Se aplicó una carga variable hasta llegar a 2 A con 120Vac, momento en el cual el inversor paso de modo operativo normal a modo alarma con su correspondiente salida de operación. Esto indica que la potencia máxima que puede entregar el sistema es aproximadamente 240 W.

➤ El sistema implementado conocido como técnica fotovoltaica aislada (modo isla), ejecutada mediante el uso de los siguientes componentes:

- Un Panel fotovoltaico: 40V/10A/400W
- Un Regulador de voltaje: 24V/15A/360W
- Dos Baterías: 12V/100Ah/Conectadas en serie.
- Un Inversor: 24Vdc/120Vac/250VA/2A
- Un panel de distribución monofásico/120Vac/ Breakers (20 y 15A)
- Cincos Focos tipo Led: 120V/9W
- Tres tomacorrientes: 120V/240W

Terminado el montaje se realizaron las siguientes pruebas de operatividad:

- Prueba a vacío: Vac 121.2V

- Prueba con carga: 116.4Vac/1.6A/186.24W.

Considerando 186.24W Como carga real nominal entregado por el sistema, la eficiencia del mismo es:

- Eficiencia del inversor:
 - $E_{inv} = (186.24W / 250W) * 100 = 74.49\%$
- Eficiencia del sistema:
 - $E_{sist} = (186.24W / 400W) * 100 = 46.56\%$

➤ El sistema cuenta con las siguientes protecciones:

- Protección contra cortocircuitos:
 - Protección del inversor: mediante una caja de servicio monofásica con dos circuitos, uno para iluminación con breaker de 15A y otro para tomacorrientes con un breaker de 20 A.
 - Protección del regulador: Un breaker de dos polos 15A dc.
 - Protección de las baterías: Un breaker de dos polos 30A dc.
 - Protección del panel fotovoltaico: Un breaker de dos polos 15A dc.
- Protección por falla de aislamiento:
 - Tierra de protección: Se instalaron en los tomacorrientes y en todas las estructuras metálicas de partes y equipos del sistema una puesta a tierra, utilizando conductor de cobre y un electrodo tipo pica de copperweld de 3/8*2.40m.

➤ Con los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo tanto en el campo del montaje físico del sistema como en el análisis teórico del mismo, consideramos que los objetivos planteados y aprobados para la implementación del proyecto en la comunidad Masa 2, se han cumplido.

8. RECOMENDACIONES

➤ Utilizando este mismo tipo de sistema (aislado), realizar pruebas de laboratorio y campo para determinar con mayor precisión los niveles de sobrecarga, eficiencia y selección de equipos de protección contra sobrecargas.

➤ Realizar estudios para la incorporación de equipos supresores (descargadores de sobrevoltajes) de posibles sobretensiones que podrían afectar al buen funcionamiento y vida útil del sistema.

- Realizar estudios sobre la factibilidad de incorporar puntas captadoras (pararrayos) para la protección ante descargas atmosféricas del panel fotovoltaico.
- Realizar estudios para determinar el valor más adecuado del sistema de puesta a tierra para la mejor operación del sistema.
- Para proyectos futuros de esta naturaleza, consideramos que los beneficiarios de este tipo de sistemas deben ofrecer un mayor grado de compromiso hacia la universidad en el sentido de la colaboración con los estudiantes y el cuidado y mantenimiento del sistema.

CAPITULO VII

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. E. Paucar Uyaguari and L. A. Yubi Quito, “Pronostico de perfiles de consumo de electricidad a través de modelos estadísticos y desarrollo de una metodología comparativa,” 2020.
- [2] G. Vicente Salgado Andrade, W. Ruiz Buchelli, and Universidad de Posgrados, “Estudio, Diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragon del Golfo de Guayaquil, Provincia del Guayas.,” 2015.
- [3] S. Salamanca-Avila, “Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá,” *Rev. científica*, vol. 3, no. 30, p. 263, 2017, doi: 10.14483/23448350.12213.
- [4] M. A. González García, V. M. Cárdenas Galindo, and R. Álvarez Salas, “Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica,” pp. 24–29, 2019.
- [5] M. Farhat, O. Barambones, J. A. Ramos, E. Duran, and J. M. Andujar, “Diseño e Implementación de un Sistema de Control estable basado en Lógica Borrosa para optimizar el rendimiento de un sistema de Generación Fotovoltaico,” Elsevier Srl, 2015.
- [6] J. Quevedo, J. Ruiz, and D. González, “Analysis of a photovoltaic solar installation in accordance to performance parameters of IEC61724,” IEEE, 2019.
- [7] M. Theristis, A. Livera, C. B. Jones, G. Makrides, G. E. Georghiou, and J. S. Stein, “Nonlinear Photovoltaic Degradation Rates: Modeling and Comparison against Conventional Methods,” *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 10, no. 4, pp. 1112–1118, 2020, doi: 10.1109/JPHOTOV.2020.2992432.
- [8] G. G. Kim, W. Lee, B. G. Bhang, J. H. Choi, and H. K. Ahn, “Fault Detection for Photovoltaic Systems Using Multivariate Analysis with Electrical and Environmental Variables,” *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 11, no. 1, pp. 202–212, 2021, doi: 10.1109/JPHOTOV.2020.3032974.
- [9] C. X. Campoverde Grijalva and F. D. Velez Mosquera, “Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias: caso de

- estudio Unidad educativa Dr. Francisco Falqu ez Ampuero,” 2020.
- [10] L. Carrion and K. Mendoza, “Diseño Optimo de Sistemas Aislados fotovoltaicos para la Iluminación de la Vía Principal de la Comuna Masa 2 - Golfo de Guayaquil,” 2021.
- [11] E. Santiago, V. Tapia, L. Enrique, and A. Tello, “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA SIMÓN BOLÍVAR EN LA COMUNIDAD MASA 2, GOLFO DE GUAYAQUIL.,” 2020.
- [12] CLAMPER, “PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.”
- [13] INGESCO LIGHTNING SOLUTIONS, “PUNTAS FRANKLIN O CAPTADORAS.” <https://www.ingesco.com/es/productos/puntas-captadoras>.
- [14] W. F. BORBOR MERCHAN, *Sistema Fotovoltaiico Para Casas Individuales En La Comunidad Masa 2 – Golfo De Guayaquil*. 2021.
- [15] B. Giménez, N. Castilla, A. Martinez, and R. Pastor, “Luminotecnia: Magnitudes fotométricas básicas. Unidades de medida.,” pp. 1–9, 2013, [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732/LUMINOTECNIA.pdf?sequence=1>.
- [16] C. O. BUELE AVILA and A. M. CHAZI SOLIS, “MODELACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA,” 2019.
- [17] Clamper, “Guia de aplicación para la protección de sistemas fotovoltaicos.”
- [18] K. Israel, A. Siguenza, J. Geovanny, and C. Vidal, “Implementación de un Sistema Fotovoltaiico de 600w para alimentación del laboratorio de metrología,” 2020.
- [19] RENOVA, “DESCRIPCION DE BATERIAS RITAR DE CICLO PROFUNDO.” https://www.renova-energia.com/productos/baterias_ritar_ra12100d_12v100ah-2/.
- [20] J. D. Valderrama Muñoz, “Sistema puesta tierra y apantallamiento de sistemas fotovoltaicos,” 2021.
- [21] J. L. GOMEZ LOPEZ and D. C. MAYORGA ARIAS, “ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LAS INSTALACIONES DEL MOLINO GUANENTÁ, UBICADO EN EL

- MUNICIPIO DE CURITÍ, SANTANDER,” 2020.
- [22] F. Navarro Aparicio, “INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE 35KW PARA CARPINTERÍA METÁLICA,” 2020.
- [23] O. J. Miranda Villao and E. R. Consuegra Mite, “Dimensionamiento óptimo de un sistema fotovoltaico a través de herramientas computacionales en zonas aisladas,” 2021.
- [24] W. A. Cuenca Benitez, “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO ALTERNATIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL INTERIOR DE UN VEHÍCULO TIPO CASA-RODANTE EN LA RUTA TURISTICA SPONDYLUS O RUTA DEL SOL.,” 2018.
- [25] J. G. Quiroz Toapanta, “Ubicación óptima de sistemas fotovoltaicos en redes de distribución, usando el método de búsqueda armónica,” p. 30, 2019, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16992>.

10. ANEXOS

➤ Fotografías reales paso a paso de la implementación del sistema fotovoltaico

En las siguientes fotografías se visualiza desde la obtención del producto, la construcción de las bases y la implementación en general del sistema eléctrico y fotovoltaico.



FIG. 61. OBTENCIÓN DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 62. CORTE DE TUBO CUADRADO PARA SOPORTE DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 63. SOLDADURA DEL SOPORTE INFERIOR DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 64. PINTADO GENERAL DEL SOPORTE, DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 65. CULMINACIÓN DE LOS SOPORTE INTERNO Y EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 66. PILUDO DE LOS SOPORTE EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 67. EXCAVACIÓN PARA EL SOPORTE EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 67.1 EXCAVACIÓN PARA EL SOPORTE EXTERNO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 68. PREPARACIÓN DE MEZCLA PARA LA BASE EXTERIOR (AUTOR)



FIG. 69. LLENADO DE MEZCLA PARA LA BASE DEL SOPORTE EXTERIOR DEL SISTEMA (AUTOR)



FIG. 70. AJUSTE DE LOS PERNOS PARA LA BASE DEL PANEL FOTOVOLTAICO (AUTOR)



FIG. 71. MONTAJE Y AJUSTE DEL PANEL SOLAR AL SOPORTE EXTERIOR (AUTOR)



FIG. 71.1. MONTAJE Y AJUSTE DE TODOS LOS PERNOS DEL PANEL SOLAR, AL SOPORTE EXTERIOR (AUTOR)



FIG. 72. COMPROBACIÓN DEL NIVEL DE TENSIÓN A LA SALIDA DEL INVERSOR (AUTOR)



FIG. 73. COMPROBACIÓN DEL NIVEL DE TENSIÓN EN LA CAJA DE SERVICIO Y TOMACORRIENTES (AUTOR)



**FIG. 74. INSTALACIÓN INTERIOR DEL KIT FOTOVOLTAICO
INSTALADA (AUTOR)**



**FIG. 75. CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS/ SISTEMA
FOTOVOLTAICO AISLADO (AUTOR)**