



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
AISLADO RESIDENCIAL, EN ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DEL
GUAYAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: JEAN CARLOS MORETA QUEZADA

ROBERTO ANDREÉ CEDILLO SÁNCHEZ

TUTOR: ING. GARY OMAR AMPUÑO AVILÉS MSc.

Guayaquil – Ecuador

2023

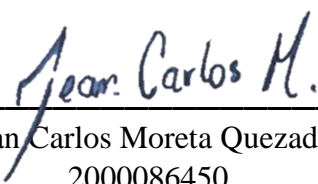
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jean Carlos Moreta Quezada con documento de identificación No. 2000086450 y Roberto Andréé Cedillo Sánchez con documento de identificación No. 0706376597; manifestamos que:

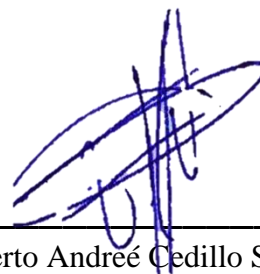
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 23 de febrero del año 2023

Atentamente,



Jean Carlos Moreta Quezada
2000086450



Roberto Andréé Cedillo Sánchez
0706376597

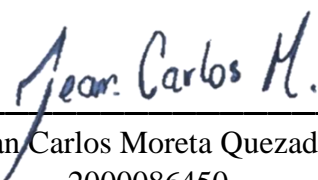
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jean Carlos Moreta Quezada con documento de identificación No. 2000086450 y Roberto Andréé Cedillo Sánchez con documento de identificación No. 0706376597, 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 autores del Proyecto Técnico: “ Implementación y ejecución de un sistema fotovoltaico aislado residencial, en zona costera de la Provincia del Guayas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, 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, 23 de febrero del año 2023

Atentamente,


Jean Carlos Moreta Quezada
2000086450


Roberto Andréé Cedillo Sánchez
0706376597

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gary Omar Ampuño Avilés con documento de identificación No. 0922639752, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO RESIDENCIAL, EN ZONA COSTERA DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS, realizado por Jean Carlos Moreta Quezada con documento de identificación N° 2000086450 y por Roberto André Cedillo Sánchez con documento de identificación N° 0706376597, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de febrero del año 2023

Atentamente,



Ing. Gary Omar Ampuño Avilés. MSc
0922639752

RESUMEN

El país actualmente cuenta con varios sectores sin servicio de energía eléctrica a consecuencia de estar ubicados en zonas de difícil acceso o alejadas de la población. En la ciudad Guayaquil se encuentra la comuna La Masa 1 ubicada a lo largo del Golfo de Guayaquil perteneciente a la parroquia Puná, en esta comunidad se encuentran varias casas que cuentan con el servicio de energía eléctrica a través de generadores de combustión, sin embargo, la vivienda de la señora Maritza Zúñiga y otras, no poseen este servicio.

Es por ello que los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana pusieron en marcha el diseño y cálculo de un sistema solar fotovoltaico el cual beneficie a la comunidad de La Masa 1, teniendo como objetivo a futuro el reemplazo del sistema de generación eléctrica a base de diésel, con un sistema que use y saque provecho de las energías renovables del sector en el cual se desea implementar.

Para dimensionar el sistema, primero se debe determinar la ubicación donde se va a realizar la implementación con el fin de analizar los datos de la radiación solar mismos que fueron descargados del PVGIS para hacer mejor uso de los recursos de la energía solar. Luego se analizó las demandas de las cargas que requiere la residencia para determinar los parámetros técnicos de los equipos. Una vez determinados estos parámetros mencionados, se realizan los cálculos necesarios para seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico, como lo son el panel solar, regulador de carga, baterías e inversor, adicionalmente se determinan los ángulos de inclinación óptimos y el calibre de los conductores eléctricos. Teniendo en cuenta la tarifa promedio nacional por servicios eléctricos (9,2 centavos/kWh) y la vida útil del sistema solar fotovoltaico (25 años), se obtuvieron resultados mediante cálculos de la simulación de un ahorro de hasta \$750 USD, reduciendo a su vez los gastos mensuales para el funcionamiento del combustible desglosado mensualmente en galones usados, aceite para motor y mantenimiento básico del equipo dando como resultado un ahorro de \$23,35 USD.

Finalmente, se elaboran los planos eléctricos de la vivienda y su diagrama unifilar con el fin de brindar al receptor información más específica del diseño eléctrico implementado. Todo esto se realiza junto con las autoridades de la Universidad Politécnica Salesiana, para mejorar la calidad de vida de los habitantes produciendo el desarrollo productivo y social de los habitantes.

ABSTRACT

The country currently has several sectors without electricity service as a result of being located in areas that are difficult to access or remote from the population. In the city Guayaquil is the commune La Masa 1 located along the Gulf of Guayaquil belonging to the parish Puná, in this community there are several houses that have electric power service through combustion generators, however, the house of Mrs. Maritza Zúñiga and others do not possess this service.

That is why the students of the Salesian Polytechnic University set in motion the design and calculation of a photovoltaic solar system that benefits the community of La Masa 1, with the future goal of replacing the electric generation system based on diesel, with a system that uses and takes advantage of the renewable energies of the sector in which it is desired to be implemented.

To size the system, the location where the implementation is to be carried out must first be determined in order to analyze the solar radiation data that were downloaded from PVGIS to make better use of solar energy resources. Then we analyzed the demands of the loads required by the residence to determine the technical parameters of the equipment. Once these parameters are determined, the necessary calculations are made to select the components of the photovoltaic system, such as the solar panel, charge regulator, batteries and inverter, in addition the optimal inclination angles and caliber of the electric conductors are determined. Taking into account the average national rate for electricity (9.2 cents/kWh) and the life of the photovoltaic solar system (25 years), results were obtained by calculating the simulation of a saving of up to \$750 USD, reducing the monthly expenses for the operation of the fuel broken down monthly into used gallons, engine oil and basic maintenance of the equipment resulting in a saving of \$23.35 USD.

Finally, the electrical plans of the house and its unifillary diagram are elaborated in order to provide the receiver with more specific information about the electrical design implemented. All this is done together with the authorities of the Polytechnic University Salesian, to improve the quality of life of the inhabitants by producing the productive and social development of the inhabitants.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA 2	
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
ANTECEDENTES.....	2
IMPORTANCIAS Y ALCANCES	3
BENEFICIARIOS	4
DELIMITACIÓN.....	4
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
TRABAJOS ANTERIORES.....	6
ENERGÍA RENOVABLE.....	7
NECESIDAD DEL REEMPLAZO.....	7
LA ENERGÍA SOLAR.....	7
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	8
EFECTO FOTOVOLTAICO	8
RADIACIÓN SOLAR.....	9
INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR	10
MEDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR	11
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	11
ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	11
REGULADOR DE CARGA.....	11
BATERÍA.....	12
INVERSOR.....	12
MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	13
FACTORES DE DESEMPEÑO	13
CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	13
CONEXIONES DE PANELES SOLARES	14
TIPOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	15
MÓDULOS MONOCRISTALINOS	15
MÓDULOS POLICRISTALINOS	15
MÓDULOS DE SILICIO AMORFO	15
TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	16
ORIENTACIÓN DE LOS PANELES	17

MARCO METODOLÓGICO.....	18
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	18
CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA MÁXIMA	19
CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES SOLARES	22
CÁLCULO DEL INVERSOR.....	23
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS.....	24
CÁLCULO DEL REGULADOR DE CARGA DEL SISTEMA	26
ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN ÓPTIMA DEL PANEL FOTOVOLTAICO	27
CONDUCTORES ELÉCTRICOS	28
CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	29
CONDUCTOR PANEL SOLAR – REGULADOR DE CARGA	29
CONDUCTOR REGULADOR DE CARGA – BATERÍAS	30
CONDUCTOR BATERÍAS – INVERSOR	30
CONDUCTOR INVERSOR – PANEL DE DISTRIBUCIÓN.....	31
CONDUCTOR PARA INSTALACIONES INTERNAS DE LA VIVIENDA	31
SOFTWARE	32
SOFTWARE PVSYSY.....	32
AUTOCAD.....	32
SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CON EL SOFTWARE PVSYSY	32
INFORME DE SIMULACIÓN EN PVSYSY	36
ESQUEMA ELÉCTRICO PVSYSY.....	41
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA COMUNA LA MASA 1	41
DISEÑO Y MONTAJE DE LA BASE PARA PANELES SOLARES.....	41
DISEÑO ZAPATAS AISLADAS Y PILAR	42
CLASIFICACIÓN DE ZAPATA AISLADA	42
DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA	42
MONTAJE DE LAS BASES DE PANELES SOLARES	45
DISEÑO Y MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA	49
DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL.....	49
MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL	50
DISEÑO DE SILLA PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	53
RESULTADOS	54
CÁLCULO DE AHORRO EN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	54
AHORRO POR EVITAR COMPRA DE COMBUSTIBLE	55
CRONOGRAMA	56
PRESUPUESTO	57
CONCLUSIONES.....	59

RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:.....	61
ANEXOS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	UBICACIÓN DE LA COMUNA LA MASA 1.....	4
FIGURA 2.	ESTRUCTURA DE UNA CELDA FOTOVOLTAICA.....	9
FIGURA 3.	VECTORES DE LA RADICACIÓN SOLAR.....	10
FIGURA 4.	SISTEMA FOTOVOLTAICO TÍPICO.....	13
FIGURA 5.	CONEXIÓN SERIE DE PANELES SOLARES.....	14
FIGURA 6.	CONEXIÓN PARALELO DE PANELES SOLARES.....	15
FIGURA 7.	TIPOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	16
FIGURA 8.	CONDUCTORES DE COBRE THW – ELECTROCABLES [21].....	29
FIGURA 9.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS LA MASA 1.....	33
FIGURA 10.	METEOROLOGÍA MENSUAL DE LA MASA 1.....	34
FIGURA 11.	INCLINACIÓN DEL PANEL SOLAR.....	34
FIGURA 12.	CONSUMOS DOMÉSTICOS Y HORAS DE USO.....	35
FIGURA 13.	DISTRIBUCIÓN DE HORAS.....	36
FIGURA 14.	DEMANDA DE ENERGÍA POR HORA.....	36
FIGURA 15.	CONEXIÓN DE BATERÍAS EN SERIE.....	37
FIGURA 16.	INFORME DE CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SIMULACIÓN.....	37
FIGURA 17.	PRINCIPALES RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	38
FIGURA 18.	PRODUCCIÓN NORMALIZADA (POR KWH INSTALADO).....	38
FIGURA 19.	RESULTADOS EQUILIBRADOS Y PRINCIPALES.....	39
FIGURA 20.	DIAGRAMA DE PÉRDIDAS EN LA INSTALACIÓN.....	40
FIGURA 21.	DISEÑO DEL SISTEMA AISLADO PVSYS.....	41
FIGURA 22.	TIPOS DE ZAPATAS AISLADAS.....	42

FIGURA 23.	DISEÑO DE ZAPATA AISLADA Y PILAR DE HORMIGO	44
FIGURA 24.	BASE ZAPATA Y PILAR.....	45
FIGURA 25.	CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DEL PANEL SOLAR.....	46
FIGURA 26.	UBICACIÓN DE LA BASE DEL PANEL SOLAR PARA LA VIVIENDA	47
FIGURA 27.	DISTANCIA Y UBICACIÓN DE LA BASE DEL PANEL	47
FIGURA 28.	DIAGRAMA UNIFILAR DE LA VIVIENDA	49
FIGURA 29.	PLANO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA	50
FIGURA 30.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA	51
FIGURA 31.	DISEÑO DE SILLA PARA COMPONENTES DEL SISTEMA	53

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	CARGAS Y CONSUMOS ELÉCTRICOS	19
TABLA 2.	HORA SOLAR PICO EN EL AÑO 2023.....	21
TABLA 3.	FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR JINKO.....	22
TABLA 4.	FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR PHOENIX.....	24
TABLA 5.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR SMARTSOLAR.....	27
TABLA 6.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE UBICACIÓN DEL SISTEMA	28
TABLA 7.	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASES DE LOS PANELES	48
TABLA 8.	MATERIALES PARA INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERNA DEL DOMICILIO....	52
TABLA 9.	AHORRO EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO	54
TABLA 10.	AHORRO POR COMPRA DE COMBUSTIBLE	55
TABLA 11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	57
TABLA 12.	PRESUPUESTO GENERAL	58

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO	19
ECUACIÓN 2. RENDIMIENTO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN.....	20
ECUACIÓN 3. DEMANDA MÁXIMA DE LA INSTALACIÓN.....	20
ECUACIÓN 4. POTENCIA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	22
ECUACIÓN 5. NÚMERO DE PANELES SOLARES	23
ECUACIÓN 6. POTENCIA DEL INVERSOR.....	24
ECUACIÓN 7. CAPACIDAD TOTAL DEL BANCO DE BATERÍAS.....	25
ECUACIÓN 8. NÚMERO DE BATERÍAS EN SERIE.....	25
ECUACIÓN 9. CORRIENTE MÁXIMA DEL PANEL SOLAR.....	26
ECUACIÓN 10. CORRIENTE DEL REGULADOR DE CARGA	26
ECUACIÓN 11. ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL PANEL.....	27
ECUACIÓN 12. ECUACIÓN DE ÁREA DE FUNDACIÓN.....	42
ECUACIÓN 13. LADO DE LA ZAPATA.....	43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. VIVIENDA DE LA SEÑORA MARITZA ZÚÑIGA.....	65
ANEXO 2. EMBARQUE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	65
ANEXO 3. CONSTRUCCIÓN DE SILLA PARA COMPONENTES DEL SISTEMA	66
ANEXO 4. PLANO ELÉCTRICO DE ALUMBRADO DE LA VIVIENDA.....	67
ANEXO 5. PLANO ELÉCTRICO DE TOMACORRIENTES DE LA VIVIENDA.	68
ANEXO 6. FICHA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR.....	69
ANEXO 7. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR.....	69
ANEXO 8. FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR DE CARGA	70
ANEXO 9. FICHA TÉCNICA DE LAS BATERÍAS MARCA RITAR.....	71
ANEXO 10. TABLA 310-16 NATIONAL ELECTRICAL CODE	72
ANEXO 11. CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO.....	73

INTRODUCCIÓN

Actualmente la energía eléctrica se ha convertido en una parte esencial para la vida cotidiana del ser humano, asimismo para el desarrollo científico y tecnológico, por ello hoy por hoy es considerado un servicio básico irremplazable e integral de los derechos humanos.

La cobertura eléctrica en el Ecuador registró un aumento del 3.1% en el año 2019, indicando que el 97.1% de la población ecuatoriana contaba con acceso a la energía eléctrica. [1] No obstante, la comuna La Masa 1 ubicada en el Golfo de Guayaquil aproximadamente a 20.1 km de la Universidad Politécnica Salesiana, no cuenta con un sistema eléctrico óptimo para los habitantes del sector, ya que se alimentan energéticamente con 3 generadores eléctricos que funcionan a base de combustibles fósiles, suministrando energía a un porcentaje muy bajo del total de las casas de la comunidad (20%). La desventaja primordial, es que, al ser un sistema de energías no renovables provoca contaminación hacia el medio ambiente debido a la emisión de CO₂ que se genera al momento de la combustión, siendo así, peligroso para la salud del ser humano.

El problema principal que enfrentan los habitantes de esta comunidad es el poco abastecimiento de energía eléctrica para el 80% de las viviendas, ya que los generadores eléctricos que se encuentran activos abastecen solamente el 20% de las mismas. Por otra parte, el excesivo gasto económico que ocasiona la compra de combustible para el funcionamiento de estos generadores, y el peligro que genera almacenar galones de combustible debido al alto riesgo que se corre al manipular un gas inflamable, son factores que hacen que el cambio de dichos generadores sea inminente.

Por esta razón los estudiantes de la carrera de electricidad ejecutaron una visita técnica para determinar el número de habitantes y viviendas mediante encuestas y formularios, y a su vez realizar un estudio del terreno con el fin de poder elegir medios de energía accesibles y sostenibles óptimos para la comunidad, para esto se trasladaron desde el muelle ubicado en el Edificio C de la Universidad Salesiana vía marítima, con una duración estimada de 40 minutos de viaje. Con los resultados obtenidos en la visita, se desea implementar un sistema fotovoltaico aislado que ayude a mejorar el estilo de vida de los habitantes que residen en esta zona costera.

PROBLEMA

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La comuna La Masa 1 actualmente cuenta con 51 habitantes, de los cuales un mayor porcentaje son niños menores de 18 años. Además, mantiene una iglesia y una escuela para los niños de la comunidad.

En el Ecuador existen instituciones gubernamentales que se encargan de suministrar energía eléctrica a nivel nacional, sin embargo, existen localidades donde el tendido eléctrico es ausente. De ahí que, al encontrarse esta comunidad ubicada en una zona remota, no cuenta con acceso de una red eléctrica pública. Por otra parte, ciertas viviendas se abastecen de energía eléctrica mediante generadores eléctricos, mismos que son altamente contaminantes, dado que funcionan a base de combustibles fósiles, produciendo así una mayor contaminación al medio ambiente, daño en la salud de los habitantes y elevados gastos económicos.

Los habitantes enfrentan riesgos a largo plazo, haciendo énfasis en los gastos económicos por la inestabilidad de los precios del combustible debido a su agotamiento. A día de hoy existen varios sistemas de energías renovables, la implementación de estos sistemas es con el fin de cuidar el medio ambiente y obtener una energía limpia, por ende, se busca instalar un sistema solar fotovoltaico, ya que el impacto de este tipo de sistema sobre el medio ambiente es mínimo y su instalación es óptima para sectores rurales, teniendo en cuenta la durabilidad y el poco mantenimiento que requieren.

En este enfoque, a partir de la dinamización del sector, se busca prosperar la calidad de vida de todos al interior de la comuna La Masa 1. Y teniendo como punto de partida la energización del sector y el análisis estadístico realizado por los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, se determinará el camino apropiado en el que se debe operar y utilizar el sistema fotovoltaico con el fin de garantizar el funcionamiento del equipo en un uso cotidiano.

ANTECEDENTES

Debido a la escasez de energía eléctrica, se ha decidido hacer un estudio, diseño e implementación de un sistema fotovoltaico aislado residencial, ya que la insuficiencia energética en zonas rurales es un problema común en el Ecuador.

La carencia de electricidad en la comuna obliga a los habitantes a tener un ritmo de vida complicado al momento de desarrollar actividades diarias dentro del hogar, las cuales conlleven el uso de energía eléctrica, ya sea a la hora de refrigerar sus alimentos, o de iluminar su vivienda a altas horas de la noche.

De momento la comuna La Masa 1, cuenta con generadores eléctricos a base de diésel cuyo sistema es perjudicial para el medio ambiente, y una mala práctica o manipulación indebida de estos generadores podría desencadenar en grandes consecuencias para los habitantes de esta zona.

IMPORTANCIAS Y ALCANCES

En las zonas rurales del Ecuador existen un sinnúmero de viviendas que no cuentan con acceso a la electricidad, trayendo como consecuencias el abandono de las ocupaciones académicas de sus habitantes e interesándolos en el mundo laboral a temprana edad. Las razones por las que el tendido eléctrico público no llega hasta estos sectores son diversas, pero en el caso de la comuna La Masa 1 la principal razón es la difícil accesibilidad a esta zona en concreto debido a que no existe medio terrestre que permita llegar a la población, además del alto costo del tendido eléctrico, ya que se requiere de una gran cantidad de material, transporte/logística y mano de obra.

Contar con energía eléctrica es de suma importancia debido a que permitirá mejorar el ámbito educativo de los estudiantes, enfocándose en aquellos grupos de niños que hacían uso de velas por la noche para poder cumplir con sus obligaciones escolares, lo cual limitaba sus horas de estudio.

Teniendo en cuenta la importancia de la energía eléctrica en los sectores remotos, se implementó un sistema solar fotovoltaico aislado que se delimitará en la instalación eléctrica tanto interior como exterior de la vivienda, incluyendo 3 puntos de luz para el interior y un punto de luz para el exterior, además, instalación de 2 – 3 tomacorrientes que servirán para cargar baterías, radios, celulares, entre otros. Promoviendo el desarrollo productivo y social de cada uno de los habitantes, logrando así brindar una mayor comodidad y un mejor estilo de vida.

BENEFICIARIOS

El principal beneficiario en esta implementación fotovoltaica es la señora Maritza Zúñiga Ferrizola con Cedula de Identidad N° 0804004083, junto con su hija menor de 11 años de edad que residen en la vivienda, quienes actualmente no cuenta con un sistema eléctrico en su vivienda.

DELIMITACIÓN

La zona de implementación del proyecto fotovoltaico se encuentra ubicada en la costa de la Ciudad de Guayaquil. El Golfo de Guayaquil se conforma por islas y masas de agua, con una extensión aproximada de 13701 km^2 . [2]

La comuna La Masa 1 se encuentra exactamente ubicada ($17\text{M } 627101.64\text{mE}$, 9738255.82mS) en Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), al ser un sector rural, no cuentan con el servicio de red eléctrica. Por lo tanto, se implementará un sistema de energía solar para el exterior e interior de una vivienda de la comunidad.



Figura 1. Ubicación de la Comuna La Masa 1

Fuente: Autores desde Google Earth

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema solar fotovoltaico aislado residencial basándose en el uso de energías renovables como lo es la energía solar, con el fin de beneficiar a los habitantes de la comuna La Masa 1.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar la simulación en el software PVsyst para analizar el comportamiento óptimo del sistema fotovoltaico a implementar.
- Diseñar en AutoCAD los planos eléctricos de la vivienda con el fin de ofrecer información concisa del sistema.
- Implementar el sistema solar fotovoltaico para el aprovechamiento de la energía solar renovable en la comuna La Masa 1.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

TRABAJOS ANTERIORES

En el trabajo realizado por los autores M. Maldonado y D. Velastegui [3] se puede observar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado residencial en la comuna Masa 2 ubicada en el Golfo de Guayaquil, implementando luminarias y tomacorrientes con el fin de que los habitantes de la vivienda puedan obtener iluminación durante la noche y puedan cargar sus teléfonos celulares y/o radios.

En el trabajo realizado por los autores E. Villegas y L. Alcívar [4] diseñaron un sistema fotovoltaico para la Escuela Simón Bolívar ubicado en la comuna Masa 2, con el objetivo de agilizar los métodos de aprendizaje de los estudiantes mediante la implementación de luminarias dentro y fuera de las aulas que les permitirá una mejor visibilidad en altas horas de la noche desencadenando en un horario de estudio más amplio, asimismo la implementación de dicho sistema fotovoltaico les posibilitará el uso de diferentes tecnologías para un buen desarrollo en la educación de cada uno de los estudiantes, por esta razón la Universidad Politécnica Salesiana también realizó la donación de una computadora portátil.

En el trabajo realizado por los autores K. Mendoza, L. Carrión [5], G. Guerrero y K. Catagua [6] realizaron visitas a la comuna Masa 2 con la finalidad de determinar las necesidades del consumo eléctrico, logrando así percatarse de la falta de luminarias en la calle principal de su comuna. Por esta razón, los estudiantes realizaron la instalación de un poste de luz para poder mejorar la calidad de vida de cada uno de los habitantes, ayudando así a poder tener una mejor visibilidad en horarios nocturnos.

Con la ayuda de estos aportes realizados por los autores mencionados anteriormente, se toma la iniciativa de brindar un servicio eléctrico a los habitantes de la comuna La Masa 1 ubicada en el Golfo de Guayaquil, mediante un sistema FV debido a que, es un sistema accesible que utiliza recursos naturales para la generación de electricidad. Tomando como referencia estos trabajos, se busca realizar la instalación eléctrica domiciliar de las viviendas de la comuna, colocando sus respectivas luminarias y tomacorrientes para cargar sus dispositivos.

ENERGÍA RENOVABLE

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de recursos naturales que se localizan en nuestro ecosistema, mismos que son posiblemente inagotables, debido a que estos recursos pueden regenerarse de manera natural. A partir de estos recursos, se transforman en energía eléctrica para así suministrar finalmente a los usuarios o consumidores. [7]

Esta energía en comparación con otro tipo de energías generadas por medios convencionales nos ayuda a disminuir de manera radical los niveles de emisiones de gases. Las energías renovables están encaminadas a ser la fuente de energías más rentable en todo el mundo, mismo que a su vez nos permitirá un mayor desarrollo económico.

NECESIDAD DEL REEMPLAZO

La mayor parte de la energía que se utiliza en el mundo es en el transporte, una industria con tendencia a crecer, y la producción de electricidad, a la que todos estamos acostumbrados y es absurdo no utilizarla, aunque sepamos que estos recursos se terminarán en algún momento, lo que representa un riesgo para la paz mundial. Del mismo modo, genera conflictos económicos a largo plazo para los países que dependen de la importación combustibles. [7]

Por otro lado, la quema de combustibles fósiles tiene un efecto muy peligroso sobre el clima, intensificando el daño al medio ambiente. Sin embargo, el ser humano ha encontrado una forma de generar electricidad de manera más confiable y limpia, con sistemas energéticos sostenibles. Se pueden localizar abundantes recursos renovables para la producción de energía sostenible en todo el mundo, a partir de la energía solar, eólica, geotérmica, hidroeléctrica y de biomasa, lo que brinda a nuestro país una alternativa al uso de recursos naturales para producir electricidad limpia.

LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar es aquella que proviene de los rayos del sol, el mismo que desprende una radiación que llega a la tierra en forma de luz y calor, asimismo, esta energía llega a la tierra mediante la radiación solar, o también llegan a la tierra en partículas denominadas fotones. [8]

Debido a que es una fuente inagotable, actualmente es uno de las riquezas naturales más valiosas del mundo, ya que nos accede a generar electricidad a través de ella. Esta energía se puede aprovechar de dos formas:

- La energía solar térmica es aquella que llega a la tierra en forma de calor, y esta energía es aprovechada para transferir a otros cuerpos mediante colectores térmicos. [9]
- La energía solar fotovoltaica se utiliza para producir energía eléctrica mediante módulos o paneles fotovoltaicos. [9]

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica convierte directamente el calor captado en energía mediante el aprovechamiento de los efectos fotoeléctricos, producidos al momento de la captación de radiación a través del panel solar. [10]

Las células solares, compuestas por materiales semiconductores, no necesitan ser cargadas como las baterías, ya que pueden mantenerse en operación durante largos periodos de tiempo.

Históricamente, la energía solar se ha aprovechado de la mano con tecnologías solares pasivas, generando corriente continua mediante semiconductores iluminados por un haz de fotones. [11]

EFEECTO FOTOVOLTAICO

Este efecto se debe al uso de semiconductores, ya que son mejores conductores que los aislantes y más débiles que los metales. Cuando la luz llega a los dispositivos semiconductores la energía aplicada ayuda a que los electrones del material sean más móviles, lo que mejora la capacidad del material para conducir electricidad. Sin embargo, para que exista el efecto fotovoltaico, los electrones deben moverse al lugar deseado bajo la acción de la electricidad que debe ser utilizada antes de ser liberada, creando así electricidad. [10]

En términos generales el efecto consiste en conectar dos dispositivos semiconductores con diferentes propiedades eléctricas: uno de ellos debe ser capaz de ceder sus electrones fácilmente (llamado material de tipo N) y el otro debe poder aceptar o receptor electrones adicionales (material de tipo P).

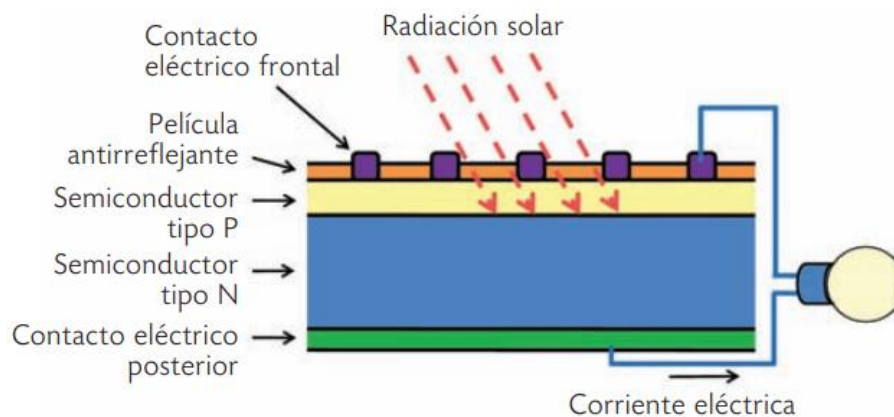


Figura 2. Estructura de una celda fotovoltaica

Fuente: La energía del sol (Arancibia C. y Best R, 2010)

RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar se determina como el conjunto de emisiones fotoeléctricas que son arrojadas por el sol, la magnitud de la radiación que llega a la tierra se denomina irradiancia y su unidad de medida es W/m^2 . [7]

Existen tres tipos de radiación solar:

- **Radiación directa.** - Es aquella que llega directamente desde el sol, permitiendo que no sufra ninguna desviación en su recorrido. [9]
- **Radiación difusa.** - Es aquella que se desvía o sufre un cambio en su dirección por la acción de la difusión y reflexión de la atmosfera. [9]
- **Radiación reflejada.** - Es aquella energía reflejada por el sol, que al llegar a la superficie terrestre rebota y se produce un reflejo.

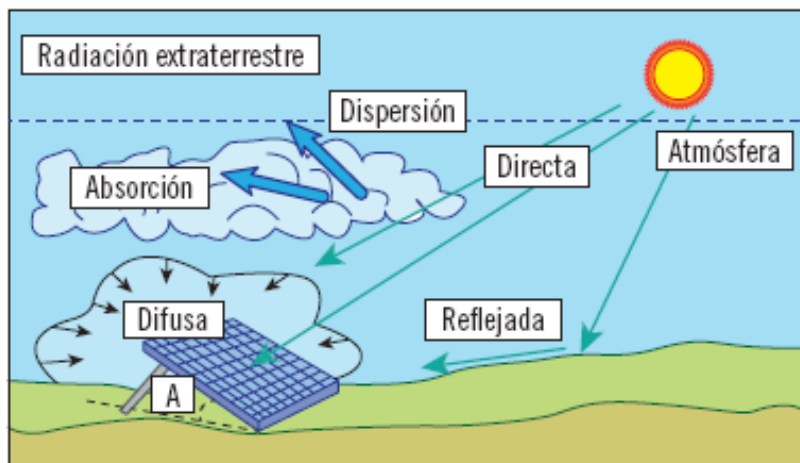


Figura 3. Vectores de la radiación solar

Fuente: Proyecto EnDev/GIZ – Instalación de sistemas fotovoltaicos [9]

INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR

Existe un conjunto de instrumentos que están especialmente diseñados y tienen propiedades especiales para medir un determinado rango de influencia del espectro de radiación solar que llega a la superficie terrestre, según los cuales estos instrumentos son objeto de determinadas aplicaciones y estudios.

La importancia de medir la radiación solar.

- Estudiar la distribución y cambios de las emisiones solares para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas energéticos.
- Examinar las transiciones de energía en el sistema Tierra-atmósfera.
- Analizar la naturaleza y distribución de la atmósfera, sus elementos constituyentes como aerosoles, vapor de agua, ozono, etc., y su impacto en el comportamiento climático.
- Investigar la distribución y variación de la radiación global, reflejada y directa.
- Satisfacer las necesidades de las actividades biológicas, agrícolas, médicas, de ingeniería e industriales relacionadas con la radiación solar. [12]

Los instrumentos más usados para la medición de radiación solar son los siguientes:

- **Piranómetro:** Es un instrumento que puede medir la radiación solar global, directa y difusa, que llega a la superficie terrestre en diferentes direcciones. Estos instrumentos

deben colocarse sobre una superficie plana para que trabajen correctamente (exposición solar de 180°) y para cumplir con los principios de funcionamiento.

- **Heliógrafo:** Instrumento de medición utilizado para medir la intensidad de la luz solar en un lugar determinado y la duración de la irradiación por día, así como la posición del sol en un momento determinado.

En síntesis, en el campo de medición de la irradiancia nos encontramos con diferentes tipos de instrumentos que asisten para la correcta mensuración de la radiación solar, como lo son el piranómetro y el pirheliómetro. Primeramente, el piranómetro usualmente se lo emplea para la medida de la radiación difusa, por su parte el pirheliómetro se lo utiliza para la medida de la radiación directa enfocándolo al sol. [13]

MEDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR

La irradiación corresponde al almacenamiento o acumulación de la potencia solar incidente derivada en todo tipo de radiación electromagnética, la cual ocurre o se da lugar en un tiempo en concreto. Para un estudio completo acerca de la irradiación en un sitio y espacio determinado, se debe tomar en cuenta el valor instantáneo de la energía solar que alcanza la superficie, almacenándola y filtrándola en base horaria, diaria o mensual, según la necesidad del estudio. [13]

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

El sistema fotovoltaico es un método de generación de electricidad a partir del sol; es decir, convierte la luz solar directamente en electricidad, que se almacenará en una batería para ser utilizada cuando sea necesario.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

REGULADOR DE CARGA

Se encarga de proteger a los acumuladores ante sobrecargas, y a su vez se encarga del suministro diario suficiente. [14]

Los reguladores deben realizar las siguientes funciones:

- Restringir la carga de la batería.

- Poseer resguardo para: sobrecorriente, polaridad inversa, cortocircuito y diodos de bloqueo para evitar el agotamiento de la batería durante la noche.
- Una señal o indicador que muestre la condición de carga de la batería.
- Inspeccionar y dar solución al decaimiento energético para que la batería no genere problemas de resistividad durante su funcionamiento cotidiano.

BATERÍA

También llamado acumuladores son encargados del almacenamiento energético, el cual sirve para el correcto funcionamiento del suministro eléctrico, independiente de la producción del generador fotovoltaico.

Las baterías ejecutan tres funciones sustanciales en los sistemas solares:

- Acumular electricidad en épocas de alta radiación solar o bajo consumo energético.
- Proporciona la corriente eléctrica necesaria cuando la radiación solar es escasa o nula. En las zonas alejadas de la ciudad, la energía almacenada en las baterías es utilizada principalmente para la iluminación, conectar o cargar la radio y en algunos casos para la televisión.
- Distribuir electricidad de manera constante y suficiente para utilizar equipos eléctricos.

INVERSOR

Parte fundamental del sistema fotovoltaico ya que convierte la corriente continua en corriente alterna, con el objetivo de poder utilizar los equipos que regularmente trabajan con este tipo de corriente. Existen 3 tipos de inversores:

- **Ondas Cuadradas:** No tienen mucho control sobre la tensión de salida, ni restringen las sobretensiones. Por esta razón no se recomiendan para uso doméstico.
- **Onda cuadrada modificada:** Estos son capaces de soportar altas sobretensiones y son muy recomendables para uso doméstico. El inconveniente es que pueden generar ruido eléctrico que puede afectar a algunos equipos electrónicos. [9]
- **Onda sinusoidal:** Tienen una alta capacidad de sobretensión y pueden arrancar fácilmente muchos tipos de motores.

MÓDULO FOTOVOLTAICO

Los paneles fotovoltaicos son los encargados de producir energía, ya sea para uso doméstico o laboral a través del aprovechamiento y conversión de la energía lumínica en energía eléctrica. Dicha conversión se logra a través de una fotocélula, generando la reacción fotovoltaica que se basa en atraer fotones de luz y convertirlos en protones, dando como resultado corriente eléctrica. [15]

FACTORES DE DESEMPEÑO

- Cuando la intensidad de la luz sube, la corriente de igual forma sube.
- Cuando baja la temperatura, sube el voltaje.
- Las sombras causan un descenso de la corriente del panel.

CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

- **Encapsulado:** Encargado de proteger al módulo de la intemperie; a su vez resguarda a las células y sus conexiones de la abrasión, humedad y rayos UV.
- **Conexionado:** Las corrientes eléctricas que generan las fotocélulas ubicadas ya sea en serie o en paralelo, se distribuyen con dirección hacia una caja de conexiones para unificarse y dar así continuidad al circuito eléctrico.
- **Marco del panel:** Nos posibilita realizar el montaje del panel solar sobre un soporte.

[14]

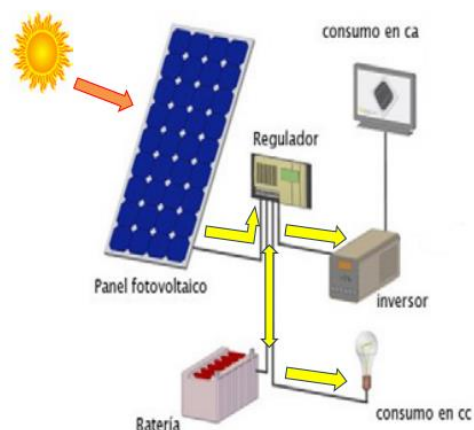


Figura 4. Sistema fotovoltaico típico
 Autores: Proyecto EnDev/GIZ, 2013

CONEXIONES DE PANELES SOLARES

CONEXIÓN SERIE

Un tipo de conexión denominada "String" en el entorno solar, donde se utiliza un conector MC4 para conectar el terminal positivo de un panel solar al terminal negativo del siguiente panel solar, y así hasta la salida deseada. Como se muestra en la siguiente figura, en este sentido, la corriente de funcionamiento de los paneles solares es la misma en todo el circuito, mientras que la tensión aumenta en función del número de paneles. tablero conectado. Para realizar conexiones entre paneles solares se recomienda que todos los paneles tengan los mismos parámetros técnicos. [16]

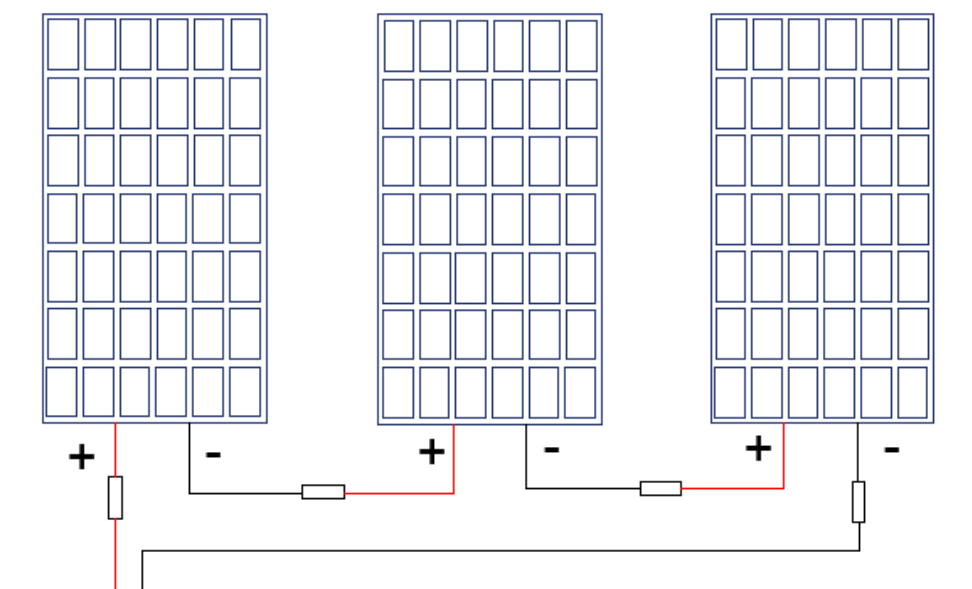


Figura 5. Conexión serie de paneles solares

Fuente: Autores

CONEXIÓN PARALELO

Tipo de conexión en la que los terminales positivos de todos los paneles solares del sistema están conectados al mismo nodo. También los terminales negativos de todos los paneles solares están conectados entre sí en un punto. Para la conexión de paneles solares en paralelo se utiliza un conector MC4 en forma de "Y", también conocido como MC4 paralelo macho o hembra.

En este caso, la tensión de funcionamiento de los paneles permanece invariable, pero la corriente por panel conectado aumenta según el número de paneles conectados. [16]

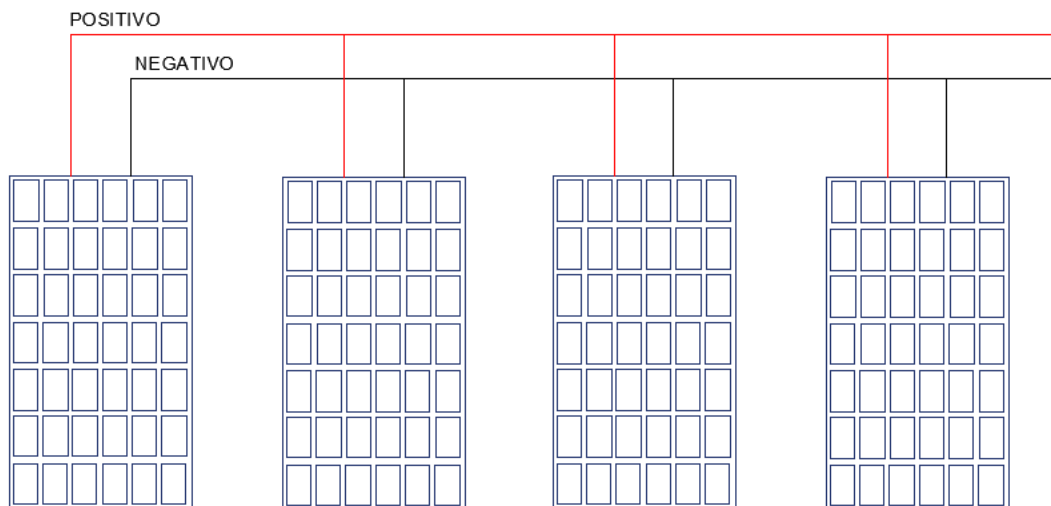


Figura 6. Conexión paralelo de paneles solares

Fuente: Autores

TIPOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

MÓDULOS MONOCRISTALINOS

Las celdas solares de este módulo se encuentran elaboradas de un único cristal de silicio y cuentan con un rendimiento eficaz directo entre un 15 – 18%, siendo una de las más adecuadas para instalaciones fotovoltaicas. [4], [8]

MÓDULOS POLICRISTALINOS

Como su nombre lo indica, estas celdas solares se encuentran elaboradas por varios cristales de silicio y presentan una menor eficacia que las monocristalinas, cuentan con un rendimiento eficaz directo entre un 12 – 14%, además, presentan un color azulado. [8]

MÓDULOS DE SILICIO AMORFO

Presentan escasez en su estructura, utilizando silicio de mala calidad y un proceso de elaboración muy sencillo, por esta razón cuenta con menos recolección de fotones. Actualmente cuentan con una eficiencia eficaz directa del 10%. [4]



Figura 7. Tipos de módulos fotovoltaicos

Fuente: Celdares, 2022

TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los sistemas fotovoltaicos de generación se pueden dividir principalmente en tres partes:

- **Sistemas fotovoltaicos aislados a la red.** - También llamados sistemas autónomos, son utilizados en sectores donde no hay acceso de la red convencional pública. Este sistema permite proveer energía eléctrica mediante una serie de componentes interconectados como módulos solares, reguladores, baterías, inversores, etc. [8]
- **Sistemas fotovoltaicos híbridos.** - Estos sistemas coordinan un generador eléctrico de combustible fósil o de energía limpia, con un sistema fotovoltaico sin preferencia de estar o no conectado a la red. [4]

Estos sistemas son un poco más eficientes debido a que si las baterías se descargan, entra en funcionamiento el generador eléctrico y este es el encargado de proporcionar corriente a las baterías.

- **Sistema fotovoltaico conectado a la red.** – Estos sistemas se componen por el generador fotovoltaico conectado por un inversor a la red pública convencional, su trabajo es suministrar energía a la fase cuando los valores no son suficientes, la red convencional inyecta energía para lograr satisfacer la demanda eléctrica. [8], [12]

ORIENTACIÓN DE LOS PANELES

La inclinación del panel y, en consecuencia, el ángulo de incidencia entre la normal y la superficie del módulo, determinan la cantidad de irradiancia que incide sobre un módulo fotovoltaico. [17]

En primer lugar, el equipo debe colocarse en un ángulo de mayor incidencia solar lo que genere un aprovechamiento del funcionamiento durante los meses de verano, época en la que se concentra la mayor carga de radiación solar en el sector de La Masa 1. Consecutivamente se deberá realizar un estudio en los meses de invierno y temporadas de lluvia, donde la radiación solar que cae sobre la comunidad se verá reducida, debido a que en esta época del año la radiación fotoeléctrica captada por los paneles será menor a diferencia del verano.

- **Orientación o ángulo azimutal (α):** Ángulo horizontal de una línea poligonal, que comienza siempre en el norte y se desplaza en el sentido horario alrededor de la línea ecuatorial. El rango de su apertura angular es de 0 a 360 grados.
- **La inclinación o ángulo de elevación (β):** Es el ángulo creado por la visión ascendente del observador y la horizontal.
- **Ángulo de depresión:** Es el ángulo creado por la horizontal y la visión hacia abajo (descendente) del observador. [17]

MARCO METODOLÓGICO

Mediante el aprovechamiento de la energía solar, se propuso llevar a cabo el proyecto de implantar un sistema fotovoltaico en la comuna La Masa 1, en favor de sus habitantes.

Para este tipo de áreas, lo más recomendable es el uso o abastecimiento de energía eléctrica que permita sacar el máximo provecho de las energías renovables, como lo es en esta ocasión la irradiación solar. En el caso de la comuna La Masa 1, con la puesta en marcha de los sistemas fotovoltaicos se logrará cubrir con el eficiente abastecimiento eléctrico en todas las viviendas de la comunidad delimitada para este proyecto.

La implementación del sistema fotovoltaico ayudará a sustituir el uso del generador a diésel, quien a su vez disminuirá la emisión de CO₂ al medio ambiente. A partir de la escasez de energía eléctrica en el sector se planea optimizar la distribución de la electricidad en la localidad para que sea equitativa hacia cada uno de sus moradores.

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para realizar el correcto dimensionamiento del sistema solar que será instalado en una vivienda de la comuna La Masa 1, se debe tener en consideración los siguientes pasos a realizar:

- Cálculo de la demanda máxima diaria.
- Cálculo del consumo máximo.
- Cálculo del número de paneles solares.
- Cálculo del inversor
- Cálculo de la capacidad del banco de baterías.
- Cálculo del regulador de carga del sistema.
- Cálculo de conductores eléctricos.

Dichos cálculos son de vital importancia ya que gracias a la utilización de las ecuaciones descritas a continuación (página 31 en adelante) se podrá dar con una simulación exacta la cual facilite la instalación del sistema fotovoltaico a implementar y poder realizar un análisis de posibles factores de fallas estadísticas que puedan llegar a ocasionar algún daño al equipo, por lo que se deberá realizar detalladamente la correcta resolución de las ecuaciones a usar.

De la mano con las ecuaciones se realizó la simulación en el programa PVsyst, para así dar con un informe preciso acerca de lo que se tiene que hacer paso a paso, y si es de fallar en la simulación corregir y dar con el problema para que, al momento de realizar el trabajo en físico, no tener inconvenientes de ninguna índole ofreciendo calidad y compromiso al morador de la comuna La Masa 1.

CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA MÁXIMA

Para el óptimo dimensionamiento del sistema fotovoltaico a implementar, es primordial saber el consumo energético de cada una de las cargas de la vivienda en cuestión, para posteriormente determinar la eficiencia de los equipos a utilizar.

CANTIDAD	CARGAS	POTENCIA INDIVIDUAL (W)	POTENCIA ACUMULADA (W)	HORAS DE USO	DEMANDA (Wh)
3	Focos	5	15	4	60
1	Celulares	15	15	3	45
1	Ventilador	60	60	4	240
TOTAL			90		345

Tabla 1. Cargas y consumos eléctricos

En base a la tabla previamente analizada, se puede determinar el consumo energético diario aplicando la siguiente fórmula. [18]

$$E_{wh/día} = N * P * H$$

Ecuación 1. Consumo energético diario

Donde:

P: Potencia eléctrica de las cargas.

H: Número de horas al día de funcionamiento.

N: Cantidad de las cargas existentes en la vivienda

Aplicando esta fórmula para cada uno de los equipos de la vivienda se pudo determinar que la demanda máxima diaria es de 345 Wh. Sin embargo, la generación de energía eléctrica se verá afectada por el desempeño de todos los elementos que la componen, por lo que se deben tener en cuenta las pérdidas potenciales para cumplir con todos los requerimientos de demanda instalada. Se determinó que el rendimiento de la instalación o las pérdidas totales se calcularán para esta operación mediante la siguiente fórmula:

$$kt = (1 - Kb - Kc - Kr) * \left[1 - \left(\frac{Ka * Da}{Pd} \right) \right]$$

Ecuación 2. Rendimiento global de la instalación

Donde:

- Ka: Para baterías estacionarias de plomo y ácido se utiliza un factor de Ka=0.005.
- Kb: Nuestro Kb para baterías nuevas será de 0.05
- Kr: Pérdidas por rendimiento del regulador de carga. En este caso será un factor de Kc = 0.05
- Da: Días de autonomía, generalmente son de 2-5 días.
- Pd: Profundidad de descarga del acumulador, Pd = 0.5

$$kt = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.05) * \left[1 - \left(\frac{0.005 * 3}{0.5} \right) \right]$$

$$kt = 0.8245$$

Una vez obtenido el rendimiento del sistema y la demanda instalada diaria, se procede a calcular la energía que generará el módulo fotovoltaico con la ecuación 3.

$$D_{max} = \frac{D_{cargas}}{kt}$$

Ecuación 3. Demanda máxima de la instalación

Entonces:

$$D_{max} = \frac{345 \text{ Wh}}{0.8245}$$

$$D_{max} = 418.43 \text{ Wh}$$

Se procede a calcular la potencia que debe generar el panel solar en la hora solar pico para que pueda satisfacer la demanda requerida en la instalación. Para esto se requiere saber el valor de la hora solar pico HSP del sector donde se va a realizar la instalación, en la tabla a continuación se analizan estos valores.

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>H(i)_m</i>	<i>Días</i>	<i>HSP</i>
2023	Enero	147.92	31	4.77
2023	Febrero	134.44	28	4.80
2023	Marzo	148.21	31	4.78
2023	Abril	126.12	30	4.20
2023	Mayo	107.01	31	3.45
2023	Junio	89.26	30	2.98
2023	Julio	94.69	31	3.05
2023	Agosto	110.07	31	3.55
2023	Septiembre	130.64	30	4.35
2023	Octubre	149.7	31	4.57
2023	Noviembre	166.7	30	5.55
2023	Diciembre	186.7	31	6.0

Tabla 2. Hora solar pico en el año 2023

Fuente: Autores desde PVGIS

Teniendo en cuenta el peor de los casos, el menor valor de hora solar pico es en el mes de junio, siendo este de 2.98 HSP. Una vez obtenido este valor, se procede a calcular la potencia del generador fotovoltaico con la ecuación 4 descrita a continuación.

$$P_{GFV} = \frac{D_{max}}{HSP}$$

Ecuación 4. Potencia del generador fotovoltaico

Entonces:

$$P_{GFV} = \frac{418.43 \text{ Wh}}{2.98}$$

$$P_{GFV} = 140.41 \text{ Wh}$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES SOLARES

Los paneles solares comerciales deben primeramente seleccionarse y luego determinar en función de sus especificaciones, el número de paneles y la configuración. Para este proyecto se seleccionó un panel solar monocristalino Jinko Solar de 300Wp, en caso de que los habitantes requieran ingresar más carga al sistema eléctrico. Sus especificaciones se observan en la siguiente figura 6.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Modelo	JKM300M-60-V
Potencia máxima (P _{máx})	300 Wp
Tensión de alimentación máxima (V _{mp})	32.6 V
Corriente máxima de alimentación (I _{mp})	9.22 A
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	39.1 V
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	10.02 A
Eficiencia del módulo (%)	18.33 %

Tabla 3. Ficha técnica del Panel solar Jinko

De acuerdo al panel solar elegido se procede a determinar el número de paneles solares que requiere la instalación, mediante la siguiente ecuación.

$$N_{\text{paneles}} \geq \frac{P_{GFV}}{P_{\text{real del panel}}}$$

Ecuación 5. Número de paneles solares

Entonces:

$$N_{\text{paneles}} \geq \frac{140.41W}{300Wp}$$

$$N_{\text{paneles}} \geq 0.47$$

El número de paneles debe ser entero, por esta razón para la instalación se deberá instalar 1 panel monocristalino Jinko Solar de 300Wp.

Asimismo, se puede determinar la energía que genera el panel solar al día. Para determinar esta energía es importante tener el valor de hora solar pico (HSP) del sitio, para se utilizará la siguiente fórmula:

$$E_{\text{modulo}} = P_{\text{real del panel}} * HSP$$

$$E_{\text{modulo}} = 300Wp * 2.98$$

$$E_{\text{modulo}} = 894 Wh/dia$$

CÁLCULO DEL INVERSOR

Para elegir un inversor se debe calcular el voltaje de la instalación y la potencia total de las cargas, debido a que el inversor deberá soportar la potencia y voltaje nominal del sistema. La potencia la podemos observar en la *Tabla 1*.

En la siguiente ecuación podemos determinar la potencia del inversor, el cual va a ser igual al producto del factor de seguridad por la carga instalada.

$$P_{inv} = F_s * P_{cargas}$$

Ecuación 6. Potencia del inversor

Donde:

- P_{inv} : Potencia del inversor
- F_s : Factor de seguridad = 1.2
- P_{cargas} : Potencia total de las cargas de la vivienda

$$P_{inv} = 1.2 * 345Wh$$

$$P_{inv} = 414W$$

Con este resultado obtenido, se establece un Inversor 24/375 dado que este es un tipo de inversor que se puede encontrar en el mercado eléctrico. A continuación, se detallan sus especificaciones técnicas:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Modelo	Inversor Phoenix 24/250 VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C	200 / 175W
Potencia pico	400 W
Eficacia máxima	87/88/88%
Protección (2)	a-f
Humedad (sin condensación)	máx. 95%

Tabla 4. Ficha técnica del Inversor Phoenix

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS

Antes de calcular las baterías del sistema solar, debe determinarse la capacidad global del pack de baterías después de tener en cuenta los factores mencionados, como la demanda máxima de la batería, los días de autonomía (Da) y la profundidad de descarga (DOD). Para realizar este cálculo se utiliza la ecuación 7.

$$E_{baterias} = \frac{D_{max} * D_a}{P_d * V_{sist}}$$

Ecuación 7. Capacidad total del banco de baterías

Donde:

- Dmax: Demanda máxima
- Da: Días de autonomía = 3
- Pd: Profundidad de descarga de la batería
- Vsist: Voltaje del sistema

$$E_{baterias} = \frac{418.43Wh * 3}{0.5 * 24V}$$

$$E_{baterias} = 104.6 \text{ Amp/h}$$

Con este valor obtenido se selecciona el tipo y modelo de batería que requiere el sistema para luego determinar el número de baterías optimo a instalar en nuestro sistema fotovoltaico.

El número de baterías conectadas en serie se determina con la ecuación 8 descrita a continuación.

$$N_{baterias-serie} = \frac{V_{sist}}{V_{baterias}}$$

Ecuación 8. Número de baterías en serie

Entonces:

$$N_{baterias-serie} \geq \frac{24V}{12V}$$

$$N_{baterias-serie} \geq 2 \text{ baterias}$$

Con el fin de satisfacer las necesidades señaladas, se determinó utilizar para este diseño una conexión en serie constituidos de dos baterías de 12V / 105 Ah.

CÁLCULO DEL REGULADOR DE CARGA DEL SISTEMA

Al estar situado entre el panel solar y la batería, el regulador de carga es uno de los componentes más cruciales del sistema fotovoltaico.

La figura 6 muestra la tensión del sistema y la corriente de cortocircuito de los paneles solares que se ha elegido. Para seleccionar el regulador primero se determina la corriente máxima del panel solar, con la ecuación mostrada a continuación.

$$I_{max} = I_{sc} * N_{paneles}$$

Ecuación 9. Corriente máxima del panel solar

Entonces:

$$I_{max} = 10.02 * 1$$

$$I_{max} = 10.02 A$$

Es importante que al regulador se le configure con un margen de seguridad del 25% de su capacidad total, entonces la corriente del regulador será:

$$I_{reg} = I_{max} * 1.25$$

Ecuación 10. Corriente del regulador de carga

$$I_{reg} = 10.02 * 1.25$$

$$I_{reg} = 12.52 A$$

De acuerdo al resultado obtenido se procede a seleccionar un regulador de carga marca Victron Energy SmartSolar, Modelo: MPPT 75/15, cuyas especificaciones se detallan a continuación:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Modelo	Regulador SmartSolar MPPT 75/15
Tensión de la batería	12 / 24 V
Corriente de carga nominal	15 A
Potencia FV nominal, 12 V 1 a,b	220 W
Potencia FV nominal, 24 V 1 a,b	440 W
Potencia FV nominal, 48 V 1 a,b	n.a
Corriente máxima de cortocircuito	15 A

Tabla 5. Especificaciones técnicas del regulador SmartSolar

Tener en cuenta que las especificaciones previamente vistas, sirven para este tipo en concreto de instalación de paneles solares por lo que se deberá investigar y adecuar los reguladores según el funcionamiento que se la vaya a dar en los diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos.

ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN ÓPTIMA DEL PANEL FOTOVOLTAICO

A la hora de establecer un sistema solar decente, el ángulo de inclinación y la orientación del sistema solar ya que influye tanto en su funcionalidad como en la capacidad del equipo para captar energía. La latitud y la longitud del lugar donde se instala el sistema solar, determinan la inclinación de los paneles para una mayor y mejor captación de dicha radiación. [19]

Definimos el ángulo de inclinación del panel solar con la siguiente ecuación.

$$\theta_{opt} = 3.7 + 0.69|\beta|$$

Ecuación 11. Ángulo de inclinación del panel

Donde:

- θ_{opt} : Inclinación óptima
- β : Latitud donde será instalado el sistema fotovoltaico

Se obtienen los datos necesarios desde Google Earth, para así poder determinar el ángulo de inclinación. La comuna La Masa 1, se encuentra ubicada:

LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
-2.3678024	-79.8557017	1.0478375

Tabla 6. *Coordenadas geográficas de ubicación del sistema*

Entonces:

$$\theta_{opt} = 3.7 + 0.69|2.3678|$$

$$\theta_{opt} = 5.33^\circ$$

Se debe tomar en cuenta para la instalación del sistema fotovoltaico un ángulo de inclinación de 5.33° , sin embargo, se toma la iniciativa de orientarlos a 15° para impedir la acumulación de partículas que se encuentran en el ambiente.

CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Los conductores están compuestos por un conductor y un aislante, y son los encargados de conducir la corriente eléctrica a las cargas o interconectan los elementos del sistema fotovoltaico. (citar) Existen varios tipos de conductores, se los detalla a continuación.

- **Cable TW.** – Este tipo de conductor es utilizado en edificios, áreas interiores, instalaciones fijas con ambientes secos o húmedos.
- **Cable THW.** – Estos cables se recomiendan utilizarlos ya sea en ambientes como mucha humedad o en ambientes donde existen altas temperaturas.
- **Cable mellizo.** – Son apropiados para su instalación en áreas no peligrosas como conductores de electrodomésticos estacionarios, lámparas colgantes o iluminación estacionaria. Suelen utilizarse en instalaciones eléctricas en zonas secas.

CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Para este procedimiento se debe tener en cuenta los siguientes tramos: panel solar – regulador de carga, regulador de carga – baterías, baterías – inversor, panel de distribución – inversor y por último las instalaciones internas del hogar. Para el dimensionamiento de los conductores es importante tener en cuenta la Tabla 310-16 National Electric Code para instalaciones eléctricas [20], y a su vez para este proyecto se tomará como referencia la tabla del catálogo de Electrocables de conductores tipo THW.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,30	20
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	25
10	5,261	1	0,76	4,11	57,72	35
8	8,37	1	1,14	5,54	95,99	50
8	8,37	7	1,14	5,98	102,04	50
6	13,3	7	1,52	7,70	164,86	65
4	21,15	7	1,52	8,92	246,27	85

Figura 8. Conductores de cobre THW – Electrocables [21]

CONDUCTOR PANEL SOLAR – REGULADOR DE CARGA

Para determinar el calibre del conductor se necesita la corriente máxima, la cual ya fue encontrada previamente con la ecuación 9, siendo la corriente máxima 10.02 A. Sin embargo, según la normativa del NEC, para calcular los conductores se debe dimensionar para que soporten más del 125% de la corriente máxima, por ello se usará un factor de 1.25.

$$I_{NEC} = I_{max} * 1.25$$

Donde:

I_{NEC} : Corriente requerida por la NEC

I_{max} : Corriente máxima

Entonces:

$$I_{NEC} = 10.02 * 1.25$$

$$I_{NEC} = 12.525 A$$

Según la Tabla 310-16 del NEC y la tabla de conductores de Electrocables se selecciona un conductor THW 12 AWG.

CONDUCTOR REGULADOR DE CARGA – BATERÍAS

Para poder determinar el conductor para este trayecto se deber tener en cuenta la corriente nominal del regulador de carga.

$$I_{NEC} = I_{nom-reg} * 1.25$$

Entonces:

$$I_{NEC} = 15 A * 1.25$$

$$I_{NEC} = 18.75 A$$

Según la Tabla 310-16 del NEC y la tabla de conductores de Electrocables se elige un conductor THW 12 AWG.

CONDUCTOR BATERÍAS – INVERSOR

Para determinar este conductor se debe tener en cuenta la tensión de la instalación y la potencia nominal del inversor seleccionado.

$$I_{NEC} = \frac{P_{nom-inv}}{V_{sist}}$$

Entonces:

$$I_{NEC} = \frac{300 W}{24 V}$$

$$I_{NEC} = 12.5 A * 1.25$$

$$I_{NEC} = 15.625 A$$

Según la Tabla 310-16 del NEC y la tabla de conductores de Electrocables se selecciona un conductor THW 12 AWG.

CONDUCTOR INVERSOR – PANEL DE DISTRIBUCIÓN

Para poder determinar el conductor para este trayecto es de vital importancia la potencia generada por el sistema fotovoltaico y la tensión de salida del inversor, por lo tanto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{NEC} = \frac{P_{Gen}}{V_{out-inv}}$$

En el sistema se tiene una potencia generada de 300 W, entonces:

$$I_{NEC} = \frac{300 W}{120 V}$$

$$I_{NEC} = 2.5 * 1.25$$

$$I_{NEC} = 3.125 A$$

Según la Tabla 310-16 del NEC y la tabla de conductores de Electrocables se selecciona un conductor THW 14 AWG.

CONDUCTOR PARA INSTALACIONES INTERNAS DE LA VIVIENDA

Para determinar el conductor se tomó en cuenta los lineamientos de la NEC, el cual indica que en circuitos de iluminación se debe utilizar conductor de cobre con una sección mínima de 2,5 mm^2 (14 AWG) y para tomacorrientes una sección mínima de 4 mm^2 (12 AWG) para fase y neutro. [20]

Para el proyecto se utilizó cable THW 14 AWG para los circuitos de iluminación y tomacorrientes.

SOFTWARE

El software es una aplicación diseñada para facilitar la realización de cualquier tipo de tarea en una computadora o cualquier dispositivo que la soporte. Al elegir nuestro software, lo basamos en la disponibilidad del equipo cargado en el sistema de software, así como la disponibilidad en nuestra región, según corresponda. [12]

SOFTWARE PVSYST

PVsyst es una herramienta de diseño inicial que se utiliza para evaluar la eficiencia y la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos, que son aquellos que convierten la luz solar en electricidad utilizable. Este software es diseñado desde cero como una herramienta invaluable para ingenieros, investigadores, educadores y arquitectos, PVsyst puede modelar sistemas solares fotovoltaicos de manera rápida y confiable en sus posibles formatos de implementación, creando descripciones generales completas, diagramas visuales y tablas de datos detalladas. Se pueden exportar y utilizar en cualquier momento.


AUTOCAD

Es un programa de diseño asistido por computadora para dibujos bidimensionales y tridimensionales. El software AutoCAD fue creado por la empresa Autodesk, que apareció por primera vez en 1982. AutoCAD es un software reconocido internacionalmente por poseer un sinnúmero de funciones de edición que le permiten dibujar planos digitalmente o recrear imágenes en 3D. AutoCAD está enfocado en hacer planos que utilizan los recursos tradicionales como, color, grosor de línea y textura, en el dibujo. Por ello los más utilizados, elegidos por arquitectos, ingenieros y diseñadores industriales. [22]

SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CON EL SOFTWARE PVSYST

Para iniciar con la simulación del sistema es importante ingresar los datos necesarios que requiere el software para ejecutarlo. Para esto se deberá iniciar localizando el sitio donde se realizó la instalación, en este caso la comuna La Masa 1 ubicada en el Golfo de Guayaquil, con el fin de descargar los datos de la ubicación geográfica y meteorológicos que se detallan a continuación en la siguiente figura.

Coordenadas geográficas

 Recorridos solares

	Decimal	Grad. Min. Seg.				
Latitud	<input type="text" value="-2.3467"/>	[°]	<input type="text" value="-2"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="48"/>	(+ = Norte, - = Hemisferio Sur)
Longitud	<input type="text" value="-79.8573"/>	[°]	<input type="text" value="-79"/>	<input type="text" value="51"/>	<input type="text" value="26"/>	(+ = Este, - = Oeste de Greenwich)
Altitud	<input type="text" value="16"/>	M por encima del nivel del mar				
Zona horaria	<input type="text" value="-5.0"/>	Corresponde a una diferencia promedio				
		Hora Legal - Hora Solar = 0h 19m				




Figura 9. Coordenadas geográficas La Masa 1

Fuente: Autores – PVsyst

Es importante recalcar que, al usar el programa se indique con exactitud la localización del terreno a ser estudiado debido a que se analizará el campo puntual donde se ingresen los valores para la simulación, dicha simulación servirá como base para poder proseguir con las demás etapas del proyecto, por lo que se debe tomar con seriedad cada paso de la simulación para luego obtener resultados precisos y fructíferos.

Para la simulación del proyecto se utilizó PVsyst programa el cual tanto como su accesibilidad e interfaz logran que el uso del mismo sea intuitivo y ventajoso frente a otros programas de su competencia. La información dada una vez ingresado los parámetros dictados por el programa es de suma exactitud y relevancia a la hora de llevarlo a la práctica profesional, por lo que lo convierte en una herramienta completa a la hora de hacer un análisis de producción de energía en sistemas fotovoltaicos, en el caso del proyecto un sistema aislado residencial pensado en implementar en la comuna La Masa 1.

	Irradiación horizontal global	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del viento	Humedad relativa
	kWh/m ² /mes	kWh/m ² /mes	°C	m/s	%
Enero	110.5	80.4	24.1	1.46	87.1
Febrero	131.3	73.7	24.6	1.47	86.6
Marzo	158.5	81.1	25.1	1.43	86.1
Abril	154.7	79.0	25.0	1.58	84.8
Mayo	136.8	79.8	24.3	1.68	83.9
Junio	130.2	75.0	22.9	1.86	82.8
Julio	143.2	71.4	22.5	2.16	82.6
Agosto	137.2	78.8	22.9	2.40	78.0
Septiembre	150.6	90.1	22.9	2.44	76.8
Octubre	160.2	89.6	23.2	2.66	76.5
Noviembre	159.3	78.0	23.9	2.74	75.8
Diciembre	160.2	78.0	25.0	2.09	78.5
Año	1732.7	954.9	23.9	2.0	81.6

Figura 10. Meteorología mensual de La Masa 1

Fuente: Autores - PVsyst

Una vez localizado el sector, se selecciona el apartado de orientación para poder insertar el ángulo de inclinación que requiere el panel solar, el mismo que es determinado con la ecuación 11. Para este sistema se especificó un ángulo de 15° para evitar el almacenamiento de partículas que genera el medio ambiente y porque es la inclinación recomendable.

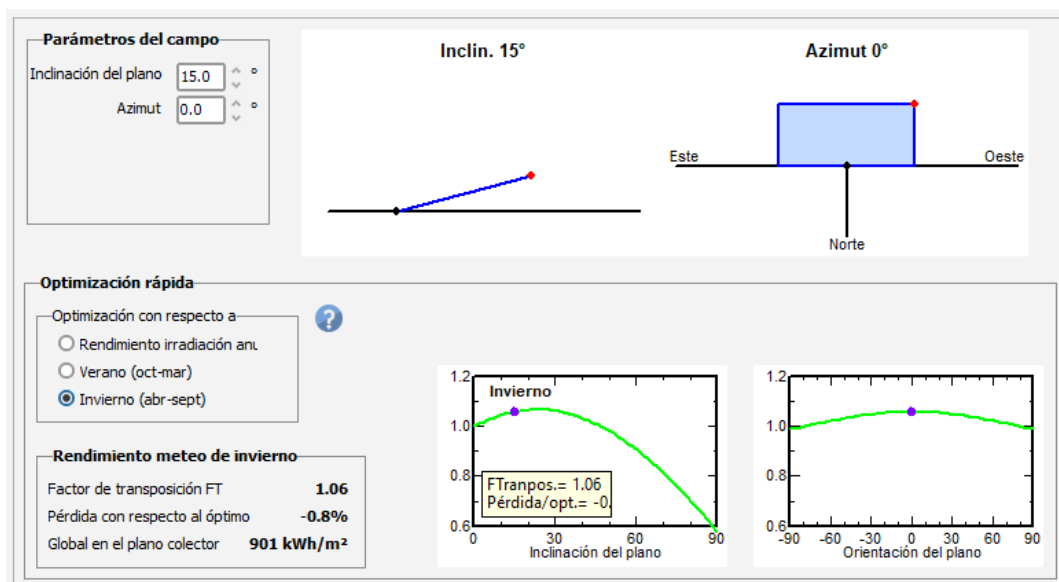


Figura 11. Inclinación del panel solar

Fuente: Autores - PVsyst

En la figura 9 se puede observar que se realizó una optimización con respecto al invierno debido a que en estas épocas es donde menos radiación se obtendría y generaría más pérdidas con respecto al verano, dando como resultado una pérdida del 0.8% y una recolección de potencia por metro cuadrado de 901 kWh/m^2 .

Finalmente se debe insertar los datos de las necesidades del usuario de la vivienda para esto se utilizan los datos de las cargas que poseen los habitantes en el domicilio, mismo que se encuentra en la *Tabla 1*. Para este dimensionamiento, solo se insertarán los datos de los focos LED, el teléfono y el ventilador, los cuales se detallan en la figura 10 dando como resultado una energía mensual de 10.4 kWh/mes .

Consumos diarios

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
3	Lámparas (LED o fluo)	5 W/lámpara	4.0 h/día	OK	60 Wh
1	TV / PC / móvil	15 W/apar.	3.0 h/día	OK	45 Wh
1	Ventilador	60 W/apar.	4.0 h/día	OK	240 Wh
0	Nevera / congelación profunda	0.00 kWh/día	0.0		0 Wh
0	Lavaplatos y lavadora	0.0 W prom	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		0 W tot	24 h/día		0 Wh
Energía diaria total					345 Wh/día
Energía mensual					10.4 kWh/mes

Info aparatos

Definición de consumo por

Años Estaciones Meses

Fin de semana o uso semanal

Usar solo durante

7 días en una semana

Figura 12. Consumos domésticos y horas de uso

Fuente: Autores - PVsyst

El programa permite ingresar la distribución de las horas de uso como se observa en la *figura 11*, donde se especifica los horarios en los que se conectan estas cargas, con el fin de poder determinar el mayor consumo diario, mismo que se da en los horarios desde las 20:00 a 21:00pm con un consumo por hora de 75W

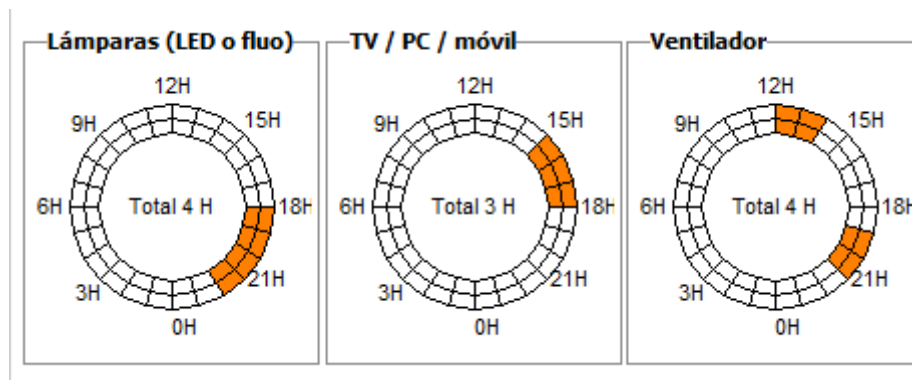


Figura 13. Distribución de horas

Fuente: Autores - PVsyst

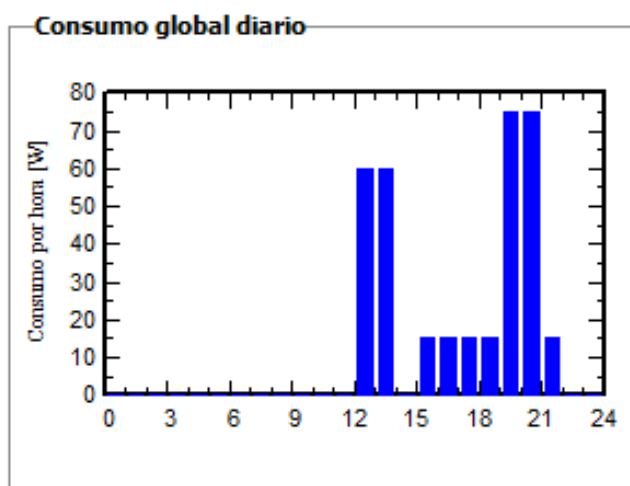


Figura 14. Demanda de energía por hora

Fuente: Autores – PVsyst

INFORME DE SIMULACIÓN EN PVSYS

En la *figura 13* se puede encontrar los datos generales de las baterías, paneles solares, controlador e inversor que requiere nuestro sistema. Además, se observa que los usuarios necesitarán un promedio de 0.3 kWh/día.

El regulador de carga de la simulación cuenta con las siguientes características:

- Modelo: SmartSolar MPPT 75/15 24V
- Tecnología: Convertidor MPPT
- Corriente máxima: 15 A

Se requerirán 2 baterías de 12V / 100Ah conectadas en serie, como se muestra a continuación.

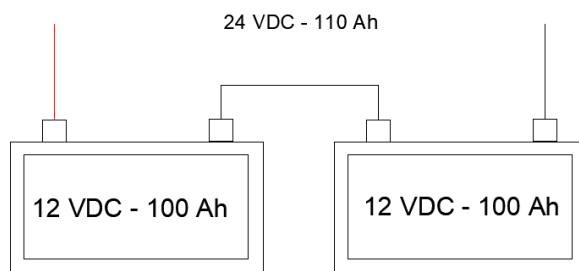


Figura 15. Conexión de baterías en serie

Fuente: Autores

Se ha verificado que los datos obtenidos en la simulación mantengan una amplia relación con los datos encontrados en el dimensionamiento del sistema realizado anteriormente, de este modo se certifica una buena evaluación del proyecto.

General parameters			
Standalone system		Standalone system with batteries	
PV Field Orientation		Sheds configuration	
Orientation		No 3D scene defined	
Fixed plane		Models used	
Tilt/Azimuth	15 / 0 °	Transposition	Perez
		Diffuse	Imported
		Circumsolar	separate
User's needs			
Daily household consumers			
Constant over the year			
Average	0.3 kWh/Day		
PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	JKMS 300M-72	Model	AcmeG 12V 100 F
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Unit Nom. Power	300 Wp	Nb. of units	2 in series
Number of PV modules	1 unit	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	300 Wp	Stored energy	2.0 kWh
Modules	1 String x 1 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	24 V
Pmpp	269 Wp	Nominal Capacity	100 Ah (C10)
U mpp	33 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	8.1 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	Battery voltage
Manufacturer	Generic	Charging	27.9 / 25.6 V
Model	SmartSolar MPPT 75/15 24V	Corresp. SOC	0.93 / 0.80
Technology	MPPT converter	Discharging	23.8 / 24.9 V
Temp coeff.	-2.7 mV/°C/Elem.	Corresp. SOC	0.20 / 0.50
Converter			
Maxi and EURO efficiencies	98.0 / 96.0 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	0.300 kWp		
Total	1 modules		
Module area	1.9 m ²		
Cell area	1.7 m ²		

Figura 16. Informe de características generales de la simulación

Fuente: Autores - PVsyst

En la *figura 14* se muestra que el sistema cuenta con una energía disponible de 405.22 kWh/año de las cuales solo 125.93 kWh/año de la energía es usada por el usuario, dando como resultado un exceso de energía de 265.41 kWh/año. Con esto, el usuario tiene la opción de conectar más aparatos al sistema, siempre y cuando se realice un estudio previo.

Main results			
System Production			
Available Energy	405.22 kWh/year	Performance Ratio PR	24.51 %
Used Energy	125.93 kWh/year	Solar Fraction SF	100.00 %
Excess (unused)	265.41 kWh/year		
Loss of Load			
Time Fraction	0.0 %	Battery aging (State of Wear)	
Missing Energy	0.00 kWh/year	Cycles SOW	94.1 %
		Static SOW	91.7 %

Figura 17. Principales resultados de la simulación

Fuente: Autores - PVsyst.

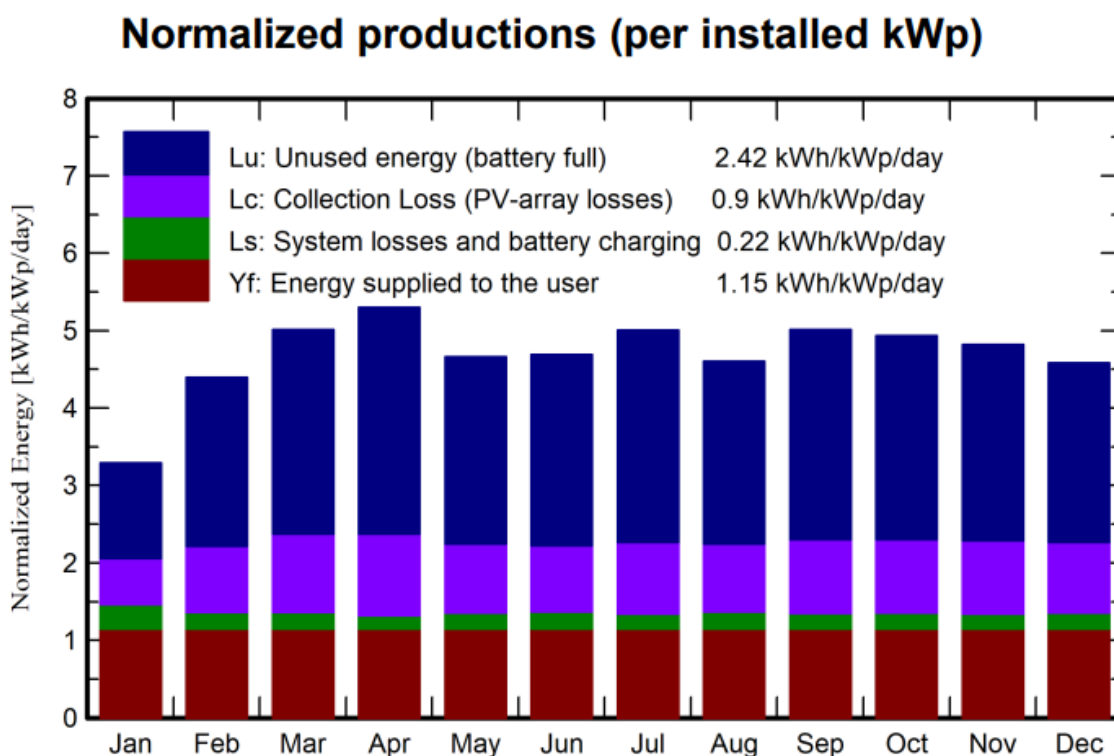


Figura 18. Producción normalizada (por kWh instalado)

Fuente: Autores - PVsyst.

En el diagrama de barras se observa que en el mes de abril existe mayor energía no utilizada por los usuarios cuando las baterías están cargadas, mientras que en el mes de enero la energía que no se utiliza es mínima.

En la siguiente figura se puede encontrar varios datos importantes que se describen a continuación:

- Diciembre y octubre presentan mayor irradiación global, con un valor de 160.2 kWh/m².
- En el mes de abril se tendrá mayor energía solar disponible con 37.50 kWh, no obstante, en el mes de enero habrá 24.02 kWh siendo este el mes que producirá menor energía solar.
- Abril al ser el mes que presenta más energía disponible, será el mes que presenta mayor energía no utilizada, con una potencia de 26.28 kWh.
- La energía suministrada al usuario y la requerida por éste mismo anualmente será de 125.93 kWh.

Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	110.5	95.4	24.02	11.45	0.000	10.70	10.70	1.000
February	131.3	115.6	29.01	18.26	0.000	9.66	9.66	1.000
March	158.5	146.9	36.44	24.54	0.000	10.70	10.70	1.000
April	154.7	150.8	37.50	26.28	0.000	10.35	10.35	1.000
May	136.8	136.9	34.35	22.47	0.000	10.70	10.70	1.000
June	130.2	133.0	33.71	22.17	0.000	10.35	10.35	1.000
July	143.2	146.8	37.05	25.39	0.000	10.70	10.70	1.000
August	137.2	134.9	33.72	21.90	0.000	10.70	10.70	1.000
September	150.6	142.0	35.77	24.33	0.000	10.35	10.35	1.000
October	160.2	144.2	36.36	24.43	0.000	10.70	10.70	1.000
November	159.3	135.4	34.07	22.70	0.000	10.35	10.35	1.000
December	160.2	132.4	33.23	21.49	0.000	10.70	10.70	1.000
Year	1732.6	1614.3	405.22	265.41	0.000	125.93	125.93	1.000

Figura 19. Resultados equilibrados y principales

Fuente: Autores – PVsyst

A continuación, se observa en la *figura 16* el diagrama de pérdidas de nuestro sistema, tomando en cuenta la gráfica podemos realizar un análisis de los puntos importantes.

- Se obtiene un 6.44% de pérdida del convertidor durante su funcionamiento.
- Pérdida de eficiencia en la batería del 5.49%.
- Pérdida fotovoltaica debido al nivel de irradiancia del 0.62%.
- Pérdida fotovoltaica del 9.99% debido al nivel de temperatura.

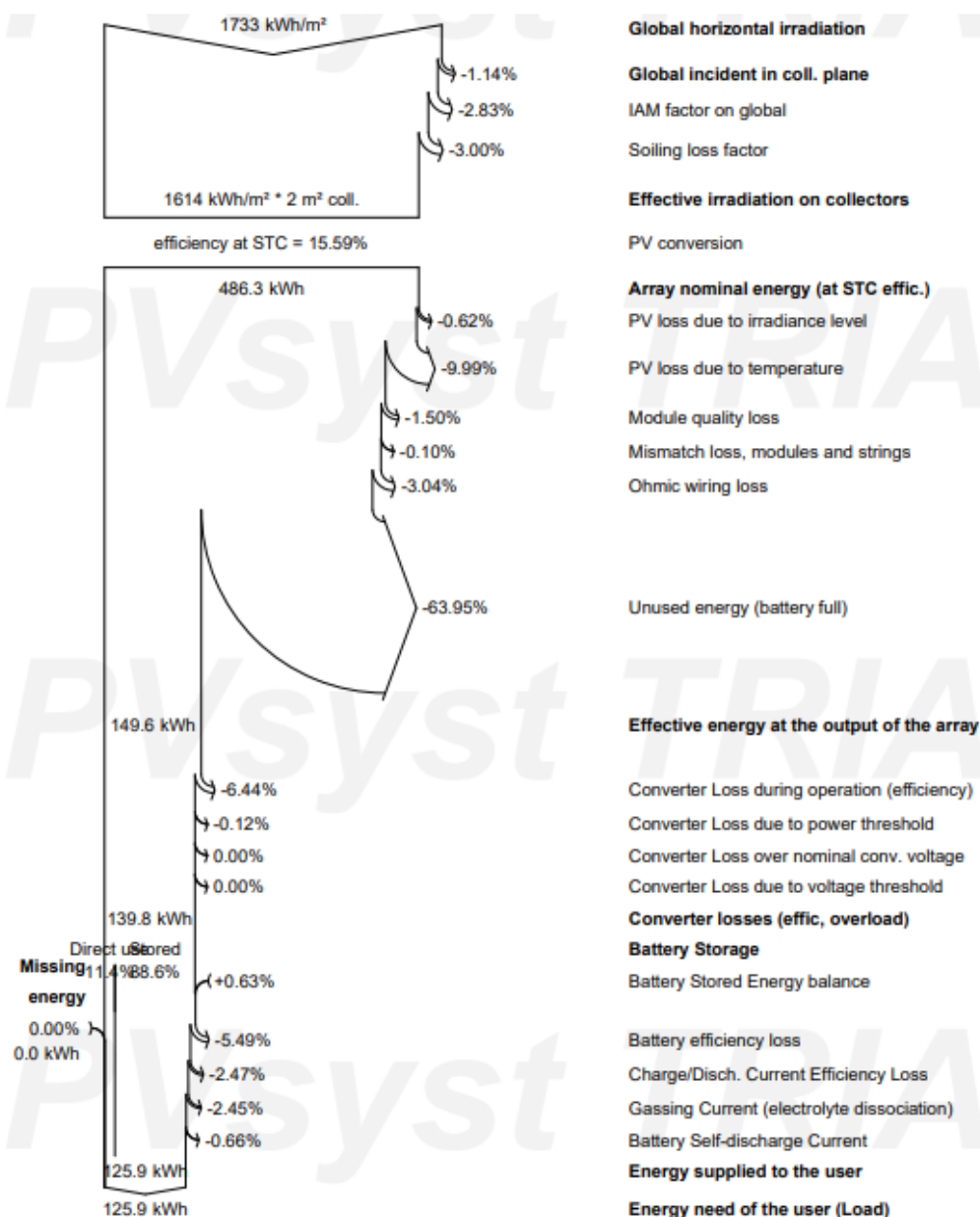


Figura 20. Diagrama de pérdidas en la instalación

Fuente: Autores – PVsyst

ESQUEMA ELÉCTRICO PVSYST

En base a los datos ingresados en el proyecto, existe un diagrama unifilar desarrollado por el simulador PVsyst, donde se observa detalladamente cómo se conectan los componentes eléctricos del sistema solar independientes o aislados.

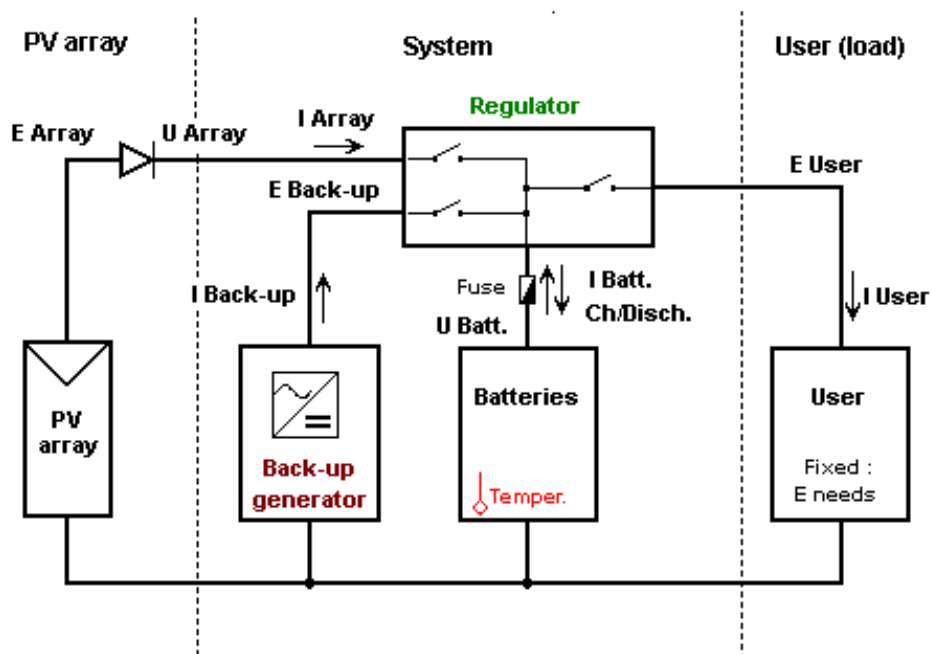


Figura 21. Diseño del sistema aislado PVsyst

Fuente: Autores - PVsyst

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

A continuación, se detallará con precisión los pasos realizados para la cimentación, montaje, cálculo de la estructura y resultados obtenidos al momento de ejecutar e implementar en la comuna de La Masa 1, la estructura base cimentada cuyo propósito es soportar de manera adecuada el panel solar.

DISEÑO Y MONTAJE DE LA BASE PARA PANELES SOLARES

En este apartado se dará paso al diseño de la estructura base la cual sostendrá los paneles solares. La cimentación es la base donde se distribuyen las cargas del artefacto a dar soporte, en este caso en concreto los paneles del sistema solar fotovoltaico. Para ello se realizó un estudio con el cual llegar a determinar el tipo de terreno donde se va a implantar la base, seguidamente

ubicar la zona exacta o delimitar métricamente y demarcar el distrito donde se montará la estructura, teniendo en cuenta posibles colapsos o pérdidas del material adquirido y tomar las respectivas medidas de control durante la ejecución de la obra.

DISEÑO ZAPATAS AISLADAS Y PILAR

Para evitar las tensiones de contacto excesivas, conocidas como citación del suelo que se desarrollan en una zapata de un pilar límite, se utilizan zapatas aisladas. Las cargas axiales, los momentos y los cizallamientos deben soportarse en la zapata o en la cabeza del pilote, por lo que las zapatas deben construirse para resistir estas importantes cargas aplicadas y las reacciones producidas. [23]

CLASIFICACIÓN DE ZAPATA AISLADA

Existen zapatas rígidas o ligeramente deformables y zapatas flexibles, que se diferencian por la relación entre el borde y el vuelo o longitud libre máxima. Existen tres tipos de zapatas: zapatas centradas, zapatas medias o excéntricas y zapatas de esquina, cada diferente tipo de pilar será utilizado según donde se produzca el esfuerzo vertical geométrico de la zapata. [24]



Figura 22. Tipos de zapatas aisladas

Fuente: V. Sánchez, A. Jazmín

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

La base, el lado y la altura caracterizan las zapatas. El área de cimentación (A_f) de la zapata será igual a la base (B) multiplicada por el lado de la zapata si la columna es cuadrada, es decir, si las dimensiones son idénticas. (L). [23]

$$A_f = B * L$$

Ecuación 12. Ecuación de área de fundación.

Donde:

- Af: Área de fundación
- B: Base de la zapata
- L: Lado de la zapata

En las zapatas cuadradas el lado de la zapata (L), es igual a la base de la zapata (B).

$$L = K * B$$

Ecuación 13. Lado de la zapata.

Donde:

- L: Lado de la zapata
- B: Base de la zapata
- K: Coeficiente para zapatas

k = 1 (Cimentaciones cuadradas)

k = 1.5 (Cimentaciones rectangulares)

En la imagen que se muestra a continuación se detalla lo siguiente:

- Zapata cuadrada (lado x lado) 1m de ancho por 1 metro de largo.
- Pilar de altura X.
- Perspectiva esquemática del pilar y la zapata.
- Perspectiva del armado de la zapata.
- Vista de la plata de la zapata (Armado inferior de la zapata – Armado de arranque del pilar).

Diseño realizado en AutoCAD.

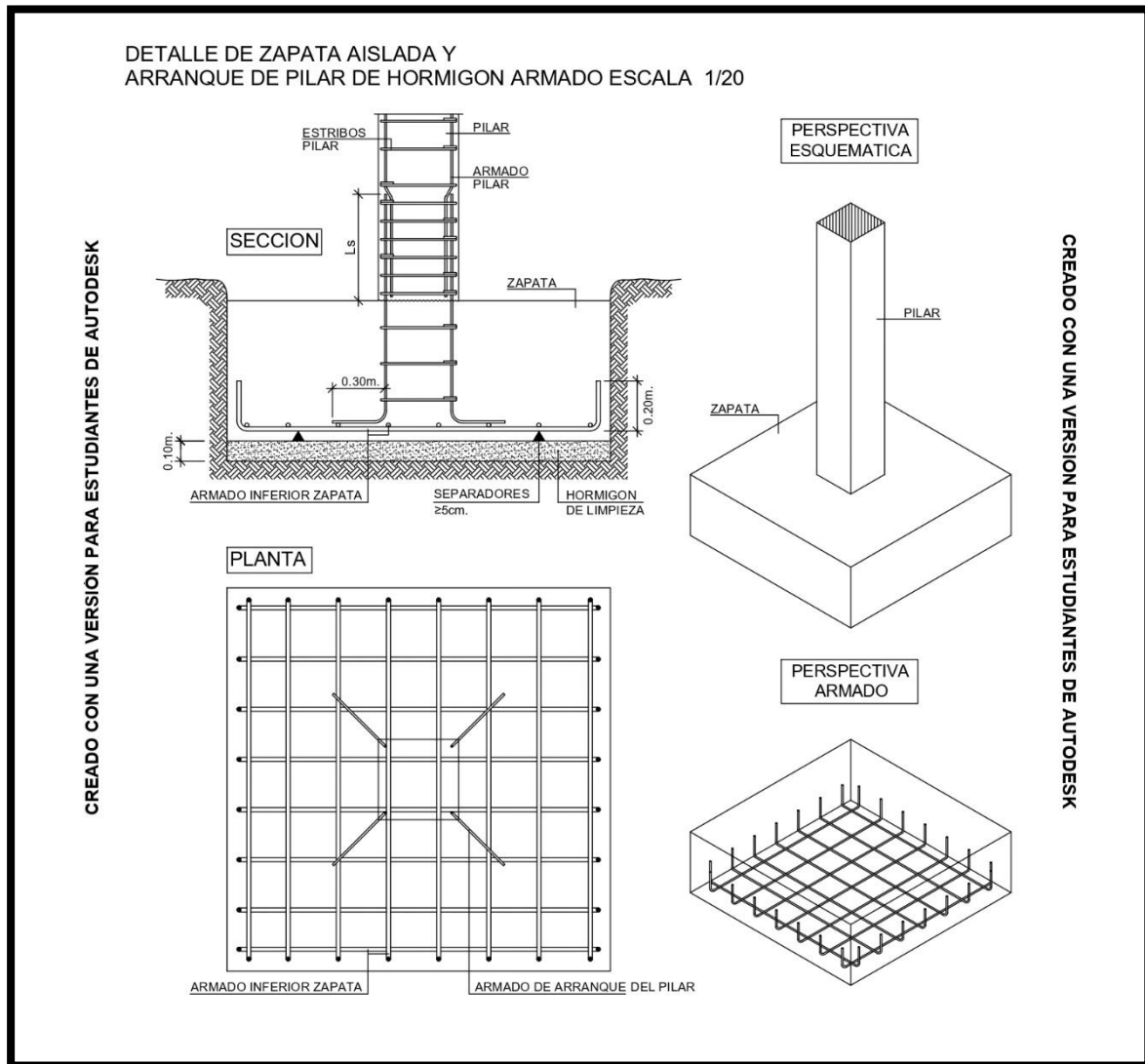


Figura 23. Diseño de zapata aislada y pilar de hormigo

Fuente: Autores - AutoCAD

Para la implementación de los paneles solares, se construyó una base (zapata y pilar) como se muestra a continuación.

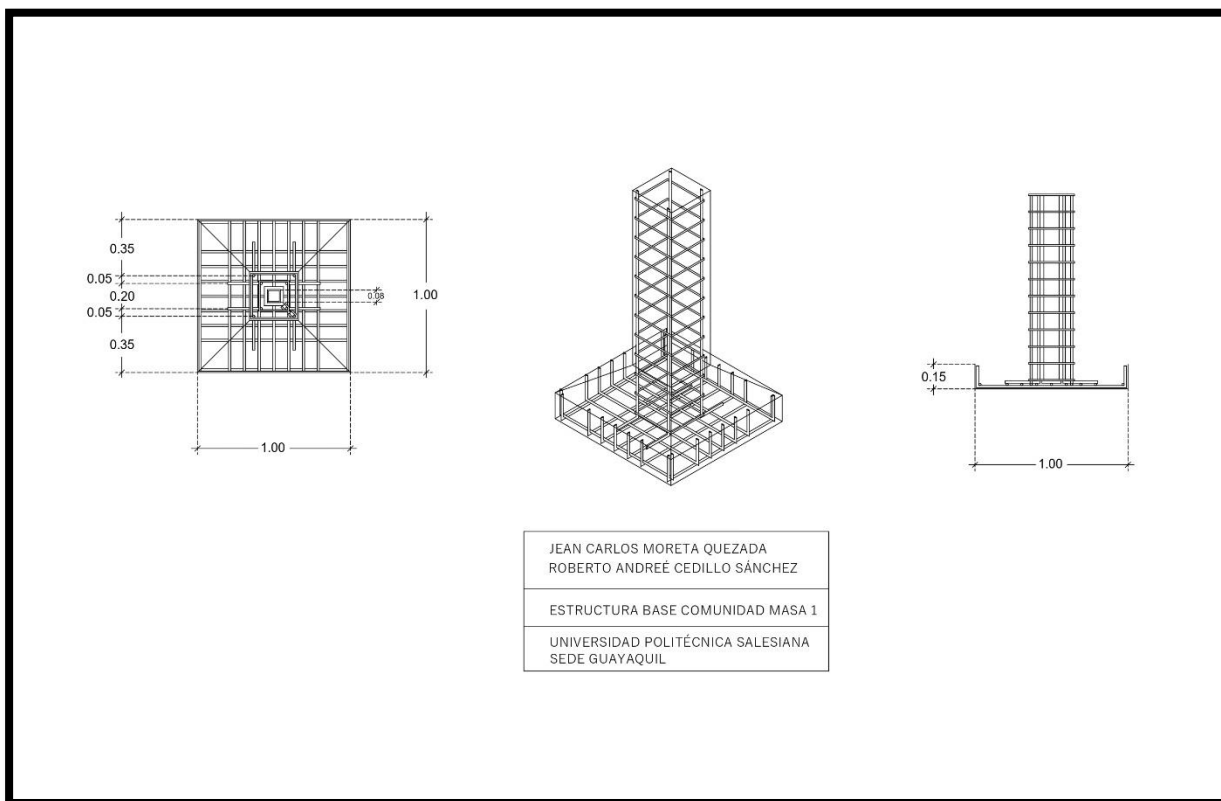


Figura 24. Base zapata y pilar

Fuente: Autores - AutoCAD

MONTAJE DE LAS BASES DE PANELES SOLARES

Para la realización de este procedimiento el alumnado dividió el desarrollo de la actividad en diversas etapas, comenzando con la limpieza del terreno, seguidamente se procedió a la nivelación y perfilado, para luego de esto hacer el trazo o marcación que ocupará el encofrado, una vez realizado con éxito las diversas etapas se procede a la excavación de 150 cm de profundidad y 100 cm de ancho, para posteriormente realizar la colocación de las parrillas junto a la columna o pilar a implementar en el terreno junto con piedras de gran tamaño como base y alrededor de la columna para lograr una mayor estabilidad y durabilidad.



Figura 25. Construcción de las bases del panel solar

Una mala práctica o mala cimentación de la estructura provocaría el derribamiento inmediato del montaje empleado frente a la mínima situación adversa climática, este tipo de estructuras cuenta con cierta deformabilidad que induce el absorbimiento de cargas o trabajo por el peso del panel, en cuanto alcance el tope de resistividad la estructura se verá afectada si los cálculos fueron desarrollados de manera errónea. Es por ello que para este rubro se calculó teniendo en cuenta todos los factores que puedan influir de mala manera a la base a implementar, desde causantes climáticos hasta la deformabilidad de la estructura por el paso del tiempo.



Figura 26. Ubicación de la base del panel solar para la vivienda

Fuente: Autores – Google Earth

Para la implementación de la zapata/pilar que sostendrá el panel solar, se realizó un estudio el cual benefició a cada una de las casas con la ubicación de las 4 zapatas implementadas en la comuna de La Masa 1. Para esto la vivienda #4, #7, #8 y #9 se suministrarán energía del cimiento #2.



Figura 27. Distancia y ubicación de la base del panel

Fuente: Autores

De manera óptima y eficiente se logró dar con las medidas que distribuyan de manera correcta la energía eléctrica para las casas previamente mencionadas. Para la vivienda #8 se obtuvo una distancia de 15 metros, lo cual mediante los cálculos realizados (página 54 - 57) en la simulación, entra dentro de los parámetros asequibles para una correcta distribución de energía eléctrica la cual permita al usuario de la residencia poder dar un uso apropiado sin riesgo a una posible desconexión que perjudique al equipo, así mismo la cimentación fue delimitada (página 54 - 57) dentro de una zona la cual fue intervenida y analizada bajo diferentes escenarios climáticos los cuales puedan ocasionar algún daño y por consecuencia dejar sin electricidad a la familia de la vivienda, por lo que bajo estos términos se asegura en base a los análisis realizados que la vivienda goce de energía sin peligro alguno.

Es importante realizar una excavación profunda con el fin de que las bases queden seguras y compactas, de modo que al subir la marea éstas permanezcan estables sin provocar algún tipo de percance. Para esta construcción se utilizó los siguientes materiales:

No.	MATERIALES	CANTIDAD
1	Varillas 12x12	2
2	Varillas 8x12	1
3	Tablas 50	5
4	Tiras	4
5	Lb de clavo 2"	1
6	Rollo de alambre	1
7	Metro arena	1
8	Metro de piedra $\frac{3}{4}$	1
9	Metro de ripio	2
10	Saco de cemento	4
11	Galón Sika secante	1

Tabla 7. Materiales para la construcción de bases de los paneles

DISEÑO Y MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA

DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Para el diseño eléctrico de la vivienda consultamos con sus moradores el sitio donde desean colocar sus puntos de luz y tomacorrientes, teniendo en cuenta que al ser un sector húmedo y sus viviendas son de madera existen filtraciones de agua en algunas de sus paredes. Con la información obtenida se logró determinar los puntos de iluminación y tomacorriente, además del sitio donde será instalada la caja de distribución.

En la figura 24 se puede analizar el plano eléctrico de la vivienda elaborado en AutoCAD, donde se observa la distribución de las luces LED y tomacorrientes para la residencia, a su vez la ubicación del panel de distribución. Asimismo, en la figura se encuentra el diagrama unifilar donde se observa el esquema gráfico de los equipos, aparatos y elementos que integran la instalación eléctrica o parte de ella. El dibujo contiene toda la información técnica, así como las conexiones de nuestros componentes del sistema solar, calibre de cable para las interconexiones de los aparatos y las protecciones para el circuito de iluminación y tomacorrientes.

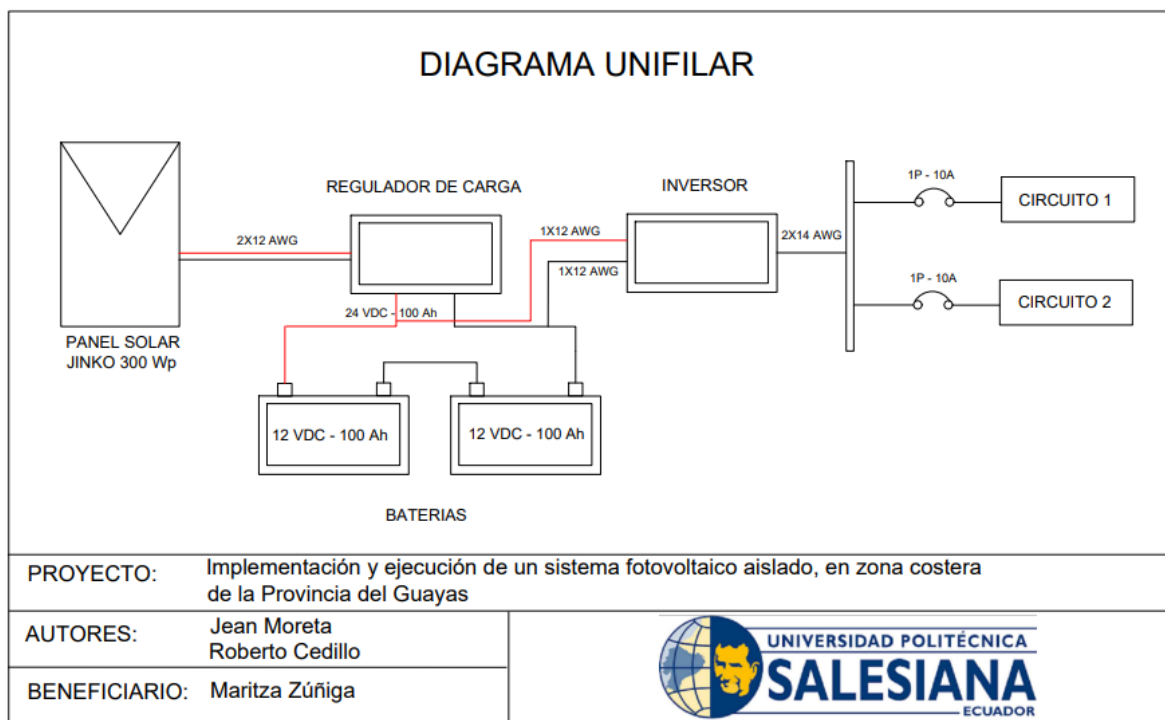


Figura 28. Diagrama unifilar de la vivienda

Fuente: Autores - AutoCAD

puntos de tomacorrientes, mismos que fueron fijados en el techo de la vivienda con grapas de ½” para lograr una mayor estabilidad.

- Distribución de cableado eléctrico #14 AWG para toda la vivienda.
- Se realizo las conexiones correspondientes para los tomacorrientes y los puntos de iluminación, para éste, se utilizó boquillas de rosetón plástico para después colocar los respectivos focos LED en cada una de las boquillas.
- Como punto final se procedió con la instalación del panel de distribución, debido a que la instalación tiene un circuito independiente para iluminación y tomacorrientes se necesitaron dos breakers de 10 A marca Schneider.



Figura 30. Instalación eléctrica de la vivienda

Para facilitar el trabajo del montaje, cada grupo de estudiantes diseñó los planos eléctricos de la casa a trabajar, por lo que gracias a la coordinación de los grupos inmersos en el proyecto se logró realizar la instalación eléctrica de cada una de las viviendas de una manera rápida y sencilla, evitando problemas que podrían aparecer si el alumnado hubiera ido sin fundamentos/organización a realizar dicha instalación.

Para la instalación se requirió los siguientes materiales:

No.	MATERIALES	CANTIDAD
1	Foco LED RCA	3
2	Tomacorriente	2
3	100 m Cable flexible THW #14 AWG	1
4	Tubo PVC ½ “	6
5	Caja rectangular	3
6	Caja octogonal	4
7	Interruptor doble	1
8	Tornillos tripa de pato	30
9	Codo PVC ½ “	5
10	Panel de breaker MAVIJU	1
11	Breaker Schneider	2
12	Grapa ½”	10
13	Conectores PVC ½”	15
14	Boquillas de rosetón plástico	3
15	Pelacables STANLEY	1
16	Destornillador plano y estrella	1
17	Playo y Alicata	1
18	Sierra	1
19	Cortafrío	1
20	Escalera metálica	1

Tabla 8. Materiales para instalación eléctrica interna del domicilio

DISEÑO DE SILLA PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Estos asientos metálicos han sido diseñados específicamente para este tipo sistema fotovoltaico, el cual permite montar las baterías de forma sencilla, rápida y lógica.

Para el diseño y adaptaciones o modificaciones empleadas en el asiento metálico se utilizó el programa de AutoCAD, el cual permitió realizar de manera eficaz el montaje de las baterías e inversor en una sola estructura sólida y de fácil manipulación.

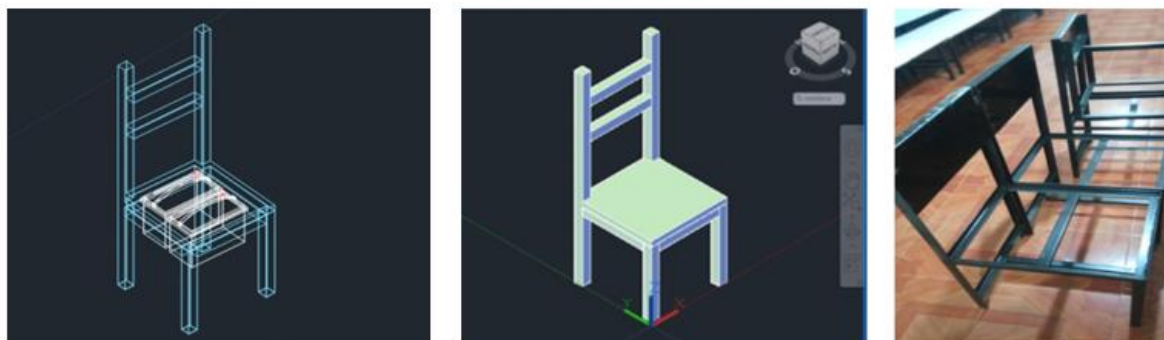


Figura 31. Diseño de silla para componentes del sistema

Fuente: Autores – AutoCAD

Para fijar los diferentes elementos correspondientes al sistema fotovoltaico (baterías, inversor y controlador) se fijó a la estructura metálica mediante pernos y tuercas en el espaldar de la silla, lo cual permitirá realizar las conexiones y facilitar el montaje del sistema.

RESULTADOS

CÁLCULO DE AHORRO EN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Se debe tener en cuenta la potencia pico Wp del panel solar seleccionado y las horas sol pico HSP de la zona de instalación, en la tabla 2 se eligió la HSP más baja que es 2.98 siendo este el peor de los casos. Teniendo en cuenta estos datos se determina que el panel puede generar una energía de 894 Wh/día o 26.82 kWh/mes.

Es importante saber el costo de energía eléctrica en el Ecuador, para ello, la ARCERNNR, mediante Resolución ARCERNNR-009/2022 de fecha 14 de abril de 2022, determinó que la tarifa promedio nacional por servicios eléctricos se mantendrá en 9,2 (centavos/kWh), misma que no ha cambiado desde 2020.

Entonces:

$$26.82 \frac{kWh}{mes} * 0.092 \frac{\$}{kWh} = 2.46 = 2.5 \text{ dólares/mes}$$

$$2.5 \frac{\text{dólares}}{mes} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 30 \text{ dólares/año}$$

Teniendo en cuenta que el panel solar Jinko tiene una vida útil de 25 años, se evalúa el ahorro en ese tiempo mencionado, entonces como se observa en la tabla se tendrá un ahorro de 750 dólares.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	25
Ahorro (dólares)	30	60	90	120	150	180	210	240	750

Tabla 9. Ahorro en el sistema fotovoltaico

Fuente: Autores

AHORRO POR EVITAR COMPRA DE COMBUSTIBLE

Los datos recolectados en la visita técnica sirven para determinar los gastos económicos que presentaban cada una de las familias para mantener en funcionamiento el generador eléctrico, dado que el generador era compartido para varias familias, consecuentemente los gastos también eran compartidos. A continuación, se muestra la tabla con los gastos que presentaban por vivienda:

GASTOS MENSUALES PARA FUNCIONAMIENTO DE GENERADOR ELECTRICO					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Diésel	7	Galón	\$ 1.75	\$ 12.25
2	Aceite para motor	1	Litro	\$ 6.00	\$ 6.00
3	Mantenimiento básico	1	Unidad	\$ 5.00	\$ 5.00
AHORRO TOTAL					\$ 23.25

Tabla 10. Ahorro por compra de combustible

Fuente: Autores

Mediante un análisis costo-beneficio se pudo determinar que es altamente factible la implementación de un sistema solar fotovoltaico aislado, el cual ayude a la reducción de costos de las familias quienes usan un generador eléctrico a base de diésel que como ya se ha visto y analizado con anterioridad, el mantenimiento a pleno de este tipo de generadores eléctricos a base de combustible fósil es costoso y perjudicial para el medio ambiente.

CRONOGRAMA

No	Actividades	Día	Hora	Duración
1	Reunión presencial con Ing. Gary Ampuño	19 de agosto	20H00 a 22H00	2H
2	Primera visita a La Masa 1	28 de agosto	07H00 a 14H00	7H
3	Censo de población y viviendas	28 de agosto	07H00 a 11H00	4H
4	Estudio del suelo para la construcción de la base de paneles	28 de agosto	11H00 a 14H00	3H
5	Cálculo de número y tamaño del panel solar a utilizar	29 de agosto	07H00 a 14H00	7H
6	Cálculo de baterías	30 de agosto	07H00 a 14H00	7H
7	Diseño del sistema fotovoltaico mediante PVSYST	13 de septiembre	07H00 a 14H00	7H
8	Simulación y análisis del sistema mediante PVSYST	14 de septiembre	07H00 a 14H00	7H
9	Cotización de materiales de construcción para bases.	19 de septiembre	15H00 a 17H00	2H
10	Reunión vía zoom con Ing. Gary Ampuño.	26 de septiembre	20H00 a 21H00	1H
11	Adquisición de los materiales de construcción.	29 de septiembre	16H00 a 18H00	2H
12	Traslado del material a la comuna	30 de septiembre	13H00 a 16H00	3H
13	Segunda visita a La Masa 1	01 de octubre	07H00 a 14H00	7H
14	Estudio de localización de los paneles solares	01 de octubre	07H00 a 14H00	7H
15	Tercera visita a La Masa 1	07 de octubre	07H00 a 14H00	7H
16	Construcción de base de concreto para los paneles solares	07 de octubre	07H00 a 10H00	3H
17	Instalación de soporte para los paneles solares	07 de octubre	10H00 a 12H00	2H

18	Reunión vía zoom con Ing. Gary Ampuño	28 de octubre	20H00 a 21H00	1H
19	Cotización de materiales eléctricos para la vivienda	6 de enero	15H00 a 17H00	2H
20	Adquisición de materiales eléctricos	13 de enero	16H00 a 17H00	1H
21	Cuarta visita a La Masa 1	14 de enero	08H00 a 14H00	7H
22	Conexiones eléctricas de la vivienda	14 de enero	08H00 a 14H00	7H
23	Reunión vía zoom con Ing. Gary Ampuño	20 de enero	20H00 a 21H00	1H
24	Quinta visita a La Masa 1	28 de enero	08H00 a 16H00	7H
25	Finalización de conexiones eléctricas de la vivienda	28 de enero	08H00 a 16H00	7H

Tabla 11. Cronograma de actividades

PRESUPUESTO

No.	Material	Cantidad	V. Unitario (dólares)	V. Total (dólares)
1	Foco LED RCA	3	0.80	2.40
2	Tomacorriente	2	1.20	2.40
3	100 m Cable flexible THW #14 AWG	1	24.00	24.00
4	Tubo PVC ½ “	6	0.90	5.40
5	Caja rectangular	3	0.50	1.50
6	Caja octogonal	4	0.50	2.00
7	Interruptor doble	1	2.50	2.50
8	Tornillos tripa de pato	30	0.035	1.05
9	Codo PVC ½ “	5	0.13	1.95
10	Panel de breaker MAVIJU	1	10.00	10.00
11	Breaker Schneider	2	4.50	9.00

12	Grapa ½"	10	0.10	1.00
13	Conectores PVC ½"	15	0.15	2.25
14	Boquillas de rosetón plástico	3	0.75	2.25
15	Cinta aislante	1	1.00	1.00
16	Varillas 12x12	2	13.00	26.00
17	Varillas 8x12	1	6.00	6.00
18	Tablas 50	5	4.50	22.50
19	Tiras	4	2.00	8.00
20	Lb de clavo 2"	1	1.25	1.25
21	Rollo de alambre	1	1.00	1.00
22	Metro arena	1	9.00	9.00
23	Metro de piedra ¾	1	13.00	13.00
24	Metro de ripio	2	11.00	22.00
25	Saco de cemento	3	8.75	26.25
26	Galón Sika secante	1	15.00	15.00
27	Plancha de 25x25cm	2	4.75	9.50
28	Pernos, tuercas y anillos 5/16x5	4	1.87	7.50
29	Gabarra	1	64.00	64.00
30	Mano de obra maestro	1	53.00	53.00
31	Transporte	5	5.00	25.00
GASTOS TOTALES				377.70

Tabla 12. Presupuesto general

CONCLUSIONES

- En este proyecto se estableció el cálculo y diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado residencial para la comuna La Masa 1, el cual baso su funcionamiento en un sistema eco-amigable. La implementación de la energía solar fotovoltaica en sectores que no están conectados a la red eléctrica pública mejorará la calidad de vida de sus habitantes, y a su vez reemplazará las fuentes de energía de combustibles fósiles reduciendo los impactos hacia el medio ambiente.
- El uso de herramientas como el PVsyst y el AutoCAD son de gran importancia debido a que mediante el uso del software PVsyst se permitió obtener un informe general con los datos de los componentes del sistema fotovoltaico, datos de rendimiento y pérdidas anuales, mientras que AutoCAD permitió diseñar planos eléctricos, bases y estructuras del panel y batería, y finalmente el diagrama unifilar para obtener información de manera más detallada.
- Mediante el análisis de diversos tipos y cálculos de cimentaciones, se logró diseñar una estructura firme y sólida, misma que opone una obstrucción a los factores climáticos del día a día que puedan presentarse a lo largo de la durabilidad de dicha estructura en la comuna La Masa 1. Para la correcta elaboración de la zapata se tomó en cuenta factores como el dimensionamiento de las cimentaciones, las cargas que soportan, la resistencia a la compresión del material y la presión admisible sobre el terreno.

RECOMENDACIONES

- Realizar encuestas para determinar el número de viviendas y familias que habitan en la comuna, como también obtener información sobre las cargas que poseen y las que deseen agregar una vez que este instalado el sistema fotovoltaico. Todo esto con el fin de lograr un buen dimensionamiento y cumplir con la demanda requerida.
- Se recomienda capacitar a todos los de la comunidad sobre el funcionamiento del sistema solar para evitar futuras fallas por sobrecarga o funcionamiento de los equipos instalados.
- Realizar mantenimiento de cada uno de los componentes electrónicos y de las estructuras metálicas, debido a que al ser un sector húmedo puede existir oxidación en alguno de las estructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] B. Ministerio de Energía y Minas, IIGE, “01-CAPÍTULO-01BEN-2020-Web-17-46,” 2020, [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/01-CAPÍTULO-01BEN-2020-Web-17-46.pdf>
- [2] E. Samaniego, “CAPÍTULO 3 ZONA DE ESTUDIO. 3.1 Delimitación de la zona de estudio,” 2018, [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5234/3/8719.pdf>
- [3] M. Ramírez, M. Samira, V. Almeida, and D. Sebastián, *Implementación de un sistema fotovoltaico para residencias, en la comuna masa 2*. 2022.
- [4] E. Santiago, V. Tapia, L. Enrique, and A. Tello, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil Proyecto De Titulación Previo a La Obtención De : Ingeniero Eléctrico Carrera : Ingeniería Eléctrica Tema : 2 , Golfo De Guayaquil Autoría : Director Del Proyecto De Titulación : Octubre 2020 Guayaquil – Ec,” 2020, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19525>
- [5] 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.
- [6] G. L. Guerrero Santana and K. D. Catagua Mera, “Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovable para la Comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil,” *Univ. Politec. Sales.*, 2121, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19744>
- [7] V. F. Hidalgo William, Vasquez Paco; Carillo Guido, *Energía Renovable*.
- [8] G. E. D. E. E. Nergía and E. L. Con, “Generación de Energía eléctrica con fuentes renovables,” 2009.
- [9] P. EnDev/GIZ and Coordinación, “Manual de Instalación de un Sistema Fotovoltaico Domiciliario,” *Sensico*, vol. 1, p. 48, 2013, [Online]. Available: file:///C:/Users/ACER/Downloads/MANUAL_DE_INSTALACION_DE_SISTEMAS_FOTOVOLTAICOS.pdf

- [10] R. Buitrago, “La Energía del Sol,” *ConCiencia*, no. 14, pp. 8–9, 2005, doi: 10.14409/cc.v1i14.2184.
- [11] Y. Zamrodah, *Energia solar fotovoltaica*, vol. 15, no. 2. 2016.
- [12] F. A. Aguirre Coello and H. D. Alarcón Loor, *Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de ingeniero electrónico*. 2015. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10427/1/UPS-GT001502.pdf>
- [13] N. Rosario, F. Rivera, M. Ángel, D. Ramírez, and R. Ramírez Bon, “Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio.”
- [14] T. Días and G. Carmona, “Componentes de una instalación solar fotovoltaica 1,” p. 22, 2020, [Online]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- [15] T. sobre paneles fotovoltaicos and TFV - Solar, *Paneles fotovoltaicos*, vol. 53, no. 9. 2013. [Online]. Available: <https://goo.gl/OdsI7K%5Cnhttp://www.textoscientificos.com/energia/paneles-fotovoltaicos%5CnHttp://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/>
- [16] G. D. E. C. Serie and P. Y. S. Paralelo, “Guía de conexión serie, paralelo y serie – paralelo •,” vol. 4, no. figura 2, pp. 2–6.
- [17] J. Camilo Pérez Álvarez, “GUÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS Y APLICACIÓN DE LA RESOLUCIÓN CREG 030 DE 2018 PARA INYECTAR EXCEDENTES DE ENERGÍA A LA RED,” 2019.
- [18] “ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Corporación para la Investigación Energética.”
- [19] A. Cristian David Petrel Higueta and C. David Petrel Higueta, “DISEÑO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO E INDIVIDUAL EN EL CORREGIMIENTO BOCAS DEL ATRATO-TURBO.”

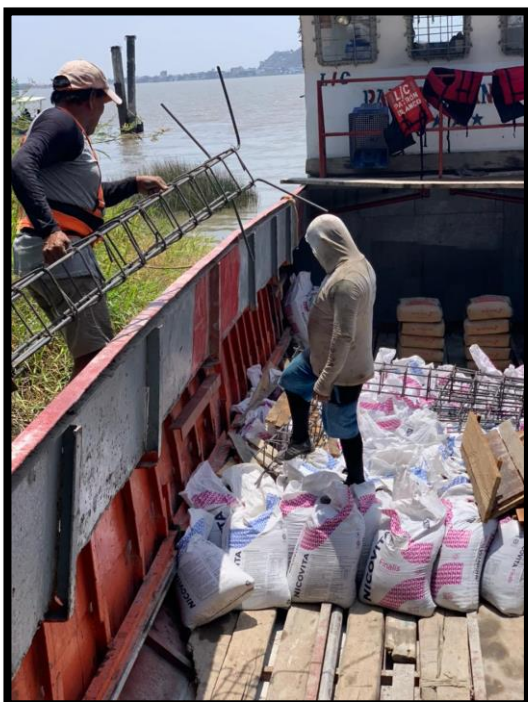
- [20] M. Iza, M. Franklin, C. Parra, and et all, “Norma Ecuatoriana de la Construcción: Instalaciones Eléctricas,” *Minist. Desarro. Urbano y Vivienda*, p. 25, 2018, [Online]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>
- [21] ElectroCables, “Conductor de cobre para 0 . 6 kV aislado con policloruro de vinilo (PVC) 60 ° C resistente a la,” no. 593, pp. 2–3.
- [22] F. Díaz and D. E. L. Castillo, “Autocad V2012,” 2015, [Online]. Available: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m9/Manual_basico_Autocad_2012.pdf
- [23] D. Ingeniero Civil, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MODALIDAD: PRESENCIAL TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO.”
- [24] V. Sanchez and A. Jazmin, “FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MACHALA 2020.”

ANEXOS

Anexo 1. Vivienda de la Señora Maritza Zúñiga



Anexo 2. Embarque de materiales de construcción.



Anexo 3. Construcción de silla para componentes del sistema

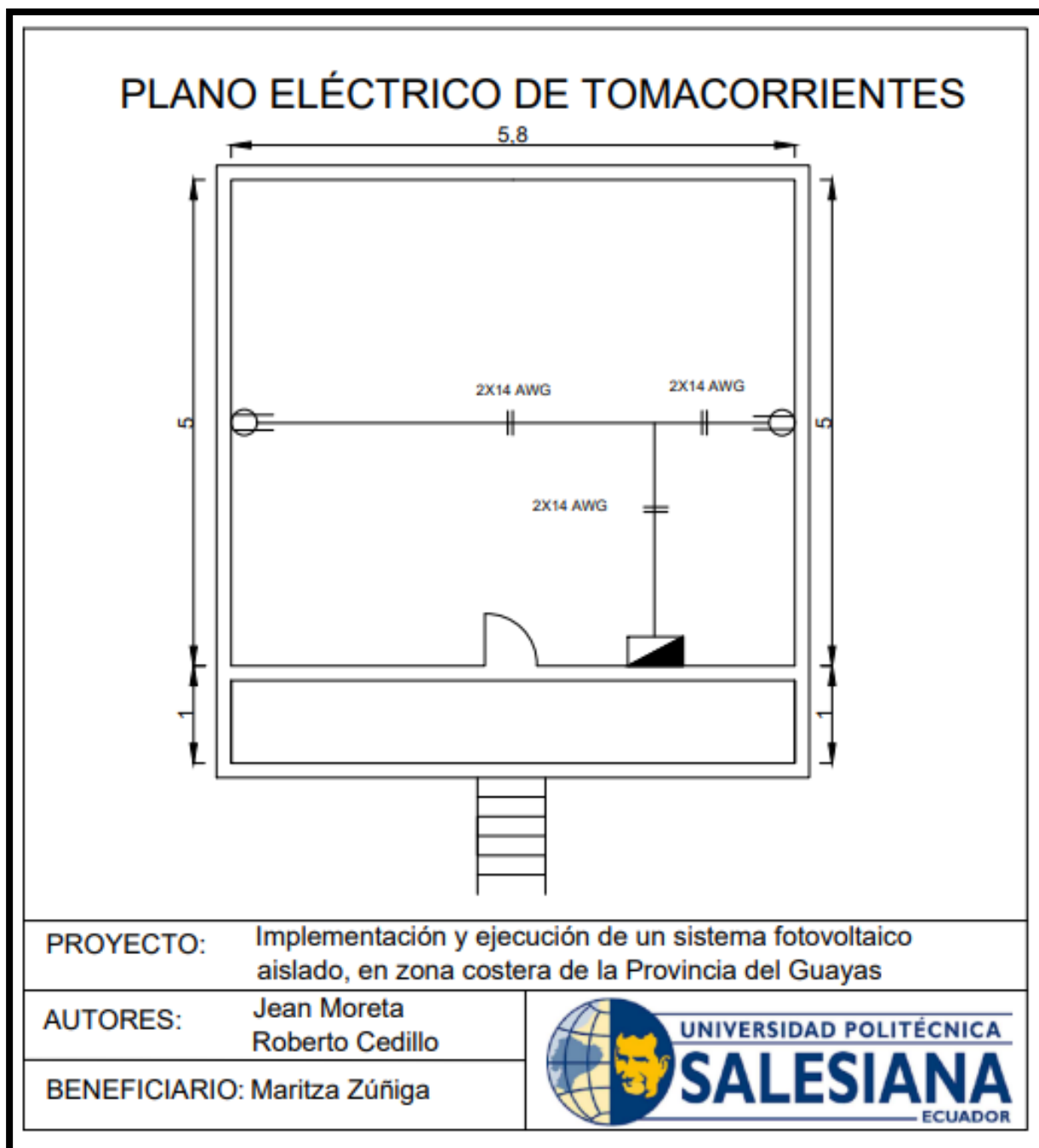
Para la construcción de las sillas para el banco de acumuladores se solicitó la elaboración de las mismas a un maestro experto en trabajos de este tipo con materiales metálicos.



Anexo 4. Plano eléctrico de alumbrado de la vivienda.



Anexo 5. Plano eléctrico de tomacorrientes de la vivienda.



Anexo 6. Ficha técnica del panel solar

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM285M-60-V		JKM290M-60-V		JKM295M-60-V		JKM300M-60-V		JKM305M-60-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	285Wp	212Wp	290Wp	216Wp	295Wp	220Wp	300Wp	224Wp	305Wp	227Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	32.0V	29.9V	32.2V	30.2V	32.5V	30.5V	32.6V	30.7V	32.8V	31.0V
Maximum Power Current (Imp)	8.90A	7.12A	9.02A	7.21A	9.11A	7.29A	9.22A	7.41A	9.31A	7.50A
Open-circuit Voltage (Voc)	38.7V	36.4V	38.8V	36.6V	38.9V	36.8V	39.1V	37.1V	39.2V	37.3V
Short-circuit Current (Isc)	9.65A	7.72A	9.78A	7.81A	9.91A	7.89A	10.02A	7.98A	10.12A	8.07A
Module Efficiency STC (%)	17.41%		17.72%		18.02%		18.33%		18.63%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.39%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

Anexo 7. Ficha técnica del inversor

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					

Anexo 8. Ficha técnica del regulador de carga

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección auto.)	12 / 24 V			12 / 24 / 48 V
Corriente de carga nominal	10 A	15 A	15 A	20 A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	145 W	220 W	220 W	290 W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	290 W	440 W	440 W	580 W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160 W
Máx. corriente de corto circuito FV 2)	13 A	15 A	15 A	20 A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75 V		100 V	
Eficiencia máxima	98 %			
Autoconsumo – on de la carga	12 V: 19 mA 24 V: 16 mA		26 / 20 / 19 mA	
Autoconsumo – off de la carga	12 V: 10 mA 24 V: 8 mA		10 / 8 / 7 mA	
Tensión de carga de "absorción"	14,4 V / 28,8 V (ajustable)			14,4 V / 28,8 V / 57,6 V (ajust.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8 V / 27,6 V (ajustable)			13,8 V / 27,6 V / 55,2 V (ajust.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15 A			20 A / 20 A / 1 A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V/22,2 V/44,4 V u 11,8 V/23,6 V/47,2 V o algoritmo BatteryLife			
Reconexión de carga por baja tensión	13,1 V/26,2 V/52,4 V o 14 V/28 V/56 V 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		
TENDENCIAS GUARDADAS			
Datos guardados	Tensión, corriente y temperatura de la batería, además de corriente de salida de carga, tensión FV y corriente FV.		
Número de días durante los que se guardan los datos de tendencias	46		
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5 V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V. 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.			


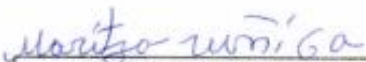


Anexo 9. Ficha técnica de las baterías Marca RITAR

Specification	
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 30.0 Kg (Tolerance ±2%)
Internal Resistance	Approx. 5 mΩ
Terminal	F12(M8)/F5 (M8)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	30.0 A
Reference Capacity	C3 74.4AH
	C5 83.5AH
	C10 95.0AH
	C20 100.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V~14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C
	Charge: 0°C~50°C
	Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.

Anexo 10. Tabla 310-16 National Electrical Code

Sección Transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S, TW, UF	Tipos FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW*, UF*	Tipos RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TBS, SA, SIS, THHN*, THW-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,3	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,82	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	150	85	100	115	1
53,5	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	2530	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500

Anexo 11. Certificado de cumplimiento

		
Sede: <u>GUAYAQUIL</u>	Campus <u>CENTENARIO</u>	Fecha: <u>28/01/2023</u>
Carrera: <u>ELECTRICIDAD</u>	Asunto: <u>Proyecto de grado "ENERGIA SOLAR"</u>	
Nombre ESTUDIANTE1 <u>Jean Carlos Moreta D.</u>	CI: <u>2000086450</u>	
Nombre ESTUDIANTE2 <u>Roberto Andrés Cedillo S.</u>	CI: <u>0706376597</u>	
Representante de hogar: Destinatario: <u>ING Gary Omar Ampuño Muñoz</u>		
<p>Saludos cordiales estimad@, por el presente documento realizamos la gestión y afirmación en cada avance que se realizaran para el proyecto de La Masa 1 con un mejor provenir en la comunidad.</p> <p>YO <u>Maritza Zuñiga Ferrizola</u> acepto que se ha cumplido con la instalación eléctrica de mi vivienda y base construida para el montaje de los paneles fotovoltaicos. La investigación realizada en la vivienda _____ con fines implementación sobre el proyecto de energíasolar.</p>		
<p>Quedaría agradecido con su ayuda y su plena confianza al momento de realizar mejoras en sus viviendas-</p>		
 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">REPRESENTANTE DE VIVIENDA</div>	  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">ESTUDIANTE ENCARGADO</div>	<p>Activ Ve a C</p>